République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia Fares Médéa
Département de Génie Mécanique

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Électromécanique

Spécialité : Mécatronique

Thème

Étude et réalisation d'une nettoyeuse des produits agricoles

Encadré par :
- Pr. Mouloud GUEMANA
- Pr. Mourad BACHENE

Réalisé par :
- Ibrahim BOUZIANE
- Moussa FATOUMI

Promotion : 2022/2023

Dédicace 1 . . .

« Oh mes parents, vos faveurs m'entourent en tout point.
Chaque chagrin que nous avons rencontré t'a causé plus de chagrin.
Tout ce que nous avons accompli est le résultat de vos efforts.
Oh père, tu as été mon soutien dans les épreuves.
Oh toi, qui as le Paradis sous ses pieds.
Toutes mes paroles et tous mes remerciements sont enchaînés.
Soit je rassemble toutes les significations dans toutes les langues.
Je ne peux toujours pas les remercier et je ne le ferai jamais. »

Ibraihm Bouziane

Dédicace 2 . . .

« À ma famille, mes amis et mes proches,
je tiens à exprimer ma profonde gratitude
pour votre soutien inconditionnel tout au long de ce parcours.
Vos encouragements, votre amour et votre compréhension
ont été essentiels pour me permettre d'accomplir ce mémoire.
Je vous dédie ce travail avec une immense reconnaissance. »

Bilal Fatoumi

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions ALLAH le Tout-Puissant de nous avoir donné la volonté d'entreprendre et d'achever ce travail dans de bonnes conditions.

Nous tenons de présenter également nos profonds et sincères remerciements au Docteur Guemana Mouloud, et au Docteur Bachen Mourad, nos directeur de mémoire, pour le temps considérable qu'ils nous ont accordé, pour leur motivation, leurs précieuses orientations et leurs critiques pertinentes qui nous ont beaucoup aidé à mener à bien ce mémoire.

Nos adorables remerciements vont également à l'ensemble des enseignants honnêtes et du personnel administratif de l'université Yahia Fares, qui nous ont permis de réaliser ce travail dans de bonnes conditions.

Nous tenons à remercier également tous nos amis de l'université pour tous les moments passés ensemble pendant ces cinq années.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

الملخص

غسل المنتجات الزراعية مثل الفواكه والخضروات أمر ضروري لضمان النظافة والأمن الغذائي. ومع ذلك، يمكن أن يكون غسلها يدوياً مكلِّفًا للوقت والجهد. في الواقع، أصبح استخدام آلات غسل المنتجات الزراعية شائعًا بين المستهلكين. من خلال وضع منتجاتهم ببساطة في الجهاز، يمكن للأفراد توفير الوقت والجهد مع ضمان تنظيف شامل.

في هذه الرسالة، نركز على كفاءة استخدام آلات تنظيف المنتجات الزراعية. هدفنا هو إجراء دراسة شاملة لتحسين تصميم وعملية تصنيع الجهاز. من خلال التحليلات والمحاكاة باستخدام نظام سوليد ووركس، نحدد العوامل الحرجة التي تؤثر على أداء الجهاز ونقدم حلولًا لتحسين وظائفه وموثوقيته. بالإضافة إلى ذلك، نقدم أبعاد المواد والقطع المناسبة لتصنيع الجهاز. وبالإضافة إلى ذلك، ندرس القوى الميكانيكية والسرعات والعزم المطبق على القطع لتقييم قوة ومتانة الجهاز. تساهم نتائج دراستنا في تعزيز الصناعة في مجال تصنيع آلات تنظيف المنتجات الزراعية.

الكلمات المفتاحية :

غسالة المنتجات الزراعية ، منظف الخضر والفواكه ، الأأمن الغذائي ، محاكاة نظام سوليد ووركس، نظام المقاومة والتشغيل الميكانيكي السابع.

Résumé

Laver les produits agricoles tels que les fruits et légumes est essentiel pour garantir la sécurité alimentaire et la propreté. Cependant, le lavage manuel peut être long et exigeant en termes de travail. En effet, l'utilisation de machines à laver des produits agricoles est devenue populaire parmi les consommateurs. En plaçant simplement leurs produits dans la machine, les individus peuvent gagner du temps et des efforts tout en assurant un nettoyage approfondi.

Dans ce mémoire, nous nous concentrons sur l'efficacité de l'utilisation des nettoyeuses des produits agricoles. Notre objectif est de mener une analyse approfondie pour optimiser la conception et le processus de fabrication de la nettoyeuse. Grâce à des analyses et des simulations utilisant SolidWorks, nous identifions les facteurs critiques qui influencent les performances de la nettoyeuse et proposons des solutions pour améliorer sa fonctionnalité et sa fiabilité. En outre, nous présentons les dimensions et la sélection des matériaux et des composants appropriés pour la construction de la machine. De plus, nous étudions les forces mécaniques, les vitesses et les moments appliqués aux composants afin d'évaluer la robustesse et la résistance de la machine. Les résultats de notre étude contribue à l'avancement de l'industrie au niveau de la fabrication des nettoyeuses des produits agricoles.

Mots clés :

Nettoyeuse des produits agricoles, Nettoyeuse des légumes et des fruits, Sécurité alimentaire, SolidWorks, RDM7.

Abstract

Washing agricultural products such as fruits and vegetables is essential for ensuring food safety and cleanliness. However, manual washing can be time-consuming and labor-intensive. As a response to this, the use of agricultural product washing machines has become popular among consumers. By simply placing their products in the machine, individuals can save time and effort while ensuring thorough cleaning.

In this thesis, we focus on the effectiveness of using agricultural product cleaners. Our objective is to conduct a comprehensive analysis to optimize the design and fabrication process of the machine. Through analyses and simulations using SolidWorks, we identify critical factors that influence the machine's performance and propose solutions to enhance its functionality and reliability. Additionally, we present the dimensions and selection of suitable materials and components for the machine's construction. Furthermore, we study the mechanical forces, velocities, and moments applied to the components to evaluate the robustness and resistance of the machine. The results of our study contribute to the advancement of the industry in terms of manufacturing of agricultural product cleaners.

Keywords

Agricultural product cleaner, Vegetable and fruit cleaner, Food Safety, SolidWorks, RDM7.

Table des matières

Dédicace i

Remerciement iii

Resumé v

Introduction Générale 1

1 Généralités sur les nettoyeuses des produits agricoles 3
- 1.1 Problématique . . . 3
- 1.2 Motivation . . . 3
- 1.3 Qu'est ce qu'une nettoyeuse agricole ? . . . 3
- 1.4 Historique . . . 4
- 1.5 Les types de nettoyeuses . . . 5
  - 1.5.1 Machine de nettoyage à brosse . . . 5
  - 1.5.2 Machine de nettoyage de type surf (à ultrasons) . . . 6
  - 1.5.3 Machine à laver à tambour rotatif . . . 7
  - 1.5.4 Machine de blanchiment de légumes . . . 8
- 1.6 Description de la machine choisie : Machine de nettoyage à bulles . . . 9
  - 1.6.1 Les composants de nettoyeuse à bulle . . . 11
- 1.7 Conclusion . . . 13

2 Description de nettoyeuse des produits agricoles 14
- 2.1 Analyse fonctionnelle du système . . . 14
  - 2.1.1 Diagramme d'analyse des tâches (A-0) . . . 14
  - 2.1.2 Diagramme Pieuvre . . . 15
  - 2.1.3 Diagramme FAST . . . 15
- 2.2 Moteur asynchrone réducteur . . . 16
- 2.3 Les convoyeurs . . . 17
  - 2.3.1 Définition d'un convoyeur . . . 17
  - 2.3.2 Classification des convoyeurs . . . 18
  - 2.3.3 Critères de sélection d'un bon convoyeur . . . 20
- 2.4 Les accouplements convoyeur - moteur . . . 20
  - 2.4.1 Définition d'accouplement . . . 20
  - 2.4.2 Le rôle d'accouplement : . . . 21

2.5 Les pompes . . . 21
2.5.1 Définition . . . 21
2.5.2 Classification des pompes . . . 22
2.6 Les Souffleurs . . . 23
2.6.1 Les types des souffleurs . . . 23
2.6.1.1 Souffleurs centrifuges . . . 23
2.6.1.2 Souffleurs axiaux . . . 24
2.6.1.3 Souffleurs radiaux . . . 24
2.6.1.4 Souffleurs régénératifs . . . 25
2.6.1.5 Souffleurs industriels spécifiques . . . 25
2.7 Les buses de pulvérisation . . . 25
2.7.1 Fonction . . . 26
2.8 Les dispositifs de sécurité . . . 26
2.8.1 Disjoncteur magnétothermique . . . 26
2.8.2 Sectionneur . . . 27
2.8.3 Contacteur . . . 27
2.8.4 Relais thermique . . . 28
2.8.5 Transformateur . . . 28
2.8.6 Bouton poussoir . . . 29
2.8.7 Bouton arrêt d'urgence . . . 29
2.9 Conclusion . . . 30

3 Dimensionnement et Choix des Composants 31
3.1 Processus de dimensionnement . . . 31
3.1.1 Contexte et objectifs . . . 31
3.1.2 Analyse des besoins et spécifications . . . 32
3.1.3 Modélisation du système . . . 32
3.1.4 Sélection des composants . . . 33
3.2 Dimensionnement de convoyeur . . . 33
3.2.1 Description du convoyeur . . . 33
3.2.2 Caractéristiques du moteur choisi . . . 37
3.2.3 Vérification du choix du moteur sélectionné . . . 37
3.2.3.1 Régime transitoire (au démarrage) . . . 37
3.2.3.2 Régime permanent . . . 39
3.3 Dimensionnement de variateur de vitesse . . . 40
3.3.1 Description de variateur . . . 40
3.3.2 Caractéristiques du couple (courbes typiques) . . . 41
3.3.3 Paramétrage du variateur ALTIVAR 31 . . . 41
3.3.4 Application de variateur ALTIVAR 31 . . . 42
3.3.5 Câblage des variateurs de vitesses . . . 43
3.3.6 Schéma de câblage des variateurs . . . 43
3.4 Dimensionnement de pompe d'air . . . 44
3.5 Dimensionnement de pompe . . . 44

3.6 Dimensionnement de soufflante 45
3.7 Dimensionnement de buse d'eau 46
3.8 Dimensionnement de circuit de commande 48
3.9 Étude la résistance des matériaux 49
3.9.1 Détermination des paramètres de convoyeur 49
3.9.2 Les principaux éléments du convoyeur 53
3.9.3 Calcul la résistance du convoyeur 55
3.9.4 Calcul de pression 56
3.10 Conclusion 60

4 Conception et réalisation d'une nettoyeuse **61**
4.1 Simulation sur SolidWorks 61

Conclusion Générale **68**

Annexe A **72**

Annexe B **73**

Annexe C **74**

Table des figures

Figure 1.1 La nécessité de nettoyer les légumes et les fruits 4
Figure 1.2 Machine de nettoyage à brosse 5
Figure 1.3 Machine de nettoyage de type surf 6
Figure 1.4 Machine à laver à brosse à tambour roulant 7
Figure 1.5 Machine de blanchiment de légumes 8
Figure 1.6 Machine de nettoyage à bulle 9
Figure 1.7 Sortie des eaux usées 12
Figure 1.8 Écart de débordement 12
Figure 1.9 Système de filtre 12
Figure 1.10 Buses de pulvérisation 12
Figure 1.11 Système de pulvérisation secondaire 12
Figure 1.12 bandes d'étanchéité 12
Figure 1.13 boîtier de commande 13
Figure 1.14 Souffleur de vortex 13
Figure 1.15 Processus de montage exquis 13

Figure 2.1 Diagramme d'analyse des tâches (A-0) 14
Figure 2.2 Diagramme Pieuvre 15
Figure 2.3 Diagramme FAST 16
Figure 2.4 Moteur asynchrone réducteur 17
Figure 2.5 Convoyeur à Tablier/lattes 18
Figure 2.6 Convoyeur magnétique 18
Figure 2.7 Convoyeur aérien 19
Figure 2.8 Convoyeur à vis 19
Figure 2.9 Convoyeur à bande 19
Figure 2.10 Convoyeur à maille inox 20
Figure 2.11 L'accouplement moteur-convoyeur 21
Figure 2.12 Schéma d'une pompe 22
Figure 2.13 Pompe centrifuge 23
Figure 2.14 Pompe volumétrique à disque excentré 23
Figure 2.15 Souffleur centrifuge 24
Figure 2.16 Souffleur axial 24
Figure 2.17 Souffleur radial 24
Figure 2.18 Souffleur régénératif 25
Figure 2.19 Souffleur industriel spécifique 25

Figure 2.20 Buses de pulvérisation 26
Figure 2.21 Disjoncteur magnétothermique et son symbole 26
Figure 2.22 Sectionneur et son symbole 27
Figure 2.23 Contacteur et son symbole 27
Figure 2.24 Relais thermique et son symbole 28
Figure 2.25 Transformateur et son symbole 28
Figure 2.26 Bouton poussoir 29
Figure 2.27 Bouton d'arrêt d'urgence 29

Figure 3.1 Conception de la nettoyeuse 32
Figure 3.2 Modélisation de la nettoyeuse 32
Figure 3.3 Système du convoyage 33
Figure 3.4 Schéma cinématique de convoyeur 34
Figure 3.5 Diverses forces appliqués 35
Figure 3.6 Courbe du couple en fonction de la vitesse 39
Figure 3.7 Face avant du variateur de vitesse 40
Figure 3.8 Caractéristiques du couple 41
Figure 3.9 Schéma de câblage du variateur 43
Figure 3.10 Type de pompe choisie 44
Figure 3.11 Type de soufflante choisie 45
Figure 3.12 Schéma de soufflante choisie 45
Figure 3.13 Type de bus d'eau choisi 46
Figure 3.14 Caractéristiques des buse d'eau 47
Figure 3.15 Schéma hydrauliques de circuit de l'eau 48
Figure 3.16 Schéma électrique de nettoyeuse 48
Figure 3.17 Schéma de démonstration de l'angle d'inclinaison α 49
Figure 3.18 Les réactions et les efforts 50
Figure 3.19 L'effort tranchant 51
Figure 3.20 Le moment fléchissant 52
Figure 3.21 Représentation du tambour par SolidWorks 53
Figure 3.22 Représentation de la partie intérieure du tambour par SolidWorks 53
Figure 3.23 Représentation de la partie inférieure du tambour par SolidWorks 54
Figure 3.24 Représentation de l'arbre horizontale par SolidWorks 54
Figure 3.25 La géométrie de la barre horizontale 56
Figure 3.26 Contrainte normale maximale 56

Figure 4.1 Simulation de la nettoyeuse 61
Figure 4.2 Simulation du transport d'eau 62
Figure 4.3 Simulation du convoyeur 63
Figure 4.4 Simulation du réservoir 64
Figure 4.5 Simulation de la cage du convoyeur 65
Figure 4.6 Simulation de la pompe de l'eau 66
Figure 4.7 Simulation de la pompe de l'eau 67

Figure Annexe A.1 : Grille de sélection du moteur 72
Figure Annexe B.1 : Courbes de couple en fonction de la vitesse 73
Figure Annexe C.1 : Caractéristiques des buses d'eau 74

Liste des tableaux

2.1 Description des fonctions de diagramme pieuvre 15

3.1 Caractéristiques du moteur choisi 37
3.2 Paramétrage du variateur de vitesse 42
3.3 Dimensionnement de pompe d'air 44
3.4 Type de soufflante 46
3.5 Caractéristiques des buses d'eau choisis 47
3.6 Caractéristique mécanique des matériaux utilisés 55

Table des abréviations

$\mathbf{F_{utile}}$	Force utile
$\mathbf{C_n}$	Couple nominal
$\mathbf{C_r}$	Couple résistant
$\mathbf{C_d}$	Couple du démarrage
$\mathbf{P_{ch}}$	Puissance exigée par la charge
$\eta_{\mathbf{red}}$	Rendement du réducteur
$\mathbf{C_m}$	Couple moteur
$\mathbf{P_m}$	Puissance moteur
$\mathbf{C_{acc}}$	Couple d'accélération de la charge
$\mathbf{C_{acc'}}$	Couple d'accélération du moteur
$\mathbf{J_m}$	Moment d'inertie du moteur
$\mathbf{J_{red}}$	Moment d'inertie du réducteur
$\mathbf{J_{ch}}$	Moment d'inertie de la charge
$\mathbf{J_{chram}}$	Moment d'inertie de la charge ramené
$\mathbf{J_{tot}}$	Moment d'inertie total
$\mathbf{P_m}$	Puissance du moteur (mm/N^2)
V	Vitesse de rotation (tr/min)
CN	Cote nominal (mm)
P	Pression diamétrale (MPa ou N/m^2)
F	Charge sur le palier (N)
L	Longueur du coussinet (mm)
d	diamètre de l'alésage (mm)
$\mathbf{V_c}$	Vitesse circonférentielle (m/s)
$\mathbf{r_p}$	La contrainte pratique de cisaillement (N/m^2)
$\mathbf{r_e}$	La contrainte élastique de cisaillement (N/m^2)
$\mathbf{R_e}$	Résistance élastique (MPa)
$\mathbf{R_m}$	Résistance mécanique (MPa)
S	Coefficient de sécurité
A	Surface du boulon (mm^2)

Introduction Générale

Laver les légumes et les fruits avant de les consommer est une étape importante pour garantir leur sécurité alimentaire et leur propreté. Si les fruits et légumes peuvent constituer un complément sain et nutritif à tout régime alimentaire, ils peuvent également être une source de bactéries et d'agents pathogènes nocifs s'ils ne sont pas correctement lavés et préparés. Il y a plusieurs raisons pour lesquelles il est important de laver les fruits et légumes. Tout d'abord, le lavage des fruits et légumes permet d'éliminer la saleté, les débris et les autres contaminants qui peuvent être présents à la surface des fruits et légumes. Cela permet d'améliorer le goût et la qualité des produits et de réduire le risque d'exposition à des substances nocives.

Plutôt que de passer du temps à frotter les produits à la main, les consommateurs peuvent simplement placer leurs fruits et légumes dans une machine et la laisser faire le travail à leur place. L'un des principaux avantages de l'utilisation d'une machine à laver les légumes et les fruits est la commodité et le gain de temps qu'elle procure. Outre le gain de temps, les machines à laver les fruits et légumes peuvent également contribuer à réduire la consommation d'eau par rapport aux méthodes traditionnelles de lavage à la main. Certaines machines sont conçues pour utiliser moins d'eau tout en assurant un nettoyage efficace, ce qui peut contribuer à préserver les ressources en eau et à réduire les factures d'eau.

Les machines à laver les fruits et légumes sont de plus en plus populaires auprès des consommateurs, qui y voient un moyen pratique et efficace de nettoyer les produits. Ces machines sont conçues pour éliminer la saleté, les débris et autres contaminants des fruits et légumes, et peuvent contribuer à réduire le risque d'exposition à des bactéries et agents pathogènes nocifs.

Il est toutefois important de noter que les machines à laver les légumes et les fruits ne remplacent pas les bonnes pratiques de manipulation et de préparation des aliments. Les consommateurs doivent toujours veiller à stocker, manipuler et cuire correctement les produits afin de minimiser le risque d'exposition aux bactéries et agents pathogènes nocifs.

Dans l'ensemble, les machines à laver les légumes et les fruits peuvent constituer un moyen pratique et efficace de nettoyer les produits et d'améliorer la sécurité alimentaire. En suivant les pratiques recommandées et en utilisant ces machines en complément des méthodes traditionnelles de préparation des aliments, les consommateurs peuvent profiter des bienfaits des fruits et légumes pour la santé tout en minimisant le risque d'exposition à des substances nocives [1].

Dans ce mémoire, nous nous intéressons à l'étude de la machine à laver les produits agricoles afin d'atteindre la propreté des produits agricoles de haute qualité à moindre coût et avec un effort qui tient compte de temps. Comme l'importation de ces machines demande énormes sommes d'argent, nous avons choisi de fonctionner en mode manuel comme premier principe de l'entreprise.

Ce mémoire est structuré comme suit : Le chapitre 1, intitulé "Généralités sur les nettoyeuses des produits agricoles", présentera une vue d'ensemble des nettoyeuses utilisées dans le domaine agricole. Il mettra en évidence leur importance, leur fonctionnement général et les principaux critères de sélection. Ce chapitre permettra de mieux comprendre le contexte dans lequel s'inscrit notre projet.

Le chapitre 2, intitulé "Description de la nettoyeuse des produits agricoles", fournira une description détaillée de la machine de nettoyage que nous avons conçue. Il présentera ses principales caractéristiques, sa structure, ses composants et son fonctionnement. Ce chapitre sera essentiel pour comprendre en profondeur le concept de notre nettoyeuse des produits agricoles.

Le chapitre 3, intitulé "Dimensionnement et Choix des Composants", expliquera les différentes étapes que nous avons suivies pour concevoir et réaliser notre machine de nettoyage. Nous aborderons les aspects liés à la conception, la modélisation, la simulation et la fabrication de la machine. Ce chapitre mettra en évidence notre démarche méthodologique et les outils utilisés.

Le chapitre 4, intitulé "Conception et réalisation d'une nettoyeuse", présentera les résultats obtenus lors de nos tests et expérimentations sur la nettoyeuse des produits agricoles. Nous analyserons les performances de la machine, son efficacité de nettoyage, sa capacité à traiter différents types de produits agricoles, etc. Nous discuterons également des avantages, des limites et des perspectives d'amélioration de notre nettoyeuse.

Chapitre 1

Généralités sur les nettoyeuses des produits agricoles

1.1 Problématique

Après avoir planté des légumes et fruits, il faut en prendre soin pour qu'ils soient distribués aux points de vente. L'entretien des légumes comprend un lavage profond. Cependant, selon la quantité, le faire manuellement peut parfois être très pénible et consomme beaucoup de temps surtout lorsqu'il s'agit des grandes quantités.

La solution la plus simple et pratique est d'utiliser une nettoyeuse agricole. C'est un appareil très pratique qui offre de nombreux avantages. Mais quels sont les principes de fonctionnement d'une nettoyeuse agricole et comment est-elle conçue pour optimiser le lavage des légumes et des fruits ? Quelles sont les caractéristiques spécifiques d'une nettoyeuse agricole qui la distinguent des autres ? Comment choisir la nettoyeuse la mieux adaptée aux besoins spécifiques en tenant compte de facteurs tels que la capacité, la consommation d'eau et d'énergie, et les coûts associés ?

1.2 Motivation

les nettoyeuses agricoles permettent de réduire la quantité de pesticides et d'autres produits chimiques nocifs sur les fruits et légumes. Ils peuvent également améliorer le goût et la texture des produits en éliminant la saleté et les autres débris. En outre, certains nettoyants agricoles sont conçus pour économiser l'eau et l'énergie, ce qui peut être bénéfique pour l'environnement [2].

1.3 Qu'est ce qu'une nettoyeuse agricole ?

Les appareils de lavage des produits agricoles sont des dispositifs conçus pour nettoyer et laver les fruits, les légumes et d'autres produits agricoles afin d'éliminer la

saleté, les débris et les contaminants avant qu'ils soient vendus ou transformés. Ces machines peuvent être utilisées dans différents contextes, notamment dans les exploitations agricoles, les installations de transformation des aliments, les épiceries et les cuisines familiales. L'utilisation de machines à laver les légumes et les fruits peut présenter divers avantages pour la santé. L'un des principaux avantages est qu'elles permettent d'éliminer efficacement les pesticides, les bactéries et autres contaminants de la surface des fruits et légumes, réduisant ainsi le risque de maladies d'origine alimentaire [3].

Il existe différents types de machines de lavage des produits agricoles sur le marché, des petites machines manuelles jusqu'aux grandes machines automatisées. Certaines machines utilisent de l'eau et des brosses ou des rouleaux pour frotter les produits, tandis que d'autres utilisent de l'air ou de la vapeur pour éliminer la saleté et les débris. Certaines machines utilisent également des désinfectants ou d'autres produits chimiques pour éliminer les bactéries et les agents pathogènes [4].



FIGURE 1.1 – La nécessité de nettoyer les légumes et les fruits

1.4 Historique

Les premières machines à laver les légumes et les fruits ont été inventées à la fin du XIX siècle. En 1889, un inventeur américain nommé Charles Lûmes a breveté une machine à laver les légumes qui utilisait une combinaison de brosses et d'eau pour nettoyer les produits [5].

Le premier laveur de fruits et légumes a été breveté en 1878 par John S. Wright. Cette machine était une simple boîte en bois qui avait un fond perforé. L'eau était

pompée dans la boîte et les produits étaient placés à l'intérieur. La machine était ensuite agitée pour nettoyer les produits [5].

Au début des années 1900, le premier lave fruits et légumes à moteur a été inventé. Cette machine s'appelait ń Power Washer ż et était fabriquée par la société Lipe-Rollway. Le ń Power Washer ż était une boîte en métal qui avait un fond perforé et une brosse rotative. L'eau était pompée dans la boîte et les produits étaient placés à l'intérieur. La machine était ensuite agitée pour nettoyer les produits [6].

Au fil du temps, les machines à laver les légumes et les fruits ont continué à évoluer. Les premières machines manuelles ont été remplacées par des machines électriques à moteur. Les modèles plus récents peuvent être programmés pour nettoyer différents types de fruits et légumes avec des paramètres de lavage spécifiques. Certaines machines peuvent également être équipées de dispositifs de stérilisation pour éliminer les bactéries et autres contaminants potentiellement dangereux [6].

Aujourd'hui, les machines à laver les légumes et les fruits sont couramment utilisées dans les cuisines commerciales et domestiques. Elles sont considérées comme un outil essentiel pour garantir la sécurité alimentaire en éliminant les bactéries et les contaminants des fruits et légumes avant leur consommation.

1.5 Les types de nettoyeuses

1.5.1 Machine de nettoyage à brosse

La machine de nettoyage à brosse est un type de nettoyeuse utilisée pour éliminer les saletés et les impuretés des légumes en utilisant des brosses rotatives ou oscillantes. Elle est largement utilisée dans l'industrie alimentaire, les supermarchés et les cuisines professionnelles [7].



FIGURE 1.2 – Machine de nettoyage à brosse

Le fonctionnement de la machine de nettoyage à brosse consiste à immerger les légumes dans un bain d'eau ou de solution de nettoyage, puis à les faire passer à travers des brosses rotatives ou oscillantes. Les brosses frottent les légumes, éliminant ainsi les particules de saleté, les résidus et les contaminants présents à leur surface [7]..
Les Avantages :

— Convient aux légumes et fruits non allergiques
— Capacité de nettoyage moyenne
— Facile à réparer
— Bon nettoyant pour la saleté

Les Inconvénients :

— Non destiné aux fruits sensibles
— Capacité limitée et efficacité moyenne
— Consommateur d'eau

1.5.2 Machine de nettoyage de type surf (à ultrasons)

La machine de nettoyage de type surf, également connue sous le nom de machine de nettoyage à ultrason, est principalement composé d'une armoire à eau, d'un dispositif de retournement de matériau, d'un ventilateur et d'un élévateur, etc. Il est largement utilisé pour le lavage en douceur des matières premières de fruits et légumes. L'élévateur peut être fabriqué entièrement en acier inoxydable et en plastique technique. Il peut être en outre équipé d'un dispositif de nettoyage par pulvérisation [8].



FIGURE 1.3 – Machine de nettoyage de type surf

Le principe de fonctionnement de la machine de nettoyage de type surf repose sur la génération d'ondes ultrasonores à haute fréquence dans un réservoir rempli d'un liquide de nettoyage approprié. Lorsque les ondes ultrasonores sont émises, elles créent

des vibrations dans le liquide, générant ainsi de petites bulles qui implosent rapidement. Ce phénomène est connu sous le nom de cavitation [8].

Les Avantages :

— Il est largement utilisé pour nettoyer les pommes, les ananas et les fruits.
— Rapidité et qualité de nettoyage.
— Facile à réparer.

Les Inconvénients :

— Consommateur d'énergie.
— Le coût d'achat est élevé.
— Nettoyant pour fruits sans les légumes encombrants.

1.5.3 Machine à laver à tambour rotatif

La machine à laver à brosse à tambour rotatif est composée d'un moteur électrique, d'une pompe à eau, d'un tambour à rouleaux, d'un support, d'une roue, d'une brosse, de tubes de pulvérisation d'eau, d'un entonnoir d'alimentation, d'un panneau de couverture, d'une boîte à eau, d'un arbre de transmission, d'un support pour moteur, interrupteurs de commande électrique et autres parties [9].

Le tambour à rouleaux est entraîné pour tourner par la roue à chaîne du moteur électrique via une chaîne en acier inoxydable. Lorsque les matériaux entrent dans le tambour à rouleaux rotatifs, ils sont lavés en pulvérisant de l'eau et une brosse. Il y a deux boîtes à eau dans notre machine à laver à brosse à tambour roulant. L'un est utilisé pour retenir l'eau douce, et l'autre avec un filet filtrant sert à recycler l'eau [9] .



FIGURE 1.4 – Machine à laver à brosse à tambour roulant

Les Avantages :

— Il économise l'eau très efficacement.

— Excellente capacité d'absorption.
— Entretien simple et pratique.
— Bon nettoyant pour les légumes de grande taille.

Les Inconvénients :

— Il n'est pas particulièrement propice au nettoyage des fruits.
— Il ne maintient pas la qualité des produits.
— Conçu pour les légumes tels que les carottes et les pommes de terre.
— Consommateur d'eau.

1.5.4 Machine de blanchiment de légumes

La machine de blanchiment de légumes est conçue pour soumettre les légumes à une courte période de traitement thermique en les plongeant dans de l'eau bouillante ou de la vapeur. Ce traitement thermique est généralement suivi d'un refroidissement rapide pour arrêter le processus de cuisson [10].

La durée du blanchiment varie en fonction du type de légume et de la taille des morceaux à traiter. Certains légumes nécessitent un blanchiment plus court, tandis que d'autres nécessitent un blanchiment plus long. La machine de blanchiment de légumes est conçue pour permettre un contrôle précis de la durée et de la température du traitement, assurant ainsi une blanchiment optimal et uniforme des légumes [10].



FIGURE 1.5 – Machine de blanchiment de légumes

Les Avantages :

— Taille appropriée pour les restaurants, les usines et les écoles.
— Fonctionnement simple et entretien normal.
— Sûr et fiable.
— Rapidité des tâches d'application.

Les Inconvénients :

— Nettoyant végétal sans fruits.

— Un nettoyant botanique sans les légumes encombrants.

— La capacité d'absorption est faible

1.6 Description de la machine choisie : Machine de nettoyage à bulles

Après avoir étudié les différentes catégories de machines à laver les légumes, nous avons opté pour le modèle de laveur légumes à bulle (voir la figure 1.6) en raison de ses caractéristiques essentielles, de sa facilité d'utilisation, de sa rapidité d'exécution des tâches et des opérations, ainsi que de son accessibilité financière pour les propriétaires de projets, qu'ils soient petits ou grands. De plus, cette machine est également simple à réparer.

Une machine à laver les fruits et légumes de à bulles est un appareil conçu spécifiquement pour le nettoyage automatique et efficace des fruits et légumes. Cette machine utilise généralement un processus de nettoyage à l'eau et à l'air sous pression pour éliminer la saleté, les résidus de pesticides, les bactéries et autres contaminants des fruits et légumes [11].



FIGURE 1.6 – Machine de nettoyage à bulle

Le fonctionnement d'un tel lave légumes peut varier en fonction du modèle, mais voici un aperçu général du processus :

— **Préparation des fruits et légumes :** Avant de les placer dans la machine, il est recommandé d'enlever les parties non comestibles, de les éplucher si nécessaire et de les couper en petits morceaux si vous le souhaitez.

— **Chargement des produits :** Les fruits et légumes sont placés dans un compartiment ou un panier spécialement conçu pour les maintenir pendant le processus de nettoyage.

— **Nettoyage à bulles :** Une combinaison d'eau et de pression d'air est utilisée pour créer des bulles qui agitent les produits. Ces bulles aident à détacher la saleté et les contaminants des surfaces des fruits et légumes.

— **Rinçage :** Après le nettoyage, les produits peuvent être rincés à l'eau claire pour éliminer les résidus de savon ou d'autres agents nettoyants utilisés dans la machine.

— **Séchage :** Certains modèles de machines à laver les fruits et légumes peuvent également être dotés d'une fonction de séchage qui élimine l'excès d'humidité des produits.

Nous allons présenter ci-dessous les avantages et inconvénients de la machine de nettoyage à bulle de fruits et légumes en termes de performances et de fonctionnalités [11].

Les avantages :

— **Haute efficacité de lavage :** La machine est capable de laver une grande quantité de fruits et légumes en peu de temps grâce à ses puissants jets d'eau. Cela permet de réduire le temps de lavage et d'augmenter l'efficacité de la production.

— **Qualité de lavage élevée :** La machine de lavage utilise des jets d'eau puissants pour éliminer efficacement la saleté, les pesticides et autres contaminants des fruits et légumes, ce qui permet d'obtenir une qualité de lavage élevée.

— **Polyvalence :** La machine peut être utilisée pour laver une variété de fruits et légumes, tels que les pommes, les oranges, les carottes, les tomates, etc.

— **Contrôle facile :** La machine de lavage est facile à utiliser et à contrôler grâce à son panneau de commande intuitif.

Les inconvénients :

— **Encombrement :** La machine a une taille de 2500x1000x1300 mm, ce qui peut prendre de l'espace dans l'usine de production.

— **Coût élevé :** La machine de lavage peut être coûteuse à l'achat par rapport aux méthodes de lavage manuel ou semi-automatique.

— **Maintenance complexe :** La machine est équipée de nombreux composants et de systèmes de tuyauterie complexes, ce qui peut nécessiter des compétences spécialisées pour la maintenance et l'entretien.

— **Consommation d'eau :** La machine de lavage nécessite une quantité importante d'eau pour fonctionner, ce qui peut augmenter les coûts d'exploitation et avoir un impact environnemental négatif s'il n'y a pas de système de récupération et de traitement des eaux usées.

1.6.1 Les composants de nettoyeuse à bulle

Ci dessous les composants de nettoyeuse à bulle [12] :

— **Le convoyeur :** Le convoyeur amène les fruits et légumes aux fontaines à eau pour les laver.

— **Filtration :** Le système de purification et de refiltration de l'eau permet de réutiliser l'eau.

— **Enveloppe et structure :** L'enveloppe protège et exerce ses efforts contre les ravageurs et leurs composants, en plus du chargement et du déchargement des fruits et légumineuses.

— **Contrôle :** Le système est utilisé pour contrôler la vitesse du convoyeur, la pression du jet et les facteurs du convoyeur.

— **Equipement de sécurité :** Equipement de sécurité développé dans le désert et de sécurité en cas d'accident.

— **Trémie d'alimentation :** La trémie d'alimentation est la partie de l'équipement où les fruits et légumes sont chargés avant le lavage.

— **Système de jets d'eau :** Le système de jets d'eau est l'élément clé de l'équipement de lavage, il envoie de l'eau sous pression pour éliminer les impuretés sur les fruits et légumes.

— **Système de filtrage :** Le système de filtrage est utilisé pour retirer les impuretés de l'eau afin qu'elle puisse être réutilisée dans le processus de lavage.

— **Système de séchage :** Le système de séchage est utilisé pour éliminer l'excès d'eau des fruits et légumes après le lavage.

— **Boîtier et structure :** Le boîtier et la structure de l'équipement fournissent une protection à la machine et à ses composants, ainsi qu'une plate-forme pour le chargement et le déchargement des fruits et légumes.

— **Système de commande :** Le système de commande est utilisé pour régler la vitesse du convoyeur, la pression des jets d'eau et d'autres paramètres du processus de lavage.

— **Équipement de sécurité :** Des équipements de sécurité tels que des interrupteurs d'arrêt d'urgence, des capteurs de sécurité et des barrières lumineuses sont souvent inclus pour garantir la sécurité de l'opérateur et éviter les accidents. [18]



FIGURE 1.7 – Sortie des eaux usées



FIGURE 1.8 – Écart de débordement



FIGURE 1.9 – Système de filtre



FIGURE 1.10 – Buses de pulvérisation



FIGURE 1.11 – Système de pulvérisation secondaire

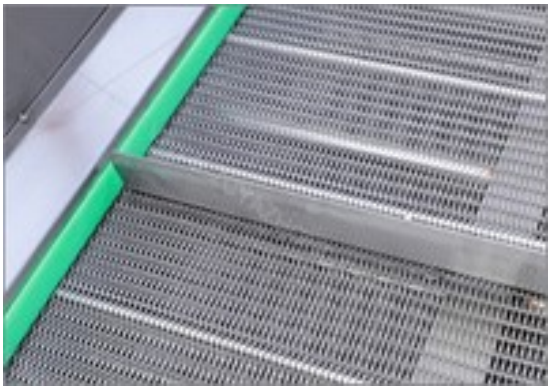


FIGURE 1.12 – bandes d'étanchéité

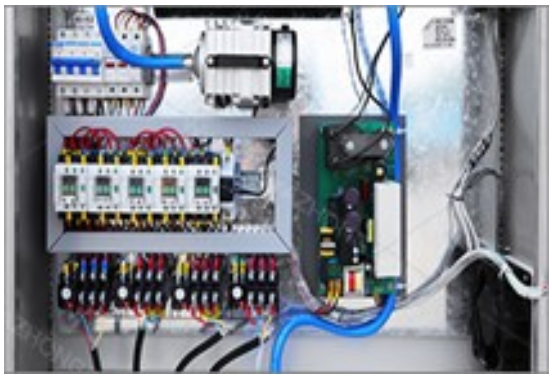


FIGURE 1.13 – boîtier de commande



FIGURE 1.14 – Souffleur de vortex





FIGURE 1.15 – Processus de montage exquis

1.7 Conclusion

En résumé, nous avons examiné le processus de lavage des produits agricoles, identifié les problèmes pouvant survenir. De plus, nous avons présenté les composants essentiels des nettoyeuses ainsi que les différents types de machines de lavage disponibles, en mettant en évidence les avantages et les inconvénients de chaque type. En nous concentrant particulièrement sur les nettoyeuses à bulles, nous avons démontré notre engagement envers le lavage rigoureux des produits agricoles, contribuant ainsi à garantir une consommation plus sûre et plus saine de ces derniers.

Chapitre 2

Description de nettoyeuse des produits agricoles

Dans ce chapitre, nous développerons une grille d'analyse fonctionnelle (A-0) mettant en évidence les principales fonctions du système. À l'aide de la grille FAST, nous chercherons des solutions technologiques pour chaque emploi. Puis nous allons étudier en détail chaque composant essentiel de nettoyeuse légumes et fruits.

2.1 Analyse fonctionnelle du système

Lorsqu'il s'agit de concevoir une machine à laver les produits agricoles, il est essentiel de se poser les questions suivantes :

— A qui et à quoi sert le produit ? Pour qui et pour quoi travaille-t-il ?

— Dans quel but ? (Pourquoi ?)

2.1.1 Diagramme d'analyse des tâches (A-0)

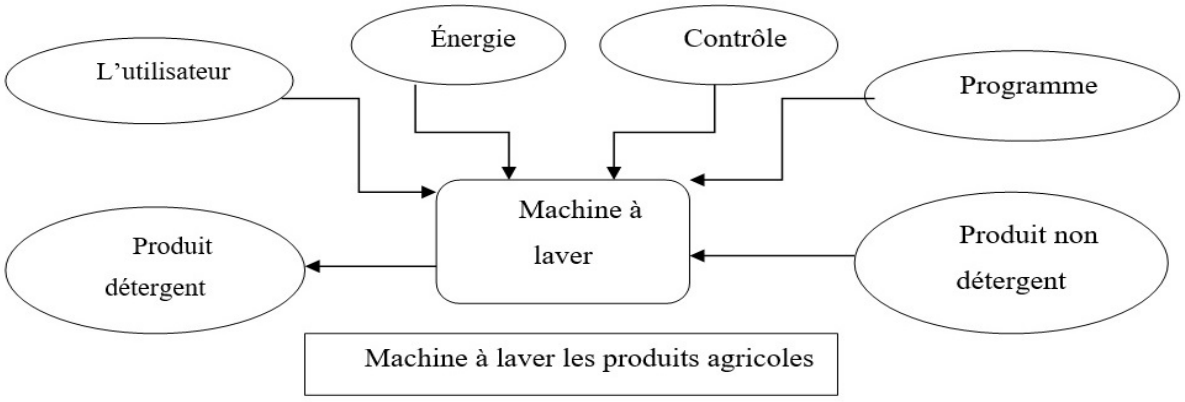


FIGURE 2.1 – Diagramme d'analyse des tâches (A-0)

2.1.2 Diagramme Pieuvre

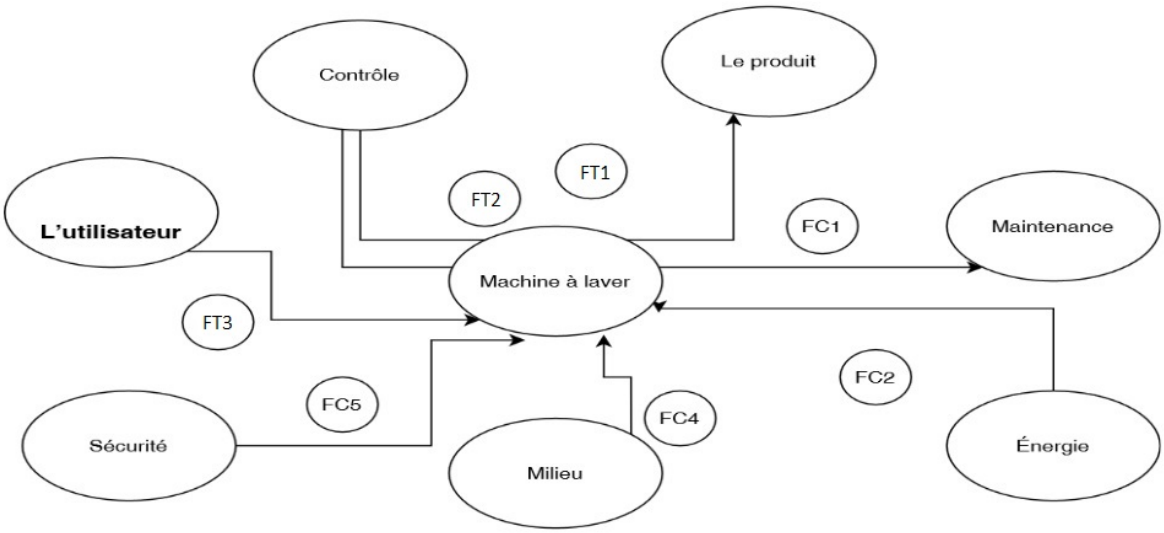


FIGURE 2.2 – Diagramme Pieuvre

Fonction	Description
FT1	Mettez le produit dans la machine à laver
FT2	Donner des ordres
FC1	Maintenir la sécurité des utilisateurs
FC2	Garantie de puissance pour la machine
FT3	Garantie d'entretien
FC4	Être résistant aux différentes situations et climats du milieu extérieur
FC5	Garantie de sécurité

TABLE 2.1 – Description des fonctions de diagramme pieuvre

2.1.3 Diagramme FAST

Un diagramme FAST (Functional Analysis System Technique) présente une de composition hiérarchisée des fonctions du système allant des fonctions de service (fonctions en lien avec le milieu extérieur) et passant par les fonctions techniques (fonctions internes au système) jusqu'à l'énoncé des solutions technologique employées ou prévues pour remplir les fonctions technique.

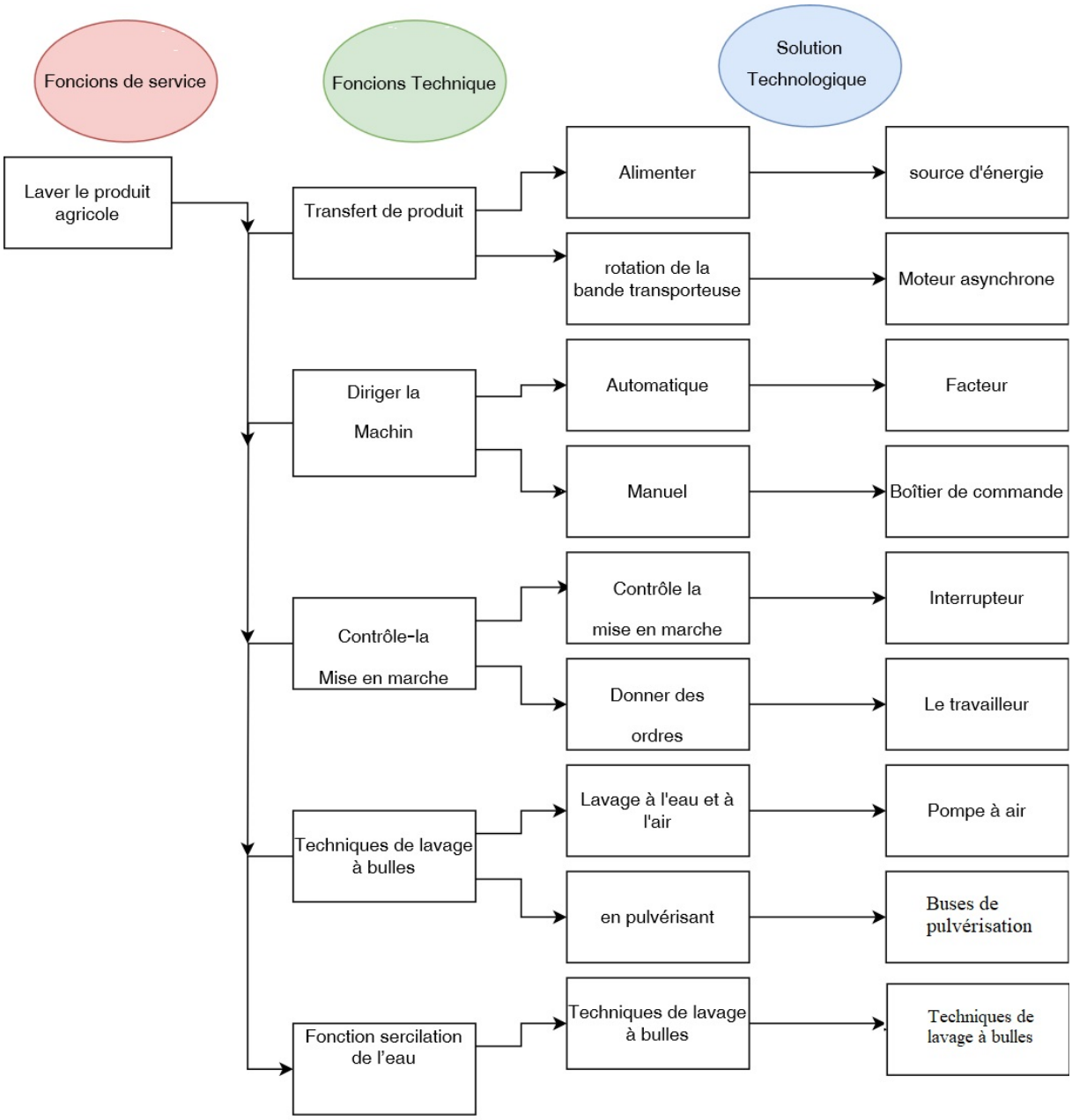


FIGURE 2.3 – Diagramme FAST

2.2 Moteur asynchrone réducteur

Un moteur réducteur est une unité compacte homogène et compacte, composée d'un réducteur et d'un moteur. Ils transmettent la force du moteur depuis le côté entrée vers le côté sorti. Le réducteur fonctionne comme convertisseur de couple et de vitesse [13].

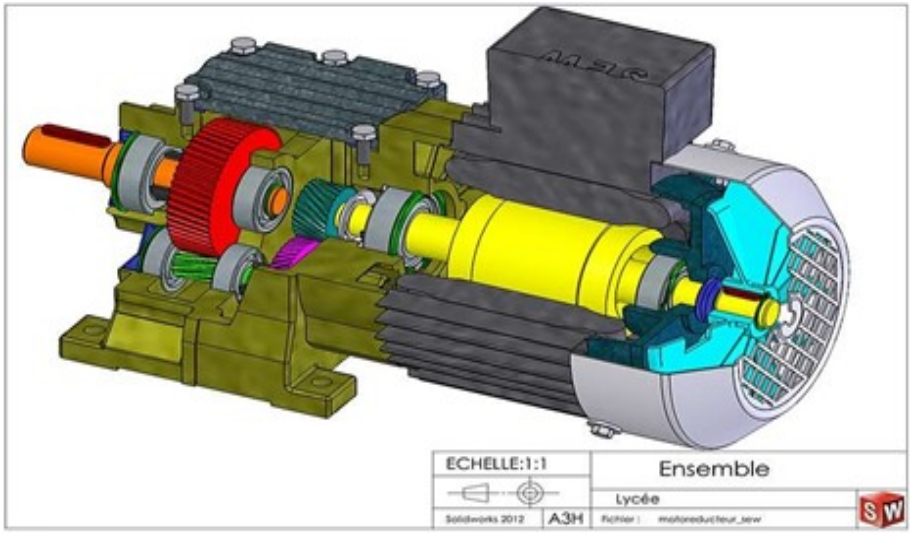


FIGURE 2.4 – Moteur asynchrone réducteur

Lors de nombreux montages mécaniques se présente le problème de la transmission du mouvement entre les axes ou les arbres des machines. L'union est la manière la plus simple d'obtenir cette transmission car elle fonctionne en unissant les extrémités de ces arbres, et en transmettant ainsi la rotation d'un arbre à l'autre. La bonne résolution de cette transmission dépend non seulement du bon fonctionnement de l'appareil mais également de la durée de vie utile des codeurs ou des machines connectées.

2.3 Les convoyeurs

2.3.1 Définition d'un convoyeur

Les convoyeurs sont des dispositifs mécaniques ou des ensembles utilisés pour déplacer des articles ou des colis avec un minimum d'effort. Ils sont généralement constitués de cadres qui supportent des rouleaux, des roues ou des courroies et peuvent être alimentés par un moteur ou des dispositifs manuels. Ils sont également utilisés pour déplacer des matériaux en vrac, tels que du gravier ou des granulats. Le convoyeur facilite les tâches de réception et d'expédition de la marchandise. Il est également approprié pour alimenter les postes de travail et évacuer les produits finis.

Les convoyeurs sont employés dans de nombreux procèdes technologiques tels que le transfert de pièces, de sable, des produits alimentaires, des sacs de ciment, des bagages de voyage. Le rôle du convoyeur est donc de remplacer le travail de l'ouvrier qui trouve beaucoup de peine à accomplir ses taches, fournissant un déplacement beaucoup plus rapide du produit influençant directement sur la productivité [14].

2.3.2 Classification des convoyeurs

Il existe de nombreux types de convoyeurs d'où les plus courants sont [14] :

— **Convoyeur à tablier / à lattes**



FIGURE 2.5 – Convoyeur à Tablier/lattes

— **Convoyeur magnétique**

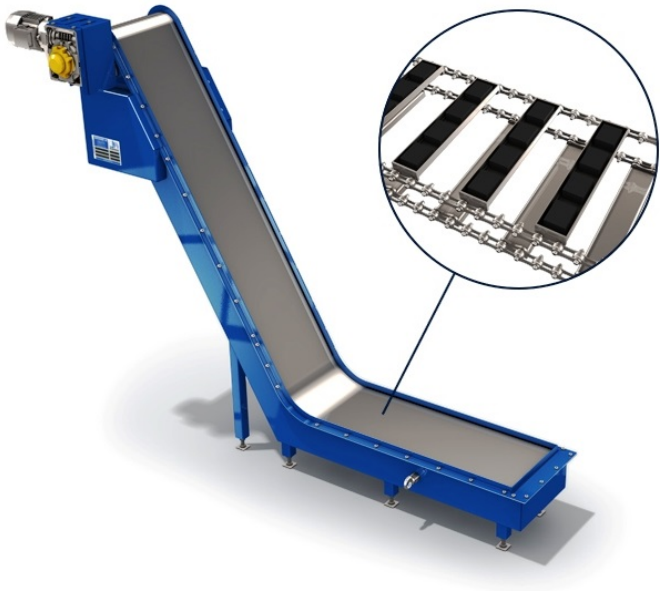


FIGURE 2.6 – Convoyeur magnétique

— **Convoyeur aérien**



FIGURE 2.7 – Convoyeur aérien

— **Convoyeur à vis**



FIGURE 2.8 – Convoyeur à vis

— **Convoyeur à bande**



FIGURE 2.9 – Convoyeur à bande

— **Convoyeur à maille inox**



FIGURE 2.10 – Convoyeur à maille inox

2.3.3 Critères de sélection d'un bon convoyeur

Le choix du convoyeur doit être fait en fonction des charges à déplacer, des distances à couvrir et de la configuration des espaces de travail et les principaux critères de choix sont :

— La largeur du convoyeur est déterminée par la dimension des objets à manutentionner (en tenant compte de la largeur de ces objets dans la position où ils seront convoyés).

— Le poids des objets à manutentionner indiquera la capacité requise pour le bâti et les autres composants (comme les rouleaux, les courroies, la butée, les axes et les paliers).

2.4 Les accouplements convoyeur - moteur

2.4.1 Définition d'accouplement

Les accouplements sont utilisés pour transmettre la vitesse et le couple, ou la puissance, entre deux arbres de transmission en prolongement l'un de l'autre comportant éventuellement des défauts d'alignement. [15].

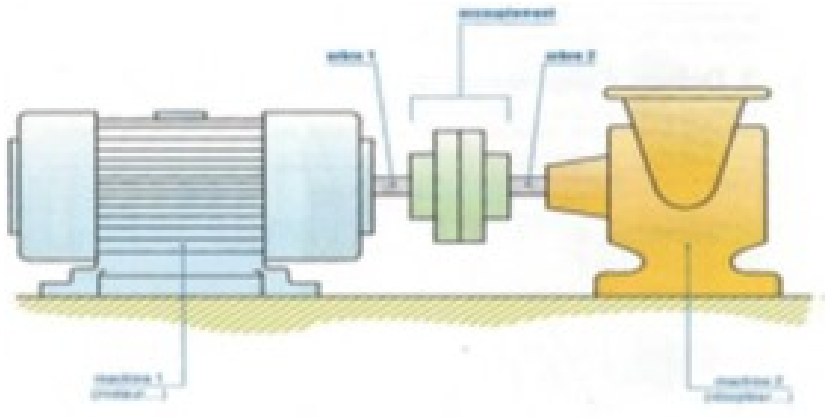


FIGURE 2.11 – L'accouplement moteur-convoyeur

2.4.2 Le rôle d'accouplement :

Le rôle principal d'accouplement est de transmettre la puissance mécanique en rotation entre deux arbres sensiblement alignés, avec modification de la fréquence de rotation de l'ensemble et d'une manière permanente. Ainsi que la transmission de couple dans l'arbre moteur à l'arbre convoyeur [15].

2.5 Les pompes

2.5.1 Définition

Une pompe est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile,l'essence, les liquides alimentaires, etc) d'un point à un endroit voulu. La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé. La charge ou l'énergie est la somme de trois catégories d'énergie : Énergie cinétique, Énergie potentielle et Énergie de pression [16].

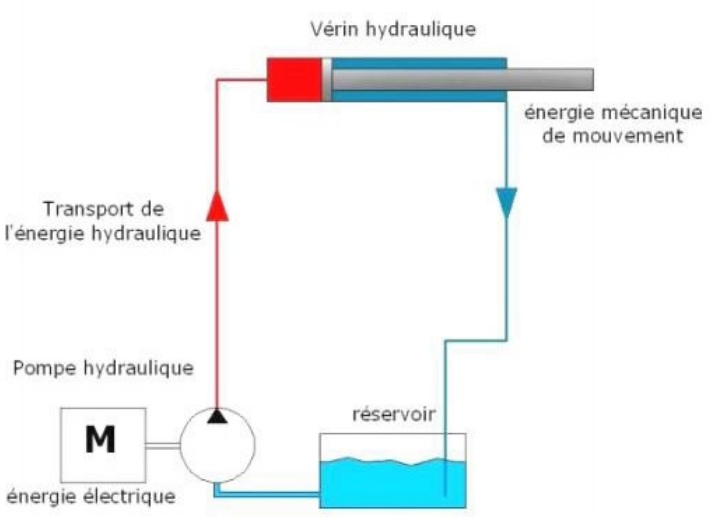


FIGURE 2.12 – Schéma d'une pompe

La pompe est donc un appareil génère une différence de pression entre l'entré et la sortie de la machine. L'énergie requise pour faire fonctionner une pompe dépend :

- **Des propriétés du fluide :** la masse volumique, la viscosité dynamique.
- **Des caractéristiques de l'écoulement :** la pression, la vitesse, le débit volume, la hauteur.
- **Des caractéristiques de l'installation :** la longueur des conduites, le diamètre et la rugosité absolue

2.5.2 Classification des pompes

Suivant les modes des déplacements des liquides à l'intérieur des pompes, on classe ces dernières en deux grandes familles : les pompes volumétriques et les turbopompes. L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide. De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les pompes centrifuges [17].



FIGURE 2.13 – Pompe centrifuge



FIGURE 2.14 – Pompe volumétrique à disque excentré

Dans les turbopompes une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur [17].

Dans les pompes volumétriques, l'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement (grand encombrement) [17].

2.6 Les Souffleurs

Les souffleurs, également connus sous le nom de ventilateurs, sont des dispositifs mécaniques utilisés pour générer un flux d'air ou de gaz. Leur fonction principale est de créer une différence de pression qui entraîne le déplacement de l'air ou du gaz d'une zone à une autre.

2.6.1 Les types des souffleurs

Les types de souffleurs peuvent varier en fonction de leurs caractéristiques et de leur utilisation spécifique. Voici quelques types courants de souffleurs [18] :

2.6.1.1 Souffleurs centrifuges

Ces souffleurs utilisent la force centrifuge pour générer un flux d'air. Ils sont composés d'une roue à aubes tournant à haute vitesse, ce qui entraîne l'air à travers la roue et le rejette radialement. Les souffleurs centrifuges peuvent fournir un débit d'air élevé et une pression modérée.



FIGURE 2.15 – Souffleur centrifuge

2.6.1.2 Souffleurs axiaux

Ces souffleurs ont des pales disposées de manière à créer un mouvement axial de l'air, parallèlement à l'axe de rotation. Ils sont souvent utilisés pour des applications nécessitant un débit d'air élevé et une faible pression.



FIGURE 2.16 – Souffleur axial

2.6.1.3 Souffleurs radiaux

Ces souffleurs ont des pales courbes disposées radialement autour de l'axe de rotation. Ils combinent certaines caractéristiques des souffleurs centrifuges et axiaux, offrant un équilibre entre le débit d'air et la pression.



FIGURE 2.17 – Souffleur radial

2.6.1.4 Souffleurs régénératifs

Aussi appelés souffleurs à effet vortex, ces souffleurs utilisent le principe de régénération pour générer un flux d'air. Ils comportent un rotor à palettes excentré à l'intérieur d'un stator. L'air est aspiré et comprimé par les palettes lorsqu'elles passent près du stator. Les souffleurs régénératifs sont compacts, légers et adaptés aux applications nécessitant un débit d'air moyen à élevé et une faible pression.



FIGURE 2.18 – Souffleur régénératif

2.6.1.5 Souffleurs industriels spécifiques

Il existe également des souffleurs conçus pour des applications industrielles spécifiques. Par exemple, les souffleurs de séchage sont utilisés pour le séchage de produits ou de matériaux, les souffleurs d'aération sont utilisés dans les systèmes d'aération des eaux usées, et les souffleurs de dépoussiérage sont utilisés pour éliminer les particules en suspension dans l'air.



FIGURE 2.19 – Souffleur industriel spécifique

2.7 Les buses de pulvérisation

Les buses de pulvérisation sont des dispositifs utilisés pour disperser un liquide en fines gouttelettes. Elles sont largement utilisées dans diverses industries telles que l'agriculture, la chimie, l'industrie alimentaire, l'automobile, l'industrie pharmaceutique et bien d'autres [19].



FIGURE 2.20 – Buses de pulvérisation

2.7.1 Fonction

Les buses de pulvérisation sont conçues pour convertir un liquide en une forme de pulvérisation. Elles atomisent le liquide en fines gouttelettes, ce qui permet une distribution uniforme sur une surface cible.

2.8 Les dispositifs de sécurité

2.8.1 Disjoncteur magnétothermique

Le disjoncteur magnétothermique est un dispositif de protection électromécanique qui assure la coupure d'un courant de surcharge ou d'un courant de court-circuit dans une installation électrique [20]. Il se compose de deux éléments principaux : le magnéto et le thermique (voir la figure 2.21).

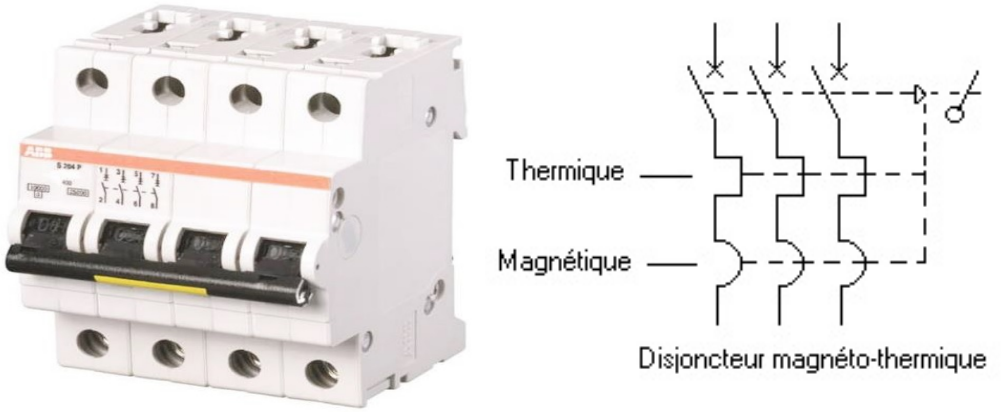


FIGURE 2.21 – Disjoncteur magnétothermique et son symbole

Le magnéto est équipé d'un électroaimant qui protège chaque phase en cas de court-circuit en coupant l'alimentation électrique. Quant au thermique, chaque phase du moteur est protégée par un bilame. En cas de surintensité prolongée, le bilame

chauffe par effet joule, ce qui déclenche un mécanisme d'ouverture des contacts électriques.

2.8.2 Sectionneur

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement (voir la figure 2.22). L'objectif est d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties [20].

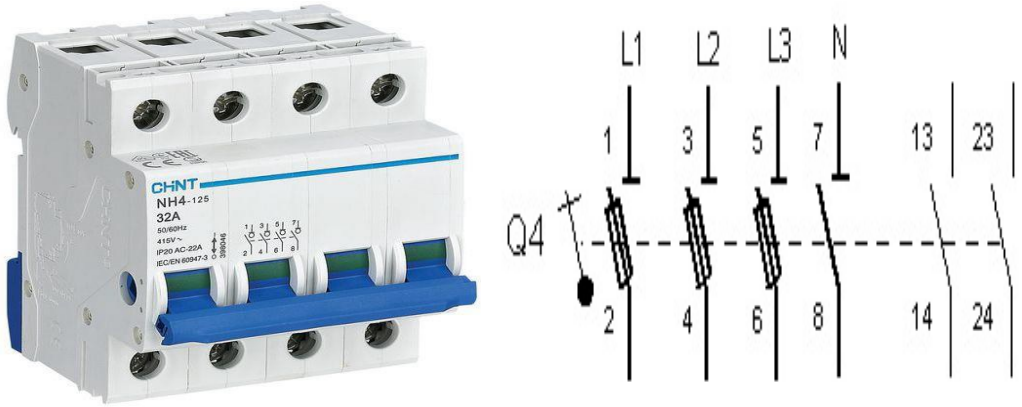


FIGURE 2.22 – Sectionneur et son symbole

2.8.3 Contacteur

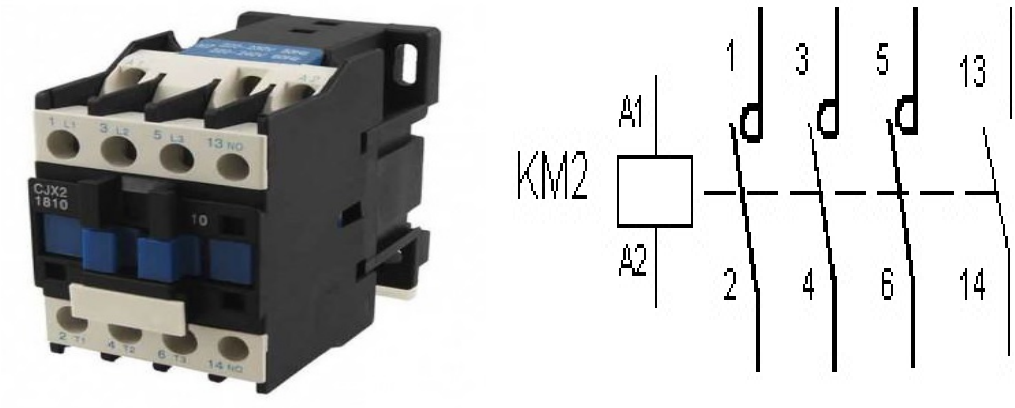


FIGURE 2.23 – Contacteur et son symbole

Le contacteur est un relais électromagnétique qui permet grâce à des contacts de puissance d'assurer le fonctionnement de moteur ou d'autre récepteur de fortes puissances (voir la figure 2.23) [20].

2.8.4 Relais thermique

Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en aval contre les surcharges et coupures de phase. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur (voir la figure 2.24) [20].

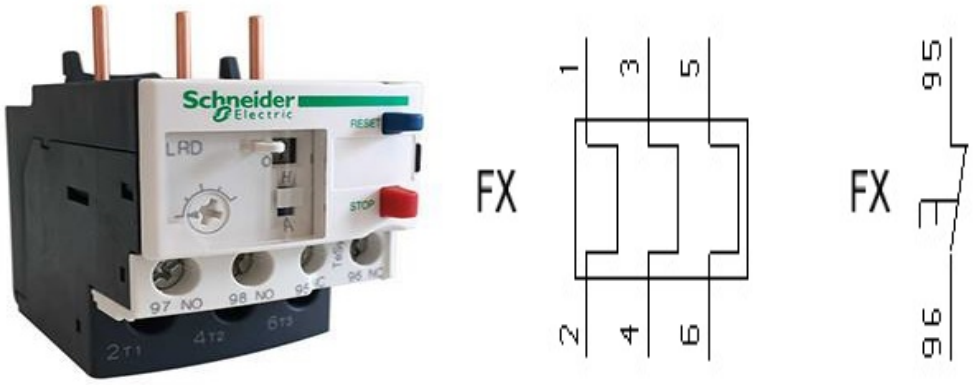


FIGURE 2.24 – Relais thermique et son symbole

2.8.5 Transformateur

Le transformateur est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité de courant (voir la figure 2.25) [20].

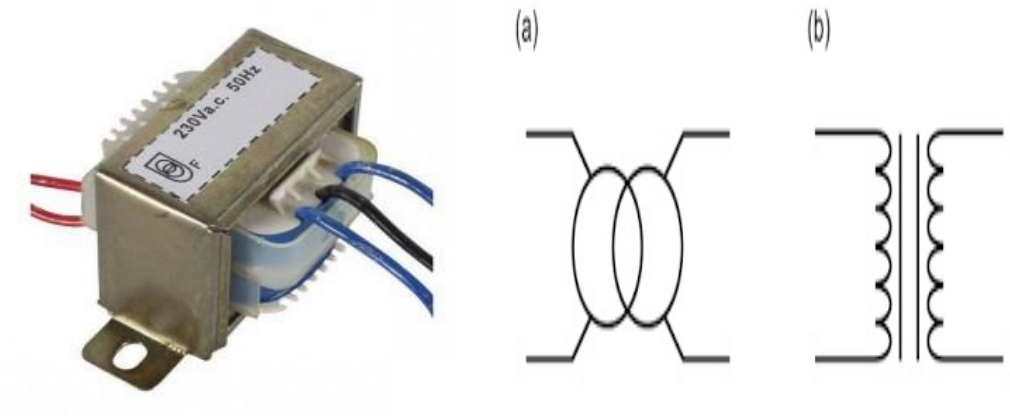


FIGURE 2.25 – Transformateur et son symbole

2.8.6 Bouton poussoir

Le bouton poussoir est un interrupteur simple qui permet de contrôler les capacités d'une machine ou d'un objet. C'est le principal moyen d'interaction entre l'homme et la machine (voir la figure 2.26) [20].



FIGURE 2.26 – Bouton poussoir

2.8.7 Bouton arrêt d'urgence

Un bouton-poussoir d'arrêt d'urgence est une commande de commutation, ou interrupteur, qui assure un arrêt complet sécurisé des machines et la sécurité des personnes qui les utilisent (voir la figure 2.27). Le but du bouton-poussoir d'urgence est d'arrêter l'installation rapidement lorsqu'un risque de blessure survient ou lorsque le flux de travail requiert l'arrêt de l'alimentation électrique [20].



FIGURE 2.27 – Bouton d'arrêt d'urgence

2.9 Conclusion

En conclusion, dans ce chapitre, nous avons examiné de manière approfondie chaque composant essentiel de la nettoyeuse de légumes et de fruits. Cette approche méthodique nous permet de comprendre et d'optimiser le fonctionnement de l'appareil, en tenant compte des différentes exigences et contraintes liées au processus de nettoyage des produits agricoles.

Chapitre 3

Dimensionnement et Choix des Composants

Ce chapitre aborde le dimensionnement et le choix des composants utilisés dans la conception de la nettoyeuse. Cela inclut le dimensionnement du moteur de convoyeur et du variateur de vitesse. Il met en évidence l'importance des méthodes de calcul liées à la résistivité des composants constituant la nettoyeuse. Les méthodes de calcul présentées dans ce chapitre aident à dimensionner le moteur du convoyeur en prenant en compte la puissance requise et les pertes d'énergie. Les valeurs de résistivité et le paramétrage sont déterminées en utilisant des données techniques fournies par les fabricants. En considérant ces éléments, nous nous engageons à concevoir efficacement la nettoyeuse.

3.1 Processus de dimensionnement

Le processus de détermination des dimensions de nettoyeuse a été effectué selon différentes étapes, chacune jouant un rôle important dans l'obtention du résultat souhaité.

3.1.1 Contexte et objectifs

Dans une première phase, le contexte et les objectifs du dimensionnement de la nettoyeuse sont définis. Cela inclut la compréhension des besoins et des exigences spécifiques des clients cibles, tels que la capacité et les types de fruits et légumes à laver. En clarifiant ces aspects, le processus de dimensionnement peut être conçu en conséquence. L'importance des dimensions appropriées est soulignée. Ceci est illustré dans notre conception dans la figure 3.1

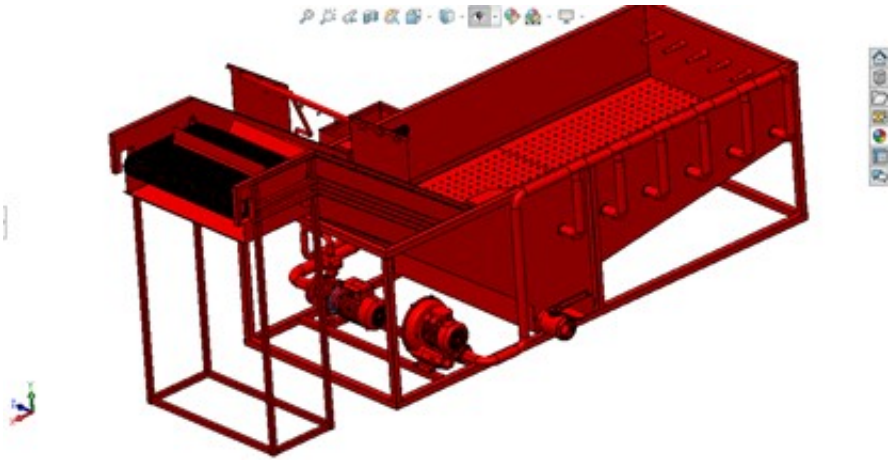


FIGURE 3.1 – Conception de la nettoyeuse

3.1.2 Analyse des besoins et spécifications

Dans la deuxième étape. Il garantit que la nettoyeuse peut gérer efficacement la charge de travail et fournir le niveau de performances requis. Des dimensions inadéquates peuvent entraîner une inefficacité, une productivité réduite ou même des pannes mécaniques. Par conséquent, un examen attentif des exigences et des limites est nécessaire pour obtenir les meilleurs résultats.

3.1.3 Modélisation du système

La troisième étape consiste à concevoir le système du convoyeur pour comprendre son comportement et ses performances. Le modèle approprié a été sélectionné en fonction de la conception de la nettoyeuse et des fonctions prévues. Des variables et des équations de base seront présentées pour représenter les principaux aspects du processus de lavage. De plus, des contraintes physiques et technologiques ont été intégrées au modèle pour assurer sa précision et son réalisme, comme le montre la figure 3.2.

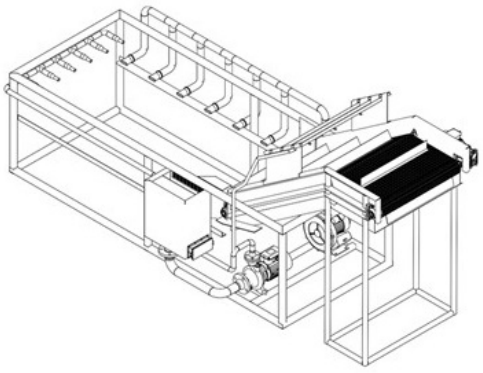


FIGURE 3.2 – Modélisation de la nettoyeuse

3.1.4 Sélection des composants

Passant à la quatrième étape, la sélection des composants joue un rôle important dans les performances globales de la machine à laver. Les composants clés, tels que le moteur, la pompe, la soufflante et les jets d'eau, sont soigneusement sélectionnés en fonction de leur adéquation à l'application prévue. De plus, la compatibilité entre les composants sélectionnés est vérifiée pour garantir un fonctionnement et une intégration fluides.

3.2 Dimensionnement de convoyeur

3.2.1 Description du convoyeur

Nous avons décidé de mettre en place un convoyeur à bande équipé de vitesses variables, permettant un déplacement fluide et précis des produits agricoles vers le palettiseur. Cette initiative vise à améliorer la qualité des produits traités tout en optimisant l'efficacité du processus de nettoyage.

A la sortie de la machine de nettoyage à bulles, un convoyeur à bande de 1.8 mètres découpé en trois morceaux de six mètres chacun assurent la manutention des paniers de légumes et fruits pour les acheminer vers le palettiseur afin de les stocker. Pour le contrôle de la vitesse du convoyeur en fonctionne la présence des paniers sur le tapis, nous utilisons un capteur photoélectrique. Pour la variation de vitesse du convoyeur à bande, nous utilisons un variateur ALTIVAR 31 (voir la figure 3.3).

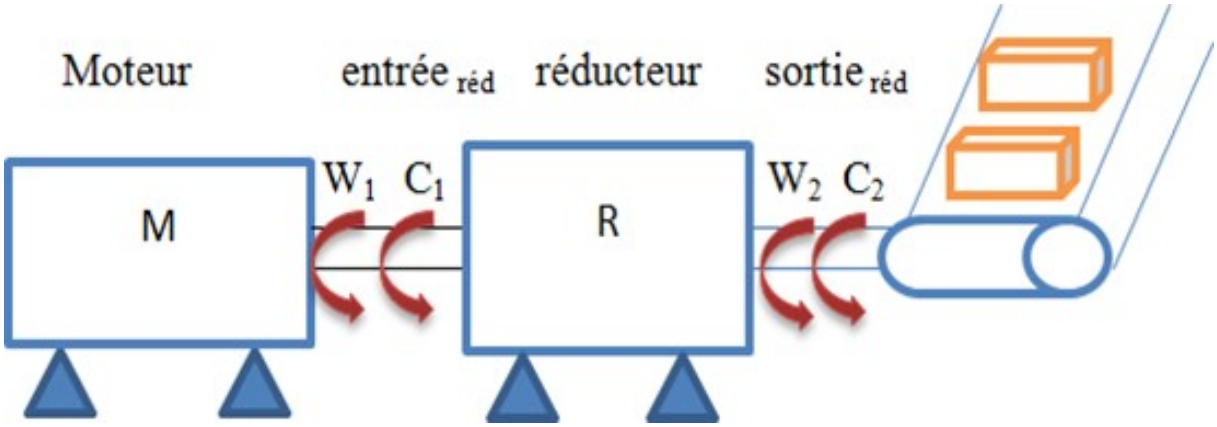


FIGURE 3.3 – Système du convoyage

Caractéristiques techniques :

- Châssis : le châssis doit être en acier inoxydable, avec :
  - Une longueur du convoyeur de 1800 mm.
  - Une largeur de 650 mm.

— Groupe de commande : le choix est porté sur l'utilisation d'un motoréducteur sous un réseau de 230V/400V avec :
  — Un rendement du réducteur de $\eta = 0.95$.
  — Un moment d'inertie de $0.001\,\mathrm{kg \cdot m^2}$.
  — Un rapport de réduction de 12.12.
— Diamètre du tambour : $d = 20\,\mathrm{cm}$.
— Vitesse linéaire du tapis : $v = 1.2\,\mathrm{m/s}$.
— Fréquence : $f = 50\,\mathrm{Hz}$.
— Charge : masse totale est de $M_{\text{totale}} = 70\,\mathrm{kg}$.

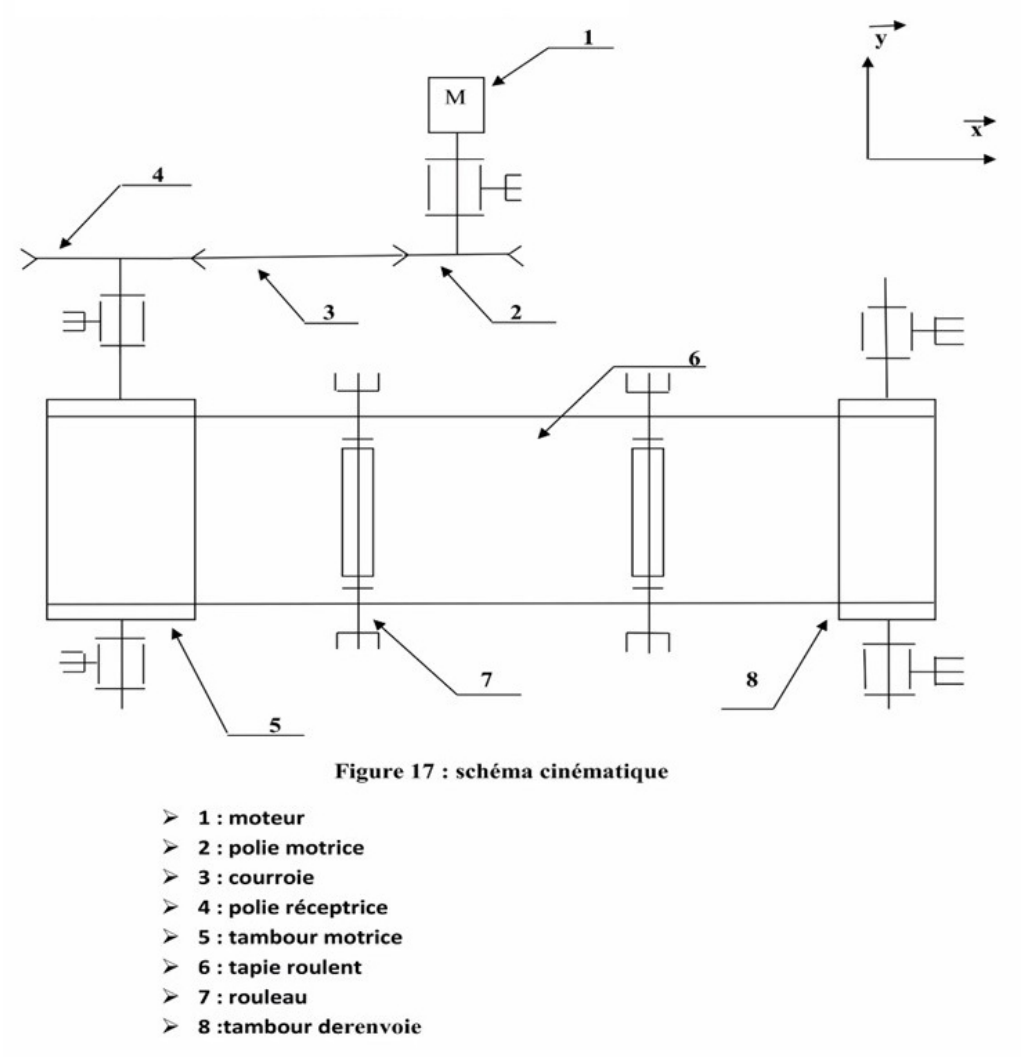


FIGURE 3.4 – Schéma cinématique de convoyeur

Calcul de la vitesse angulaire à la sortie du réducteur : La relation entre la vitesse linéaire et la vitesse angulaire est donnée par :

$$\omega_2 = \frac{V}{\frac{d}{2}} \tag{3.1}$$

A.N :

$$\omega_2 = \frac{1.2}{0.1} = 12\,\text{rad/s} \quad \text{d'où} \quad \omega_2 = 114.6\,\text{tr/min}$$

Calcul de la vitesse angulaire à l'entrée du réducteur : Le rapport de réduction est donné par :

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} \tag{3.2}$$

Avec $i = 12.12$, la vitesse angulaire à l'entrée du réducteur est :

$$\omega_1 = i \times \omega_2 \tag{3.3}$$

A.N :

$$\omega_1 = 12.12 \times 12 = 145.44\,\text{rad/s} \quad \text{d'où} \quad \omega_1 = 1390\,\text{tr/min}$$

Calcul de la force nécessaire pour déplacer la charge :

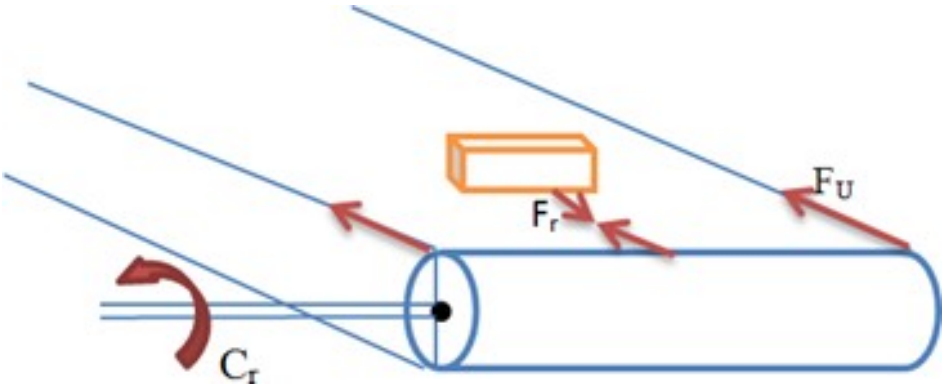


FIGURE 3.5 – Diverses forces appliqués

L'expression de la force est donnée par :

$$F_{\text{utile}} = \mu \times g \times M_{\text{totale}} \tag{3.4}$$

Avec :

M_{totale} : masse en kilogramme des produits transportés sur toute la longueur du convoyeur.

μ : coefficient de frottement entre tambour et bande ($\mu = 0.3$).

g : la gravitation terrestre d'une valeur de 9.81 m/s^2.

A.N :

$$\begin{aligned} F_{\text{utile}} &= 0.3 \times 9.81 \times 70 \\ &= 206.01 \text{ N} \end{aligned}$$

Par conséquent, on obtient $F_{\text{utile}} = 206.01$ N.

Calcul du couple de charge (couple résistant) : En fonction de la force appliquée et de son bras de force, c'est-à-dire la moitié du diamètre du tambour, le couple résistant est donné par :

$$c_r = F_{\text{utile}} \times \frac{d}{2} \tag{3.5}$$

A.N :

$$c_r = 206.01 \times 0.1 \quad \text{d'où} \quad c_r = 20.601 \text{ N.m}$$

Calcul de la puissance exigée par la charge : la puissance exigée par la charge est :

$$p_{\text{ch}} = c_r \times \omega_2 \tag{3.6}$$

A.N :

$$p_{\text{ch}} = 78.48 \times 12 \quad \text{d'où} \quad p_{\text{ch}} = 0.94 \text{ kW}$$

Calcul du couple à l'entrée du réducteur (côté moteur) : le rendement du réducteur est donné par :

$$\eta_{\text{red}} = \frac{p_{\text{ch}}}{p_{\text{mot}}} \tag{3.7}$$

$$\eta_{\text{red}} = \frac{c_r \times \omega_2}{c_{\text{mot}} \times i} \tag{3.8}$$

$$c_{\text{mot}} = \frac{c_r}{\eta_{\text{red}} \times i} \tag{3.9}$$

A.N :

$$c_{\text{mot}} = \frac{20.601}{0.95 \times 12.12} \quad \text{d'où} \quad c_{\text{mot}} = 1.789 \text{ N.m}$$

Calcul de la puissance à l'entrée du réducteur (côté moteur) : la puissance à l'entrée du réducteur est donnée par :

$$p_{\text{mot}} = c_{\text{mot}} \times \omega_1 \tag{3.10}$$

A.N :

$$p_{\text{mot}} = 1.789 \times (1390 \times 2 \times \frac{\pi}{60}) \quad \text{d'où} \quad p_{\text{mot}} = 0.26 \text{ kW}$$

3.2.2 Caractéristiques du moteur choisi

Le choix préliminaire du moteur, avec la vitesse angulaire $\omega_1 = 1390$ tr/min et $c_{\text{mot}} = 1.789$ N.m, s'est porté d'après les calculs sur le moteur LS80L. (voir annexe Annexe A).

Référence du moteur	P_N (kW)	N_N (tr/min)	C_N (N.m)	I_N (A)	cos φ	η (%)	$\frac{I_d}{I_N}$	$\frac{C_d}{C_N}$	$\frac{C_{\max}}{C_N}$	J (kg.m^2)	M (kg)
Ls80L	0.75	1400	5.1	2.01	0.71	72.1	4.5	2	2.2	0.0018	9.3

TABLE 3.1 – Caractéristiques du moteur choisi

3.2.3 Vérification du choix du moteur sélectionné

3.2.3.1 Régime transitoire (au démarrage)

Il faut que la puissance au régime transitoire et le couple C'_{acc} (accélération du moteur) soient supérieures, respectivement, à la puissance nominale et au couple C'_{acc} (accélération de la charge).

Calcul du couple d'accélération de la charge C'_{acc}

$$C'_{\text{acc}} = c_r + c_d \tag{3.11}$$

Le couple d'accélération de la charge étant la somme du couple résistant et du couple de démarrage, il peut être donné par :

$$C'_{\text{acc}} = \frac{c_N + c_r + 2c_{\min} + 2c_{\max}}{6} - c_{\text{mot}} \tag{3.12}$$

Avec le couple moteur ayant une valeur de $C_{\text{mot}} = 1.789$ N.m et le couple nominal $C_N = 5.1$ N.m.

Calcul du couple de démarrage : le couple de démarrage présente une augmentation de 60% de celui du couple au démarrage, soit :

$$c_d = 2 \times C_N \tag{3.13}$$

A.N :

$$c_d = 2 \times 5.1 \quad \text{d'où} \quad c_d = 10.2N.m$$

Calcul du couple max : d'après les caractéristiques du moteur choisi illustrées par le tableau 3.1, la valeur maximale du couple est donnée par :

$$c_{\max} = 2 \times C_N \tag{13}$$

A.N :

$$c_{\max} = 2 \times 5.1 \quad \text{d'où} \quad c_{\max} = 11.22N.m$$

En ayant cette valeur et à partir des courbes numérotées de 1 à 8 (voir annexe Annexe B), on peut déterminer la valeur du rapport $\frac{c_m}{c_N}$ qui va permettre de calculer la valeur du couple minimal. D'après la courbe de la figure 3.6 :

$$C_{\min} = 1.25 \times C_N$$

A.N :

$$C_{\min} = 1.25 \times 5.1 \quad \text{d'où} \quad C_{\min} = 6.37N.m$$

Le couple d'accélération de la charge est donc :
A.N :

$$C_{\text{acc}} = \left(\frac{C_N + C_d + 2 \times C_{\min} + 2 \times C_{\max}}{6} \right) - C_{\text{mot}}$$

$$C_{\text{acc}} = \left(\frac{5.1 + 10.2 + 2 \times 6.37 + 2 \times 11.22}{6} \right) - 1.789$$

$$C_{\text{acc}} = 6.62N.m$$

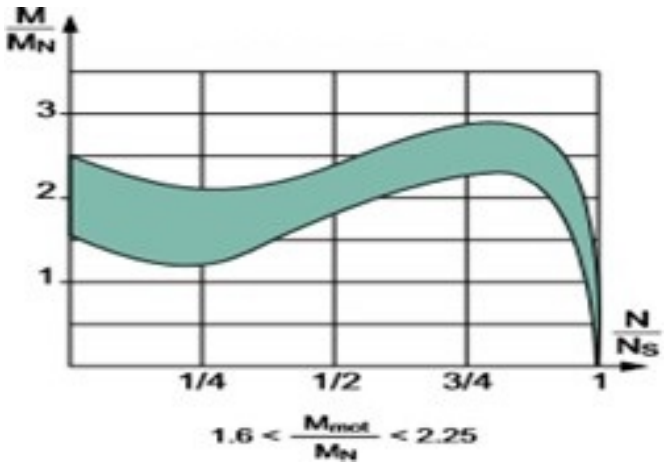


FIGURE 3.6 – Courbe du couple en fonction de la vitesse

3.2.3.2 Régime permanent

Calcul du couple d'accélération du moteur C_{acc} :

$$C_{\text{acc}} = J_{\text{tot}} \times \frac{\omega_N}{t_d} \tag{3.14}$$

Le temps de démarrage exigé est $t_d = 0.3s$

Calcul du moment d'inertie total J_{tot} :

$$J_{\text{tot}} = J_m + J_{\text{chram}} + J_{\text{red}} \tag{3.15}$$

Calcul de J_{ch} :

$$J_{\text{ch}} = M \times D^2/4 \tag{3.16}$$

A.N :

$$J_{\text{ch}} = 70 \times 0.2^2/4 \quad \text{d'où} \quad J_{\text{ch}} = 0.7kg.m^2$$

Calcul de J_{chram} :

$$\eta_{\text{red}} = \frac{p_s}{p_e} = \frac{\frac{1}{2} \times J_{\text{ch}} \times \omega_2^2}{\frac{1}{2} \times J_{\text{ch}} \times \omega_1^2} \tag{3.17}$$

Avec :

$$J_{\text{chram}} = \frac{J_{\text{ch}}}{\eta_{\text{red}} \times i^2} \tag{3.18}$$

A.N :

$$J_{\text{chram}} = \frac{0.7}{0.95 \times 12.12^2} \quad \text{d'où} \quad J_{\text{chram}} = 0.005kg.m^2$$

Donc :

$$J_{\text{tot}} = 0.0018 + 0.005 + 0.001 = 0.0078$$

D'après l'équation (3.14) :

$$c'_{acc} = 0.0078 \times \frac{1390 \times \frac{2\pi}{60}}{0.3}$$

D'où le couple d'accélération du moteur est

$$c'_{acc} = 11.34N.m$$

Alors le couple d'accélération du moteur est supérieur au couple d'accélération de charge.

$$c'_{acc} > c_{acc}$$

En conclusion, le moteur correspond parfaitement au choix effectué.

3.3 Dimensionnement de variateur de vitesse

Un variateur électronique de vitesse est un dispositif destiné à régler la vitesse et le moment d'un moteur électrique à courant alternatif en faisant varier la fréquence et la tension. Le variateur adéquat pour le moteur asynchrone triphasé utilisé pour le tapis roulant est un variateur de vitesse de type ALTIVAR31 adapté pour des puissances allant de 0,18 à 15 kW.

3.3.1 Description de variateur

Le variateur de vitesse se présente, soit par quatre afficheurs "7 segments", soit par un afficheur graphique. La mémorisation est validée par un clignotement momentané de l'affichage. En mode de limitation du courant, de saturation du courant ou de la boucle de courant, l'affichage clignote.

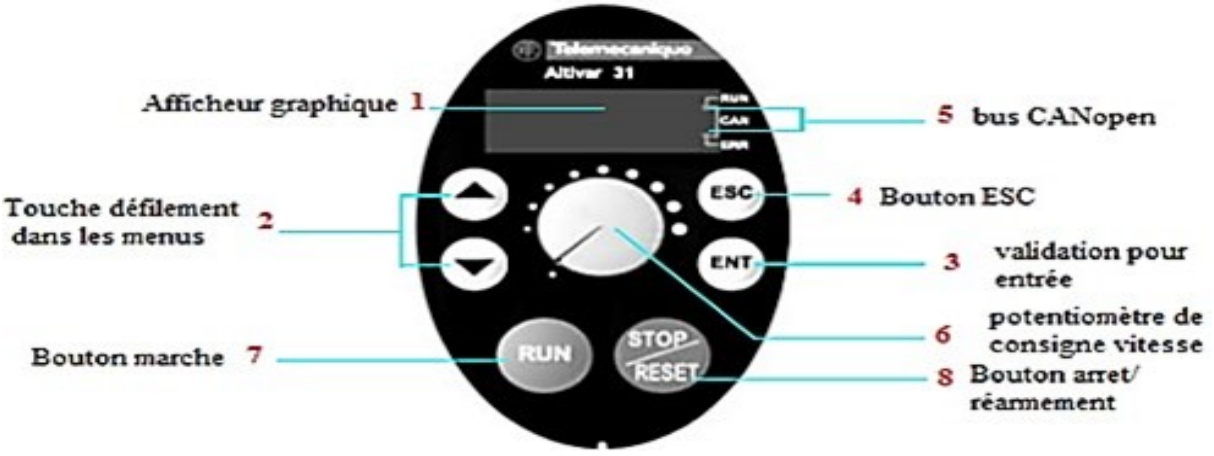


FIGURE 3.7 – Face avant du variateur de vitesse

3.3.2 Caractéristiques du couple (courbes typiques)

Les courbes suivantes (voir figure 3.8) définissent le couple permanent et le sur-couple transitoire disponibles, soit sur un moteur auto-ventilé, soit sur un moteur moto-ventilé. La différence réside uniquement dans l'aptitude du moteur à fournir un couple permanent important en dessous de la moitié de la vitesse nominale.

(1) Moteur auto-ventilé.
(2) Moteur moto-ventilé.
(3) Sur-couple transitoire 1,7 à 2 C_n.
(4) Couple en sur vitesse à puissance constante.

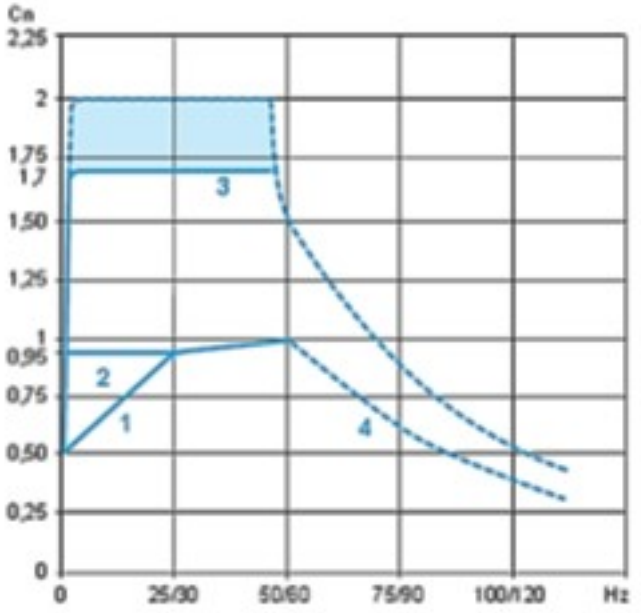


FIGURE 3.8 – Caractéristiques du couple

3.3.3 Paramétrage du variateur ALTIVAR 31

Le tableau ci-dessous résume les paramètres que nous avons choisi pour le variateur ALTIVAR 31 qui commande le convoyeur à bande.

La plaque signalétique du variateur ALTIVAR 31 :

- Référence : ATV312H075N4
- Puissance nominale : 1.1 kW
- Tension dalimentation : 380-500 V triphasé
- La fréquence : 50/60
- Courant maxi : 3.6 A

Code	Nom	Description	Paramètre de Réglage	Réglage usine
ACC	Accélération	Il est mesuré en temps nécessaire pour atteindre la fréquence nominale du moteur	5s	3s
DEC	Décélération	Il est mesuré en temps nécessaire pour atteindre un arrêt complet du moteur	3s	3s
LSP	Petite vitesse	Fréquence moteur à consigne minimale	10Hz	0Hz
HSP	Grande vitesse	Fréquence moteur à consigne maximale	46.5Hz	bFR
ItH	Courant thermique moteur	Courant utilisé pour la protection thermique du moteur. On règle ItH à l'intensité nominale qui est indiquée sur la plaque signalétique du moteur.	2.8A	En fonction du calibre variateur
SP2	2 vitesses présélectionnée	Le variateur de vitesse peut être programmé pour basculer entre deux vitesses prédéfinies	30Hz	10Hz
SP3	4 vitesses présélectionnée	Le variateur de vitesse peut être programmé pour basculer entre quatre vitesses prédéfinies.	46.5Hz	15Hz

TABLE 3.2 – Paramétrage du variateur de vitesse

3.3.4 Application de variateur ALTIVAR 31

Le variateur Altivar 31 monté en coffret répond aux applications nécessitant un indice de protection IP 55 dans un environnement hostile. Cette gamme en coffret permet une installation au plus près du moteur, elle est proposée pour des puissances du moteur compris entre $0,18kW$ et $15kW$ nécessitant une alimentation comprise entre $380V$ et $500V$ triphasée.

Le kit variateur est constitué d'un radiateur, des sous-ensembles puissance et contrôle, d'un filtre CEM, des pièces d'adaptation mécaniques et des joints d'étanchéité nécessaires l'implantation dans un environnement difficile avec un indice de protection (IP

55), le tout monté sur un support de fixation métallique, sans flasque ni capot de protection. Le kit variateur Altivar 31 peut être intégré en armoire ou coffret, ou monté sur un bâti de machine.

3.3.5 Câblage des variateurs de vitesses

Le câblage de variateur de vitesse est partage a deux partie :

— Câblage de puissance : il concerne le câblage des ponts de puissance en amont et en aval du variateur.
  — bornes L1 L2 L3 sur réseau pour l'alimentation amont du variateur.
  — bornes U V W pour fourniture de l'énergie au moteur.

— Câblage de commande : lorsque la commande du variateur est activée par une sortie automate NPN ou PNP, il est nécessaire d'utiliser une alimentation externe au variateur. L'ordre de marche et la consigne sont deux informations nécessaires aux variateurs ALTIVAR31 pour qu'ils puissent démarrer.

3.3.6 Schéma de câblage des variateurs

Le variateur de vitesse régule l'entraînement du moteur du convoyeur. Le câblage approprié du variateur est représenté par la figure 3.13.

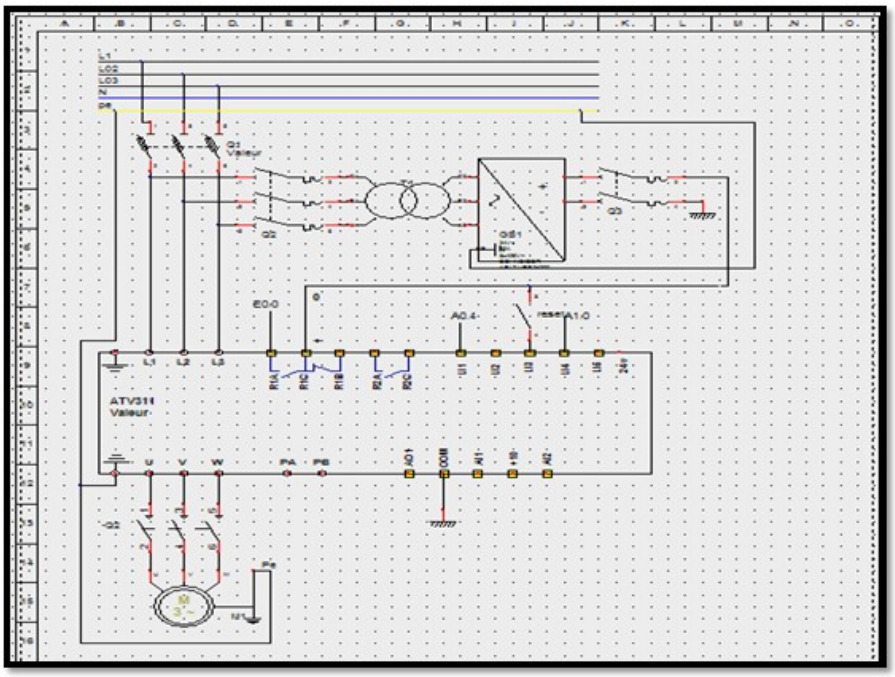


FIGURE 3.9 – Schéma de câblage du variateur

3.4 Dimensionnement de pompe d'air

Caractéristique	**Type**
Technologie	à canal latéral
Nombre d'étages	mono-étagée
Autres caractéristiques	moyenne et haute pression, sans huile, compacte
Débit	Max : $4m^3/min$ $(141,26ft^3/min)$ Min : $4m^3/min$ $(141,26ft^3/min)$
Pression de service	Max : $27000Pa(3,916psi)$ Min : $26000Pa$ $(3,771psi)$
Puissance nominale	Max : $2,55kW$ $(3,467hp)$ Min : $2,2kW$ $(2,991hp)$

TABLE 3.3 – Dimensionnement de pompe d'air

3.5 Dimensionnement de pompe

Performances :

- Débit : 5.4 m^3/h
- Max. Tête : 450 m
- Max. température du liquide : 40° C
- Max. température ambiante : 40° C
- Max. pression de fonctionnement : 4.5 bar
- Les fluctuations de tension ne doivent pas dépasser ±10% de la valeur de taux PH : 6.5 à 8.5



FIGURE 3.10 – Type de pompe choisie

Champs d'application :

- Alimentation en eau domestique.
- Irrigation paysagère.
- Surpression d'eau.

Caractéristiques :

- Connecteur, chambre d'admission : fonte antirouille
- Turbine : PPO+GF30
- Arbre : 2Cr13
- Corps de pompe : inox 304
- Presse-étoupe : EPDM
- Garniture mécanique : céramique/graphite/NBR
- Moteur : 2 pôles, fil de cuivre, protecteur thermique intégré, coque entièrement fermée
- Service continu : S1
- Classe de boîtier : IPX4
- Degré d'isolation : F
- Bruit : $\leq$ 60 dB (très faible bruit)

3.6 Dimensionnement de soufflante



FIGURE 3.11 – Type de soufflante choisie

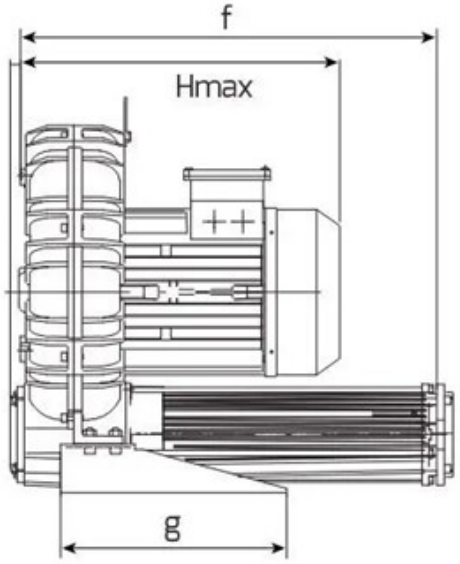


FIGURE 3.12 – Schéma de soufflante choisie

Caractéristique	**Type**
Technologie	à canal latéral, à rotor
Nombre d'étages	mono-étagée
Applications	pour convoyage, de séchage, pour applications alimentaires, pour produits pharmaceutiques
Autres caractéristiques	compacte, pneumatique
Débit	Max : 904 mş/h (31 924.46 fţ/h) Min : 21 mş/h (741.61 fţ/h)
Pression de service	Max : 450 mbar (6.527 psi) Min : -300 mbar (-4.351 psi)
Puissance nominale	Max : 1,7 kW (23.114 hp) Min : 0.37 kW (0.503 hp)
Niveau sonore	Max : 79 dB Min : 59 dB

TABLE 3.4 – Type de soufflante

3.7 Dimensionnement de buse d'eau



FIGURE 3.13 – Type de bus d'eau choisi

Le tableau ci dessous montre les caractéristique des buses d'eau choisis. Pour plus de détails voir l'annexe Annexe C.

Caractéristique	**Type**
Référence	A7767429
Code UPC	736354827993
Fabricant	TeeJet
Couleur	Rouge
Poids (lbs.)	0.01
Matériau	Acétal-Acier inoxydable
Marque	DG TeeJet
Angle de buse	110°
PSI minimum	30
PSI maximum	60
Référence fabricant	DG11015

TABLE 3.5 – Caractéristiques des buses d'eau choisis

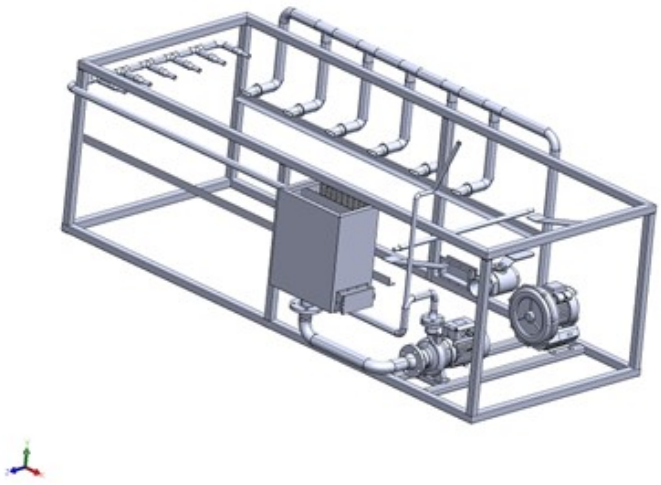


FIGURE 3.14 – Caractéristiques des buse d'eau

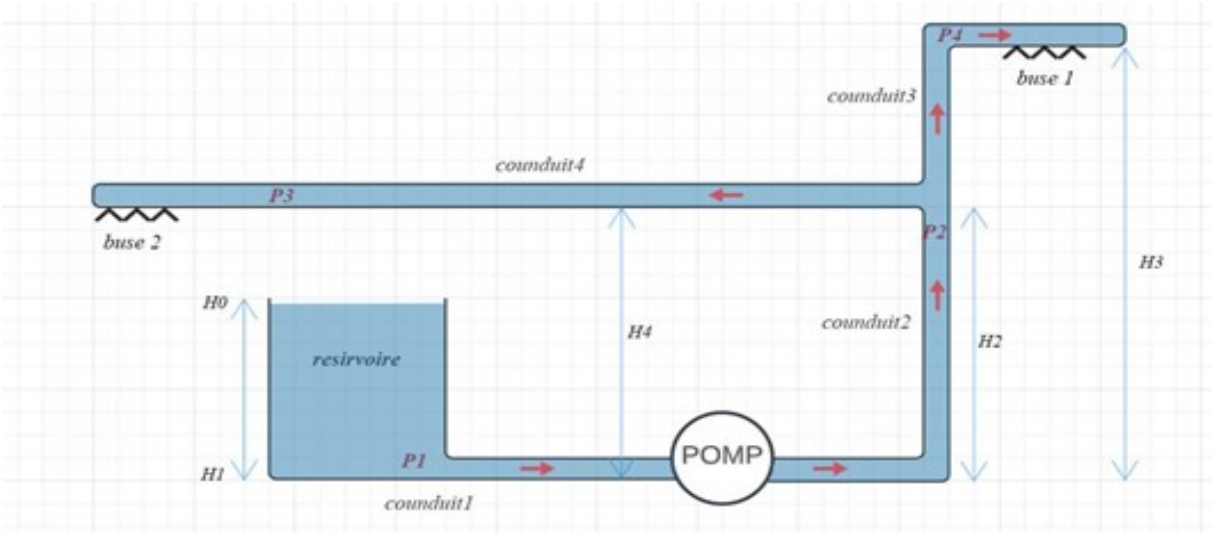


FIGURE 3.15 – Schéma hydrauliques de circuit de l'eau

3.8 Dimensionnement de circuit de commande

La figure 3.16 représente la configuration et le câblage des différents composants utilisés dans un système de commande. Il est utilisé pour illustrer comment les différents éléments du circuit, tels que les boutons, les interrupteurs, les relais, les contacteurs, les capteurs et les actionneurs, sont interconnectés et comment ils fonctionnent ensemble pour contrôler le système.

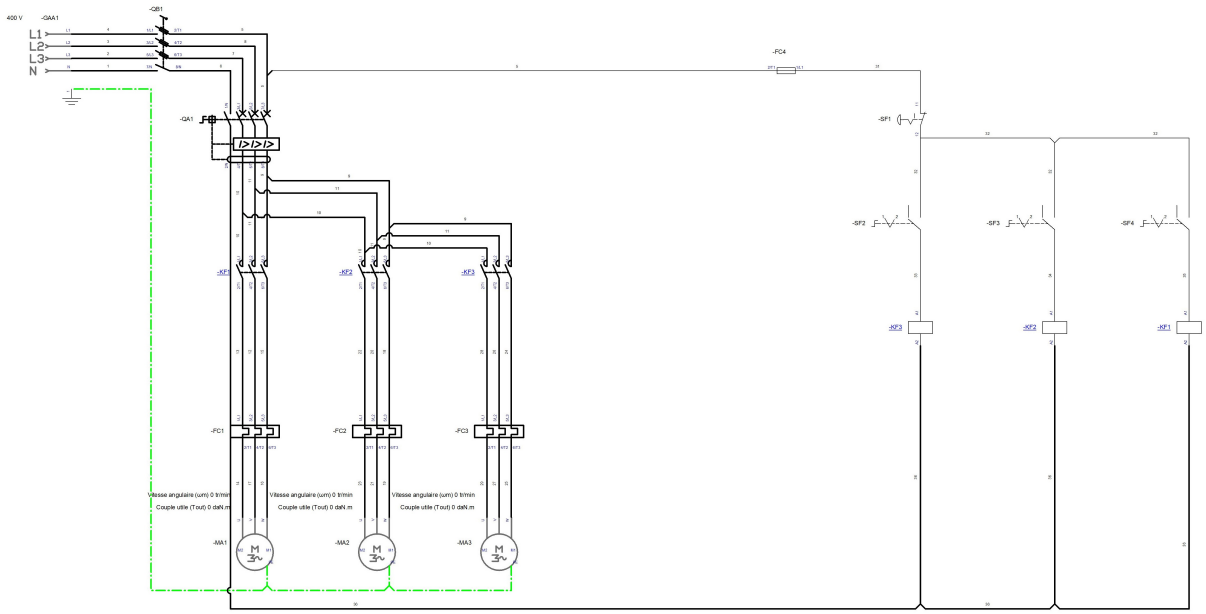


FIGURE 3.16 – Schéma électrique de nettoyeuse

3.9 Étude la résistance des matériaux

3.9.1 Détermination des paramètres de convoyeur

Les paramètres pertinents pour cette analyse comprennent les éléments suivants :

— Longueur du convoyeur : Il est nécessaire de se référer aux dessins et dimensions fournis par le fabricant pour déterminer avec précision la longueur du convoyeur.

— Angle d'inclinaison (35 degrés) : L'angle d'inclinaison du convoyeur est crucial pour calculer la hauteur du convoyeur par rapport au sol (côté opposé à l'angle d'inclinaison) ainsi que le côté adjacent. Cette mesure est essentielle pour évaluer la configuration spatiale du système.

— Longueur réelle du convoyeur et mesures appliquées : Il est important de prendre en compte les mesures réellement appliquées lors de la détermination de l'angle d'inclinaison approprié. Ces mesures aideront à obtenir une évaluation précise des paramètres de l'angle d'inclinaison.

— Dimensions du palier intermédiaire et de l'accouplement : Les dimensions du palier intermédiaire et de l'accouplement sont nécessaires pour calculer les forces appliquées et les interactions qui se produisent dans le système. Ces mesures sont essentielles pour garantir la résistance et la stabilité du convoyeur.

En prenant en compte ces paramètres pertinents, nous serons en mesure de procéder à une analyse précise et approfondie des efforts et des interactions dans le système du convoyeur.

— Côté adjacent du convoyeur incliné : $a = 10261$

— La hauteur de la fin de convoyeur sur terre (côté opposé) : $b = 7482$

— Longueur du convoyeur (hypoténuse) : $c = 10030$

— Angle d'inclinaison du convoyeur : $\alpha = 35$

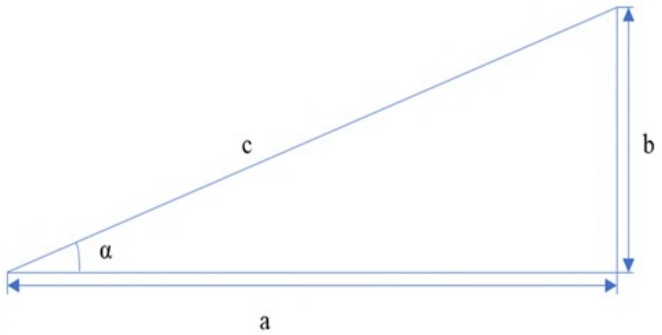


FIGURE 3.17 – Schéma de démonstration de l'angle d'inclinaison α

Côté adjacent et la hauteur de convoyeur

L'angle d'inclinaison (α) et la longueur de convoyeur (c) permettent de calculer la hauteur (b) et l'adjacent (a) :

$$a = c \cdot \cos(\alpha) \tag{3.19}$$

$$b = c \cdot \sin(\alpha) \tag{3.20}$$

La hauteur (b) et l'adjacent (a) peuvent être déterminés par :

$$\cos(\alpha) = \frac{a}{c} \quad \text{d'où} \quad a = c \cdot \cos(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{b}{c} \quad \text{d'où} \quad b = c \cdot \sin(\alpha)$$

Calcul des réactions et les efforts

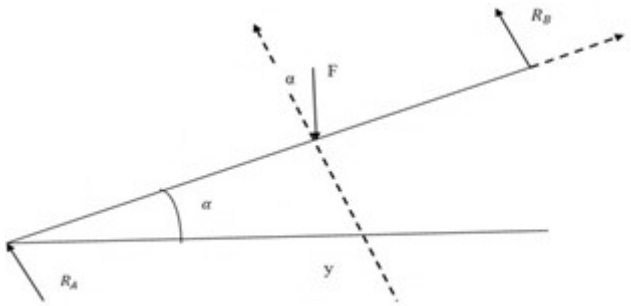


FIGURE 3.18 – Les réactions et les efforts

Calcul des réactions seaux appuis

$$R_A \begin{pmatrix} R_{Ax} \\ R_{Ay} \end{pmatrix} \quad R_B \begin{pmatrix} R_{Bx} \\ R_{By} \end{pmatrix}$$

En appliquant le principe fondamental de la dynamique :

— Si on projette selon (xx), on trouve :

$$\sum \vec{F_{ext}} = \vec{0} \implies \vec{R_A} + \vec{R_B} + \vec{F} = \vec{0} \tag{3.21}$$

$$R_{Ax} - F_x = 0 \quad \text{donc} \quad R_{Ax} = F_x$$

$$F_x = F \times \sin(\alpha) \quad \text{donc} \quad R_{Ax} = F \times \sin(\alpha)$$

$$R_{Ax} = 401.50\,\text{N}$$

— Si on projette selon (yy), on trouve :

$$\sum \vec{F}/y = 0 \Leftrightarrow R_{Ay} - F_y + R_{By} = 0$$
$$F_y = F \times \sin(\alpha) \quad \text{donc} \quad R_{Ay} + R_{By} = F_y$$

A.N :

$$R_{Ay} + R_{By} = 974.9N$$

Calcul du moment de couple :

$$\sum \left(\frac{\vec{M}}{b}\right) = 0 \Leftrightarrow -R_{Ay} \times 900 + F_y \times 400 = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{F_y \times 400}{900}$$

AN :

$$R_{Ay} = 254.84N$$

On remplace dans (2) on trouve :

$$R_{By} = F_y - F_{Ay}$$

AN :

$$R_{By} = 318.56N$$

Calcul de l'effort tranchant

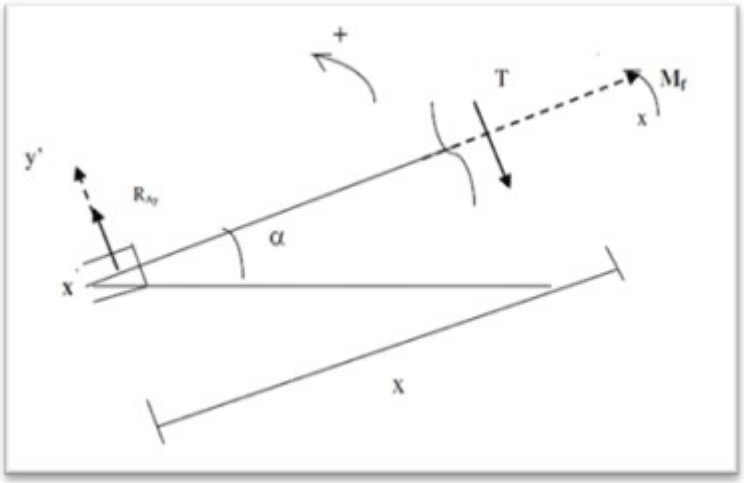


FIGURE 3.19 – L'effort tranchant

Tronçon 1

$$\sum \left(\vec{F/y}\right) = 0 \Leftrightarrow -R_{Ay} + T = 0$$

$$T = R_{Ay}$$

A.N :

$$T = 254.84N$$

Tronçon 2

$$\sum \left(\vec{F/y}\right) = 0 \Leftrightarrow -R_{Ay} + F_y + T = 0$$

$$T = R_{Ay} - F_y$$

A.N :

$$T = 254.84 - 573.4 = -318.56N$$

Calcul du moment fléchissant

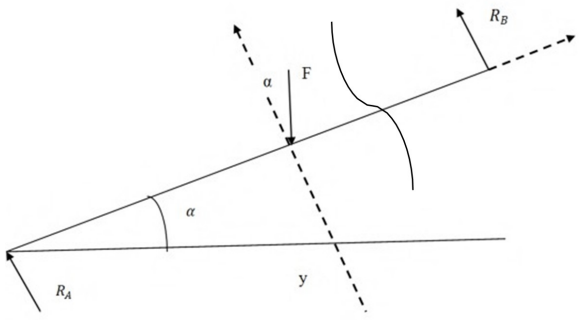


FIGURE 3.20 – Le moment fléchissant

Tronçon 1

$$\sum(\vec{M/b}) = 0 \Leftrightarrow -R_{Ay} \cdot x + M_f = 0 \quad \text{d'où} \quad 0 \leq x \leq 650$$

$$M_f = R_{Ay} \cdot x$$

A.N :

$$M_f = 254.84 \cdot x$$

$$\text{Pour} \begin{cases} x = 0 \leftrightarrow M_f = 0N \\ x = 650 \leftrightarrow M_f = 165646N \end{cases}$$

Tronçon 2

$$\sum(\vec{M/b}) = 0 \Leftrightarrow -R_{Ay} \cdot x + F_y \cdot (x - 1300) + M_f = 0$$

$$M_f = R_{Ay} \cdot x - F_y \cdot (x - 1300)$$

A.N :

$$\text{Pour} \begin{cases} x = 650 \leftrightarrow M_f = 165646N.mm \\ x = 1300 \leftrightarrow M_f = 292331N.mm \end{cases}$$

3.9.2 Les principaux éléments du convoyeur

Le plus important dans le convoyeur est sa capacité à résister aux contraintes de flexion, à maintenir l'équilibre du système et à relier les autres pièces du convoyeur.

Tambour

Le diamètre inférieure du tambour = $100mm$, le diamètre intérieure = $62mm$, la longueur = $820mm$.

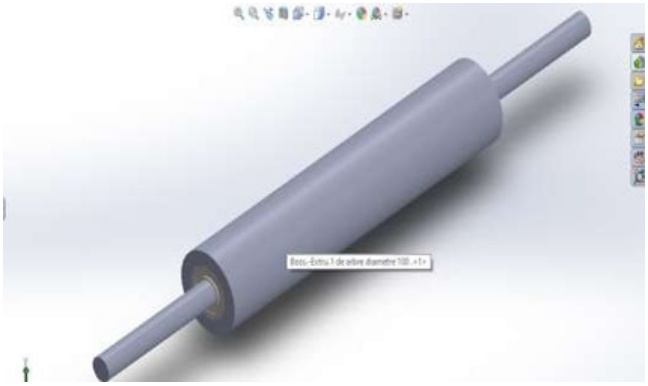


FIGURE 3.21 – Représentation du tambour par SolidWorks

La partie intérieure du tambour

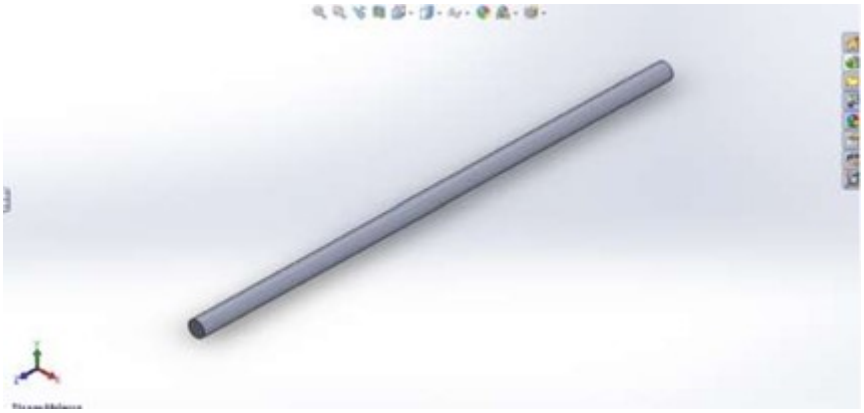


FIGURE 3.22 – Représentation de la partie intérieure du tambour par SolidWorks

La partie inférieure du tambour



FIGURE 3.23 – Représentation de la partie inférieure du tambour par SolidWorks

L'arbre horizontale



FIGURE 3.24 – Représentation de l'arbre horizontale par SolidWorks

Calcul de la contrainte de l'arbre horizontale
Le τ de l'arbre horizontale est donné par :

$$\tau = \frac{F}{S} \tag{3.22}$$

où F est la force appliquée et S est la section transversale de l'arbre.

La section transversale s de l'arbre est donnée par :

$$s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{3.23}$$

où d est le diamètre de l'arbre.

Et nous avons de ce qui précède : $F = 700N$
A.N :

$$\tau = 0.031kg/mm^2$$

Le tapis à bande : Le tapis à bande est l'outil qui assure le mouvement et le déplacement des produits.

3.9.3 Calcul la résistance du convoyeur

En utilisant le logiciel RDM7 et afin de nous assurer de la résistance globale du convoyeur (flèche), nous avons calculé la charge équivalente de $7455.6N$ sur la barre horizontale de forme écrouée, comme indiqué sur la figure 39. La longueur inférieure est de 100 mm et la longueur intérieure est de $70mm$.

Matériel	**Valeur**
Module de Young	$203000MPa$
Coefficient de Poisson	0.29
Module de cisaillement	$78682MPa$
Masse volumique	$7850kg/m^3$
Coefficient de dilatation	$15.00E-6/K$
Limite élastique	$200.00MPa$
Conductivité thermique	$35.00W/(m.K)$
Capacité thermique massique	$476.43J/(kg.K)$

TABLE 3.6 – Caractéristique mécanique des matériaux utilisés

La résistance de la poutre horizontale

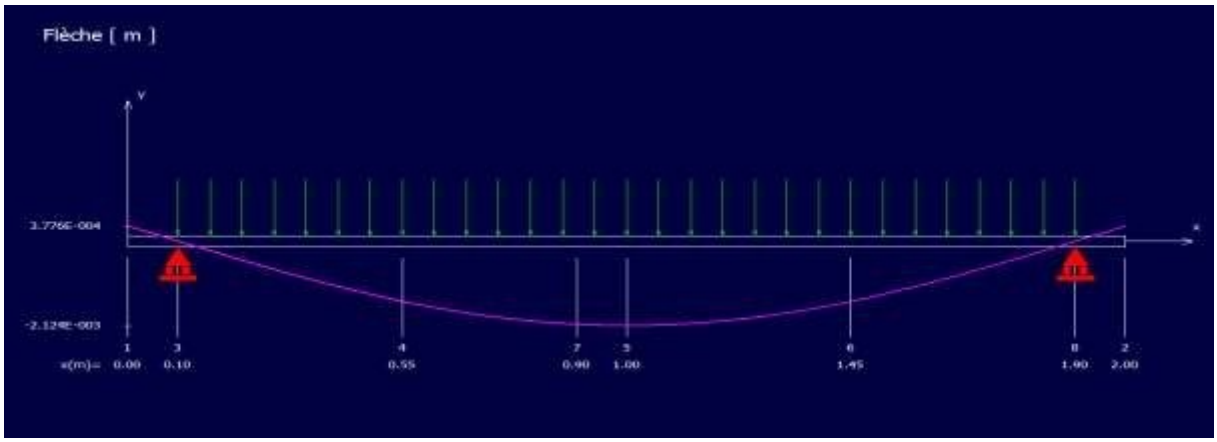


FIGURE 3.25 – La géométrie de la barre horizontale

Après simulation, nous remarquons que la valeur de la flèche la plus importante est enregistrée au milieu du convoyeur. Cependant, cette valeur est très petite, s'élevant à $2.124mm$, ce qui est considéré comme acceptable.

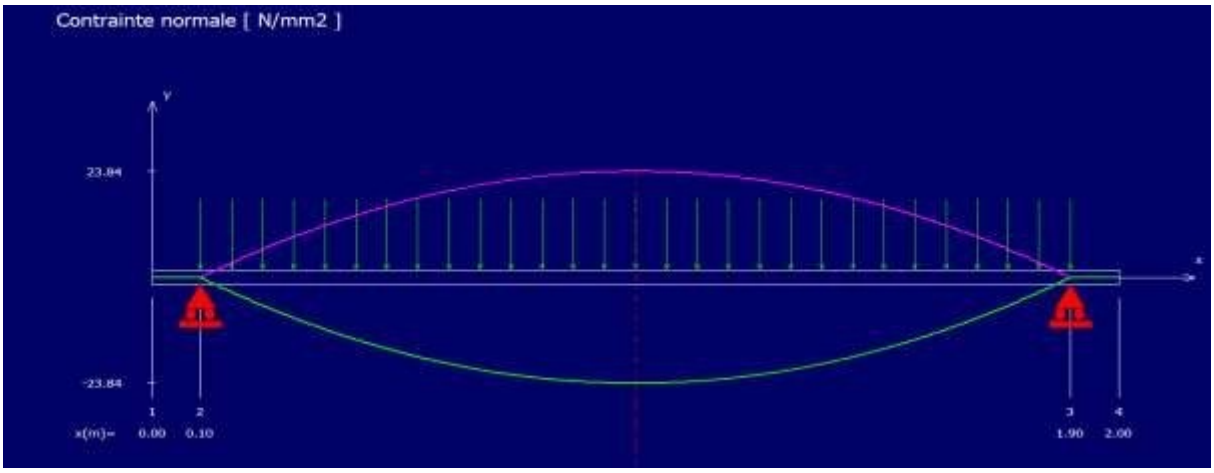


FIGURE 3.26 – Contrainte normale maximale

Carré creux : $c = 100.0mm$, $e = 15.0mm$
Aire $= 51.00cm^2$
Moment quadratique : $I_z = 633.25cm^4$
Poids de la structure $= 800.70N, g = 10.00m/s^2$
Moment fléchissant maximal $= 3019.52N.m$
Contrainte normale maximale $= 23.84N/mm^2$

3.9.4 Calcul de pression

La somme des pressions et des énergies mécaniques par unité de volume est constante tout le long du tube de courant, ce qui est traduit par le théorème de Bernoulli et donné

par la forumule suivante :

$$p + \rho g h + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{Cst} \tag{3.24}$$

Pression cinétique + Pression de pesanteur + énergie de pression = constante
Où :

p est la pression statique en Pascals (Pa)
ρ est la masse volumique en Kg/m^3
v est la vitesse du fluide en m/s
g est la gravité terrestre ($9.81 m/s^2$)
h est le dénivelé vertical du conduit en mètres
$\rho g h$ est la pression de pesanteur ou énergie potentielle.
$\frac{1}{2}\rho v^2$ est la pression cinétique ou énergie cinétique.

Les données disponibles sont les suivantes :

$$h_0 = 0.7m \quad ; \quad h_1 = 0m \quad ; \quad h_2 = 0.4m \quad ; \quad h_3 = 1.26m \quad ; \quad h_4 = 0.8m$$

$$\rho = 1000kg/m^3 \quad ; \quad p_0 = 101325Pa \quad ; \quad g = 9.81kg/s^2 \quad ; \quad Q_{Vtotal} = 5.4m^3/h$$

$$PH = 0.75kW \quad ; \quad \frac{\Delta P}{\rho g} = HMT \quad ; \quad \Delta P = \frac{PH}{Q_v}$$

PH : La puissance.
ΔP : Les pertes de charges en Pa.
Q_v : La masse volumique en m^3/s.
HMT : Hauteur Manométrique Totale en mètres.

En appliquant le théorème de Bernoulli, on trouve :

$$p_0 + \rho g h_0 + \frac{1}{2}\rho v_0^2 = p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2$$

Par conduction : $h_1 = 0 \quad$ et $\quad v_0 = 0$
Donc :

$$p_0 + \rho g h_0 = p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2$$

Calcule la pression P1 :

$$p_1 = p_0 + \rho g h_0 - \frac{1}{2}\rho v_1^2$$

AN :

$$p_1 = 101325 + 1000 \times 9.81 \times 0.7 - 1/21000 \times 1.72^2$$

$$p_1 = 95937.2\text{Pa}$$

Calcule la pression P2 :

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \Delta P$$

On a $v_1 = v_2$, donc on peut appliquer :

$$p_2 = p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 - \rho g h_2 - \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \Delta P$$

A.N :

$$p_2 = 95937.2 - 1000 \times 9.81 \times 0.4 + 138.88$$

$$p_2 = 92152.08\,\text{Pa}$$

Calcul la pression P3

$$p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = p_3 + \rho g h_3 + \frac{1}{2}\rho v_3^2$$

Donc :

$$p_3 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \rho g h_3 - \frac{1}{2}\rho v_3^2$$

A.N :

$$p_3 = 92152.08 + 1000 \times 9.81 \times 0.4 + \frac{1}{2} \times 1000 \times 1.72^2 - 1000 \times 9.81 \times 1.26 - \frac{1}{2} \times 1000 \times 1.92^2$$

$$p_3 = 83315.48\,\text{Pa}$$

Calcul la pression P4

$$p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = p_4 + \rho g h_4 + \frac{1}{2}\rho v_4^2$$

Donc

$$p_4 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \rho g h_4 - \frac{1}{2}\rho v_4^2$$

A.N :

$$p_4 = 92152.08 + 1000 \times 9.81 \times 0.4 + \frac{1}{2} \times 1000 \times 1.72^2 - 1000 \times 9.81 \times 0.8 - \frac{1}{2} \times 1000 \times 0.96^2$$

$$p_4 = 89246.48\,\text{Pa}$$

Calcul la Hauteur Manométrique Totale (HMT) de la pompe à eau

$$\frac{p_1}{\rho g} + h_1 + \frac{1}{2}\left(\frac{v_1^2}{g}\right) = \frac{p_2}{\rho g} + h_2 + \frac{1}{2}\left(\frac{v_2^2}{g}\right) - \frac{\Delta P}{\rho g}$$

Par conduction, $v_1 = v_2$ et $h_1 = 0$.
A.N :

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = HMT = 0.4 + \frac{92152.08}{1000 \times 9.81} - \frac{95937.2}{1000 \times 9.81}$$

$$HMT = 0.014\,\text{m}$$

$$\Delta P = \frac{p_H}{Q_V} = 138.88$$

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{138.88}{1000 \times 9.81} = 0.014\,\text{m}$$

Calcul du débit volumique d'une buse 1 et 2

$$Q_V = V \times S \quad ; \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

d'où :
V est la vitesse du fluide en m/s.
S est la surface du conduit en m^2.
d est le diamètre du conduit en m.

On a : $Q_{Vtotal} = 5.4\,\text{m}^3/\text{h} = 1.5\text{l/s} \quad ; \quad d_1 = 0.33\text{m}$
A.N :

$$v_1 = 1.72\,\text{m/s} \quad \text{et} \quad v_1 = v_2$$

Calcul du débit volumique d'une buse 3

$$Q_{V5} = v_5 \times s_5$$

La vitesse d' eau en buse $v_5 = 2m/s$
Diamètre de buse = 8mm
AN :

$$Q_{V4} = 0.00010048m^3/s$$

Diamètre de conduit d_2 = 0.02 m
Donc :

$$Q_{V3} = 0.0060288m^3/s$$

Q_{V3} : débit volumique de conduit 3.
Diamètre de conduit d_3= 0.025 m
Donc :

$$v_3 = 1.92m/s$$

Calcul du débit volumique d'une buse 4

$$Q_{V6} = v_6 s_6$$

La vitesse d'eau en buse v_6=1 m/s
Diamètre de buse = 10mm
AN :

$$Q_{V6} = 7.8510^{-5} m^3/s$$

Diamètre de conduit= 0.025m
Donc :

$$Q_{V4} = 0.000471 m^3/s$$

Q_{V4} : débit volumique de conduit 4.
Donc :

$$v_4 = 0.96 m/s$$

3.10 Conclusion

En conclusion, nous avons pu dans ce chapitre déterminer toutes les forces associées à la nettoyeuse. Les résultats obtenus nous permettent de mieux appréhender les exigences relatives au fonctionnement de la nettoyeuse. Ces calculs ont permis d'évaluer les forces impliquées et de définir les paramètres clés nécessaires à la conception et à la performance de la nettoyeuse.

Chapitre 4

Conception et réalisation d'une nettoyeuse

4.1 Simulation sur SolidWorks

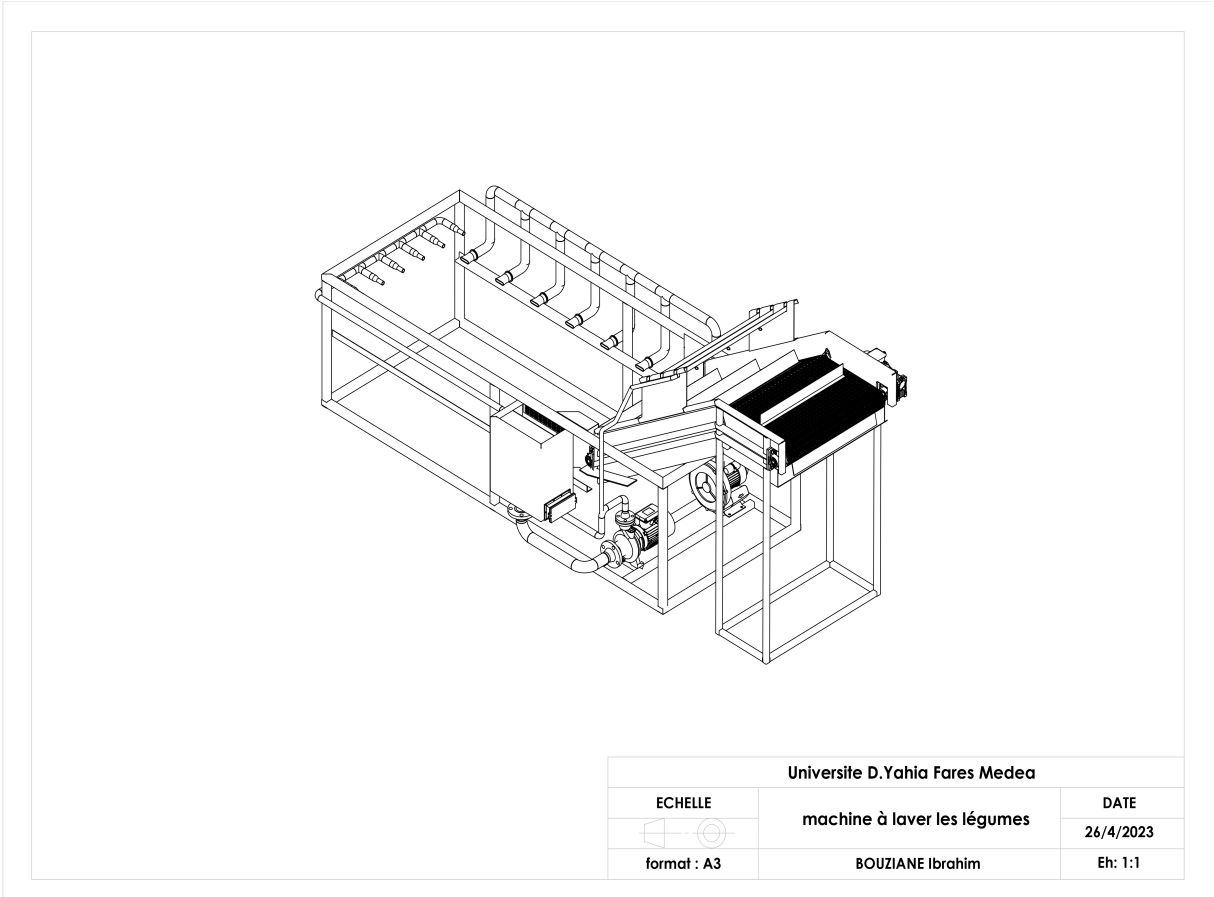


FIGURE 4.1 – Simulation de la nettoyeuse

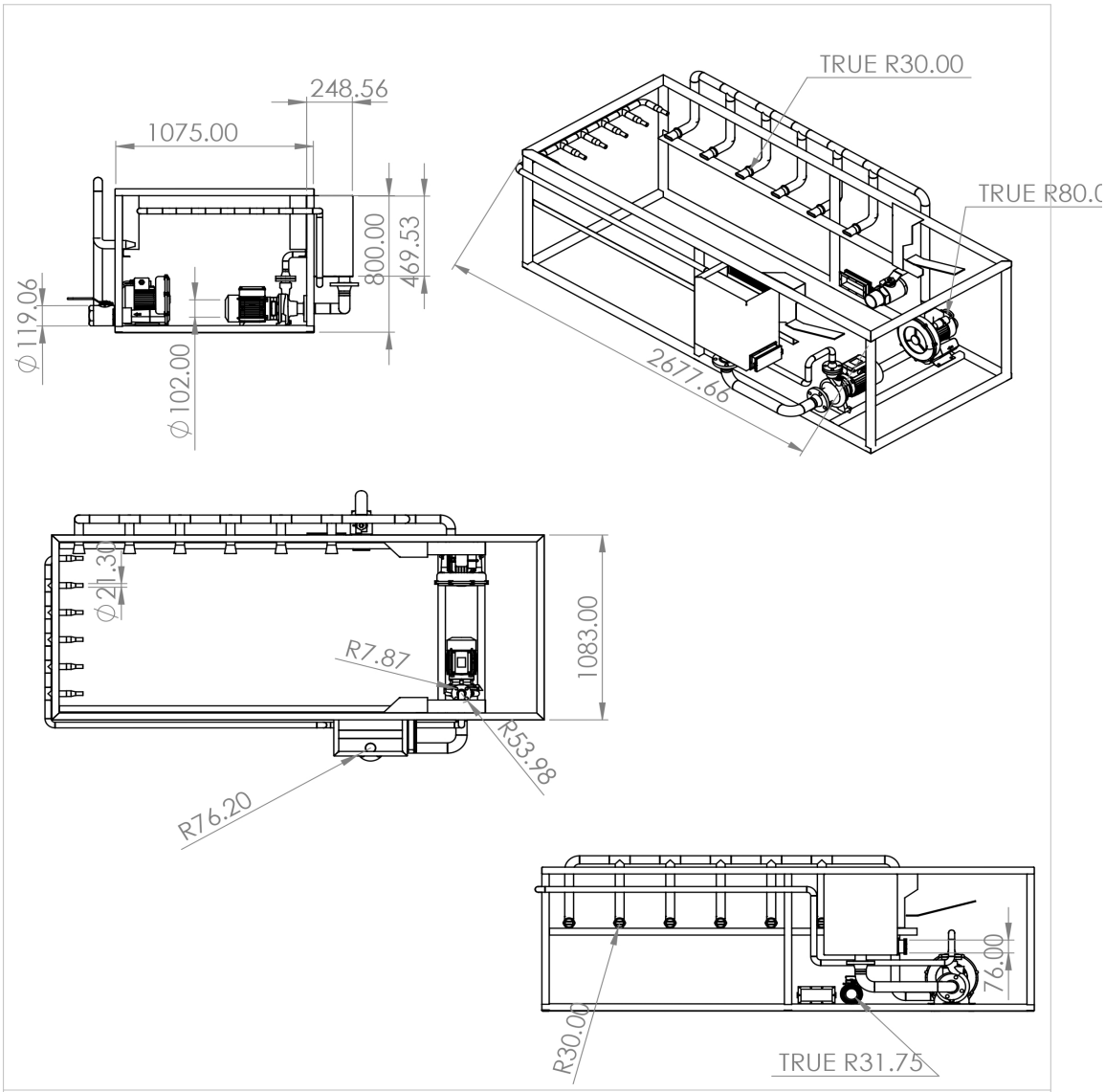
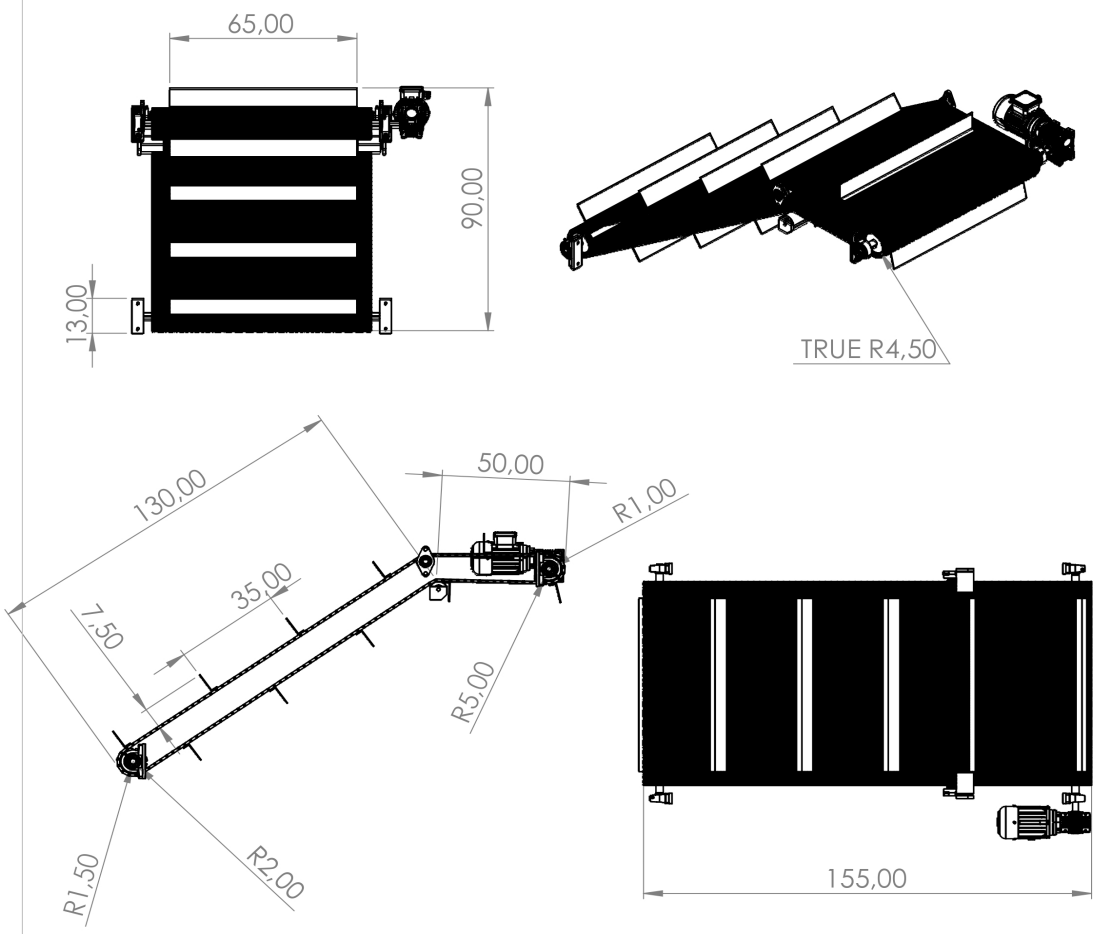


FIGURE 4.2 – Simulation du transport d'eau



Universite D.Yahia Fares Medea		
ECHELLE	convoyeur	**DATE**
		26.04.2023
format : A4	BOUZIANE Ibrahim	**Eh: 1:1**

FIGURE 4.3 – Simulation du convoyeur

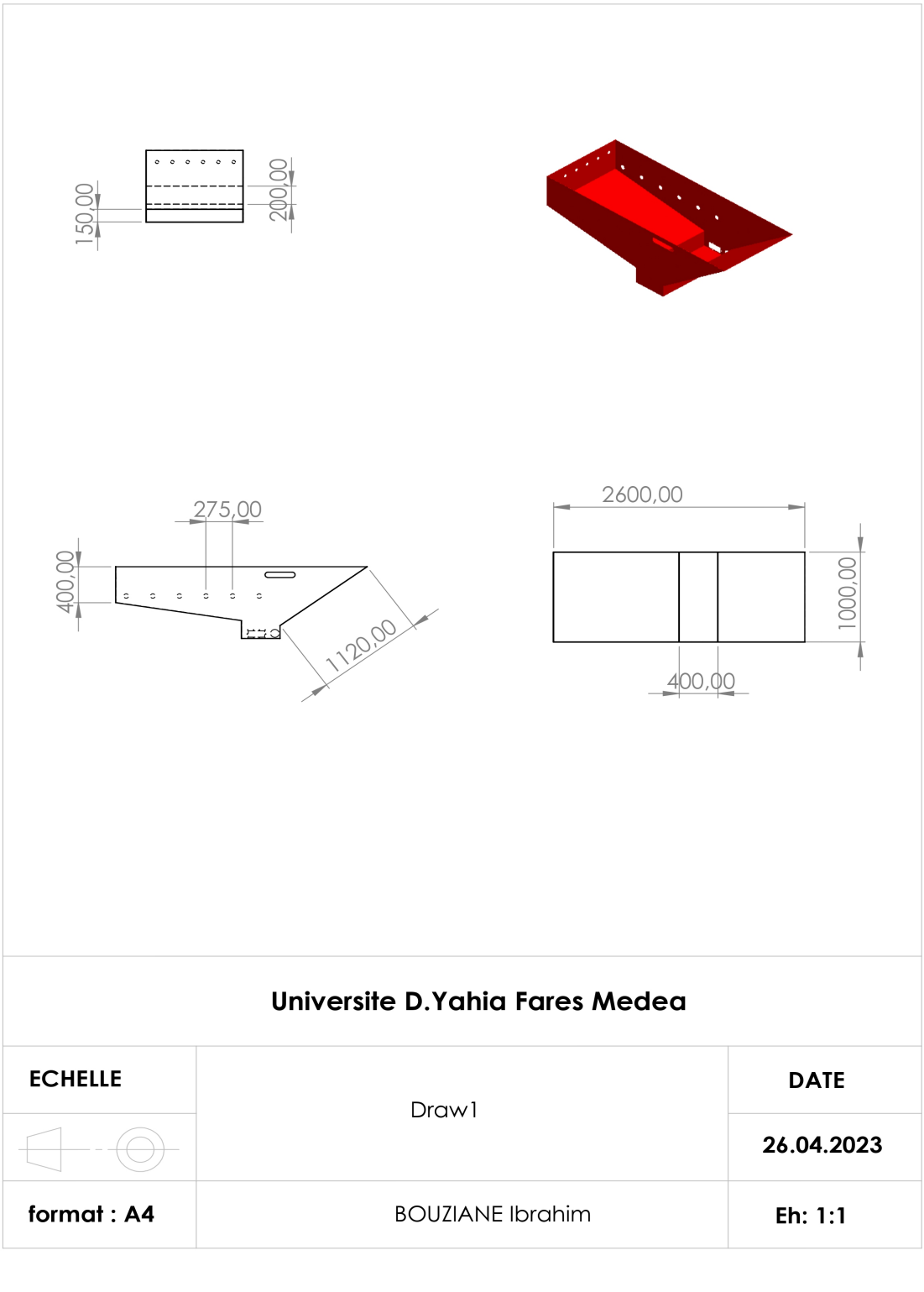


FIGURE 4.4 – Simulation du réservoir

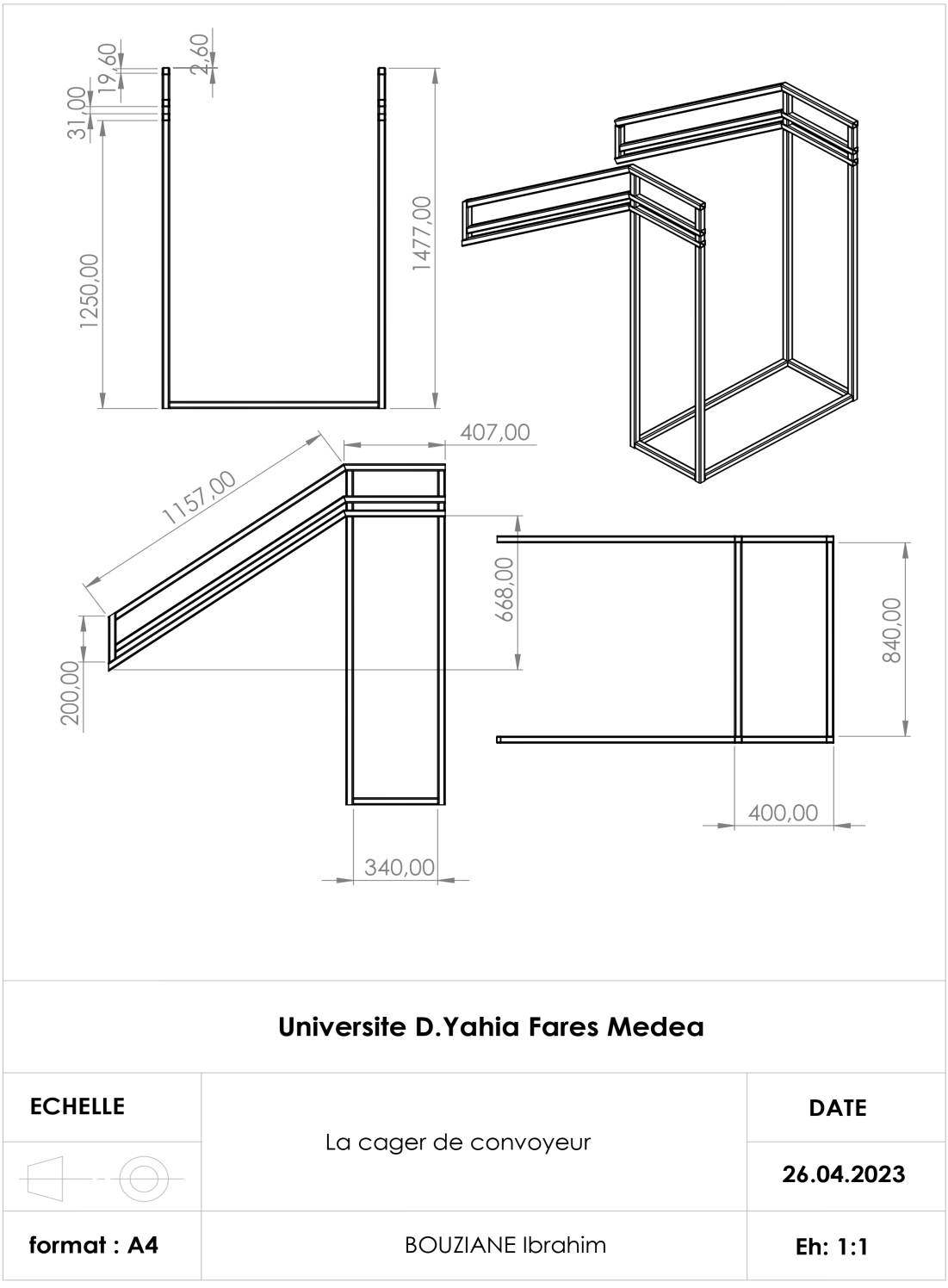


FIGURE 4.5 – Simulation de la cage du convoyeur

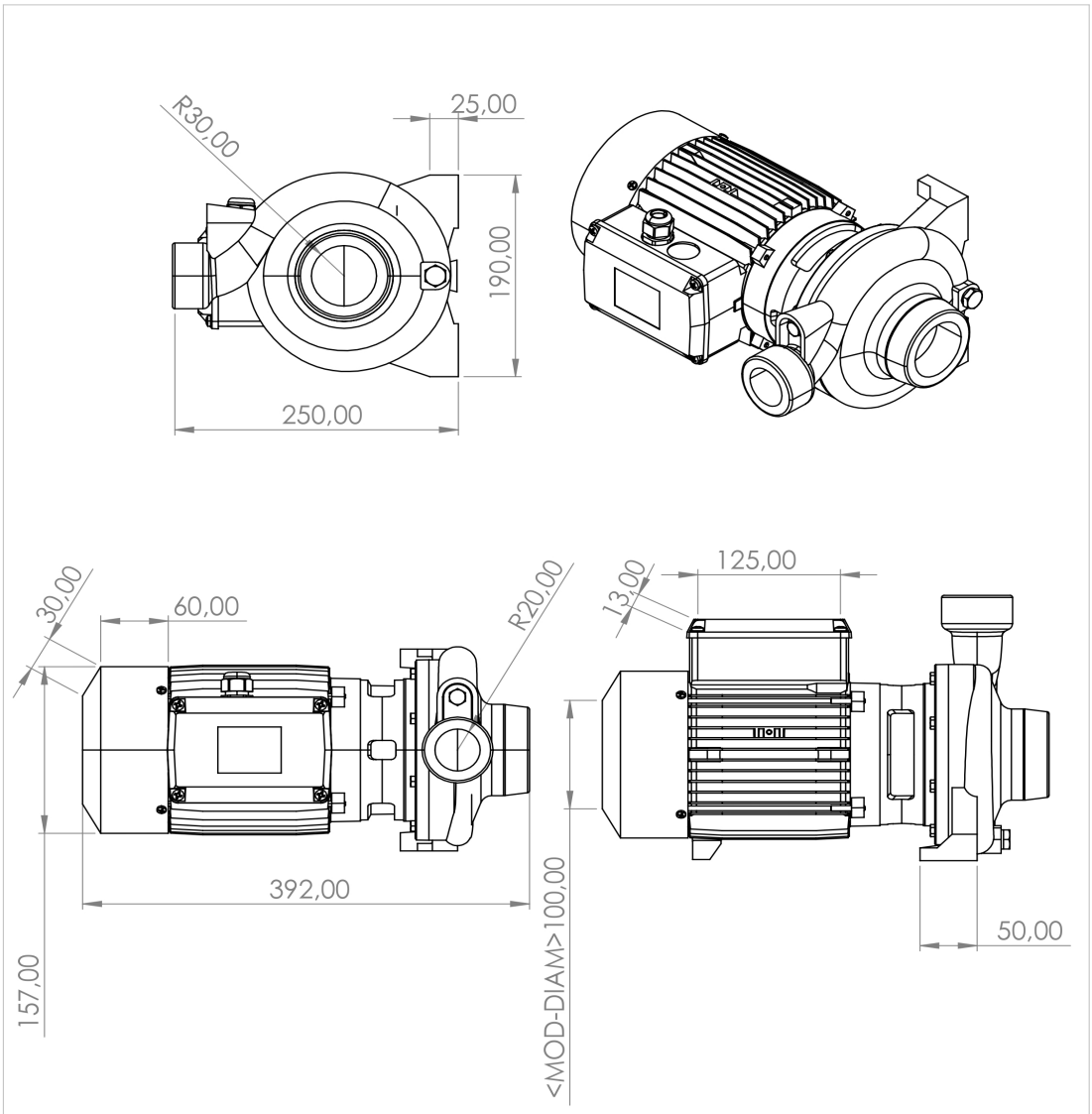
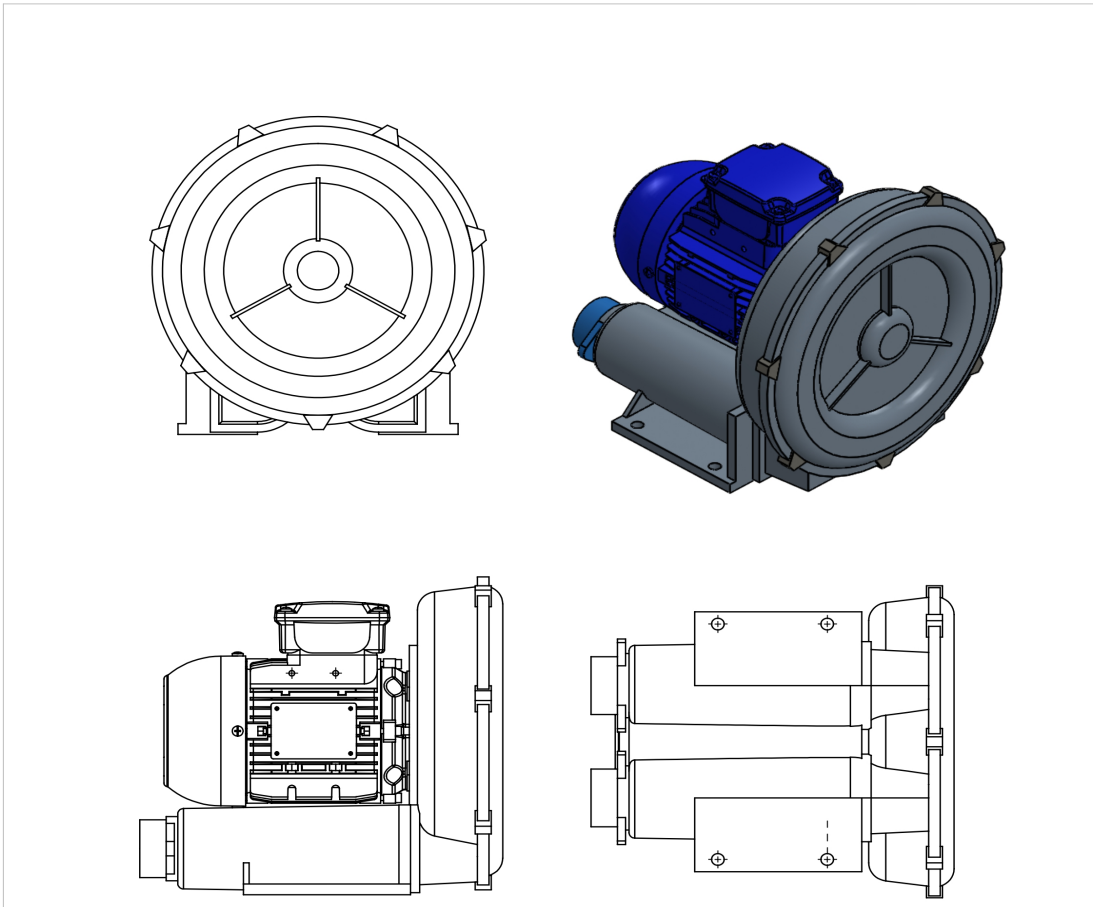


FIGURE 4.6 – Simulation de la pompe de l'eau



Universite D.Yahia Fares Medea		
ECHELLE	10. Air blower(1)	**DATE**
		26.04.2023
format : A4	BOUZIANE Ibrahim	**Eh: 1:1**

FIGURE 4.7 – Simulation de la pompe de l'eau

Conclusion Générale

En conclusion, ce mémoire met en évidence l'importance du lavage des fruits et légumes pour assurer la sécurité alimentaire et la propreté des produits agricoles. Bien que le lavage manuel soit une pratique courante, l'utilisation de machines à laver les fruits et légumes offre des avantages significatifs en termes de commodité, de gain de temps et d'efficacité.

L'étude s'est concentrée sur l'efficacité des nettoyeurs de produits agricoles. L'analyse approfondie et la simulation effectuées grâce à SolidWorks ont permis d'identifier les facteurs critiques influençant les performances des nettoyeurs. Des solutions ont été proposées pour améliorer la fonctionnalité et la fiabilité de ces machines. La sélection adéquate des matériaux et des composants, ainsi que les dimensions appropriées, ont été abordées pour assurer la construction efficace de nettoyeur. De plus, l'évaluation des forces mécaniques, des vitesses et des moments appliqués aux composants a permis d'assurer la robustesse et la résistance des machines.

Perspectives

Il est important de souligner que notre travail ne s'arrête pas là. Des perspectives d'amélioration significatives peuvent être envisagées pour optimiser davantage la réalisation de la machine nettoyeuse des produits agricoles.

Une des perspectives majeures est l'introduction de systèmes de commande automatique. L'incorporation de ces systèmes permettra une automatisation plus poussée du processus de nettoyage, ce qui permettra d'économiser de l'énergie et d'augmenter l'efficacité globale de la machine. Les systèmes de commande automatique pourront être utilisés pour réguler la vitesse des convoyeurs, ajuster les paramètres de nettoyage en fonction du type de produit agricole traité, surveiller les niveaux d'impuretés, et bien plus encore.

L'introduction de systèmes de commande automatique présente également des avantages en termes de qualité et de sécurité des produits agricoles. Ces systèmes permettront de garantir des conditions de nettoyage constantes et optimales, réduisant ainsi les risques de contamination croisée et assurant une qualité supérieure des produits.

De plus, ils peuvent intégrer des mécanismes de détection des corps étrangers ou des impuretés dangereuses, renforçant ainsi les normes de sécurité alimentaire.

Une des perspectives majeures également est de concrétiser les résultats de cette étude en fabriquant un prototype fonctionnel d'un nettoyeur de produits agricoles optimisé. La création d'un prototype permettrait de mettre en pratique les recommandations et les solutions proposées pour améliorer la fonctionnalité et la fiabilité des nettoyeurs. En procédant à des tests réels, il serait possible de valider l'efficacité de la conception et d'apporter d'éventuelles améliorations pour optimiser davantage les performances du nettoyeur.

De plus, la fabrication d'un prototype fonctionnel pourrait également constituer une opportunité pour créer une startup et commercialiser le produit sur le marché. La demande croissante de solutions pratiques et efficaces pour le lavage des fruits et légumes ouvrirait des perspectives commerciales intéressantes. La startup pourrait se positionner en tant que fournisseur de nettoyeurs de produits agricoles de haute qualité, offrant des avantages en termes de commodité, de gain de temps et de sécurité alimentaire.

En résumé, notre projet de fin d'études a permis la réalisation d'une machine nettoyeuse des produits agricoles, tout en ouvrant la voie à des améliorations futures grâce à l'introduction de systèmes de commande automatique. Ces avancées contribueront à optimiser les processus de nettoyage, à économiser l'énergie, à augmenter la qualité des produits et à renforcer la sécurité alimentaire. Nous sommes convaincus que ces perspectives ouvriront de nouvelles opportunités pour l'industrie agricole et amélioreront les normes de qualité des produits agricoles.

Bibliographie

[1] « The Importance of Washing Produce ». In : *Food Safety Magazine* ().

[2] « Washing Produce : Machines, Best Practices And More ». In : *Food Safety Magazine* ().

[3] AGRICULTURE.COM. *What Is an Agricultural Washing Machine ?* URL : https://www.agriculture.com/farm-management/technology/what-is-an-agricultural-washing-machine.

[4] Everyday MYSTERIES. *Invention of Vegetable Washer*. Library of Congress. URL : https://www.loc.gov/everyday-mysteries/item/invention-of-vegetable-washer/.

[5] Charles LÛMES. « The Invention of Vegetable and Fruit Washing Machines ». In : *Historical Journal of Food Technology* XIX.2 (1889), p. 123-135.

[6] John S. WRIGHT. « Patent for the First Fruit and Vegetable Washer ». In : *Journal of Food Technology Patents* 3.4 (1878), p. 321-324.

[7] J. D. SMITH et A. B. JOHNSON. « Brush-type Cleaning Machines : Advancements and Applications ». In : *Cleaning Technology Review* 15.2 (2022), p. 78-92.

[8] S. M. JONES et L. R. WILLIAMS. « Ultrasonic Surf-Type Cleaning Machines : A Comprehensive Review ». In : *Journal of Cleaning Technology* 10.3 (2022), p. 152-169.

[9] J. SMITH et A. JOHNSON. « Rotary Drum Washing Machine : Design and Performance Analysis ». In : *Journal of Cleaning Technology* 12.4 (2023), p. 256-270.

[10] J. DOE et A. SMITH. « Vegetable Bleaching Machine : A Comparative Study of Efficiency and Quality ». In : *Journal of Food Processing* 18.2 (2023), p. 123-137.

[11] *Industrial Bubble Washing Machine - Kiwi and Fruit Washer*. Consulté le 18 juin 2023. URL : https://french.alibaba.com/product-detail/Industrial-Bubble-Washing-Machine-Kiwi-And-1600396540532.html.

[12] Michael M. MIKULAK et George D. SARAVACOS. *Food Processing Equipment*. Boca Raton, FL : CRC Press, 2014. ISBN : 978-1-4665-6722-1.

[13] *USOCOME*. URL : https://www.usocome.com.

[14] K.R. e.K. BACHIR. « Automatisation d'une chaudiere LOOS avec un automate programmable S7-300 à l'unité chaufferie au complexe Cevital ». Thèse de doct.

[15] BTS ELECTRO TECHNIQUE. *Chapitre 2: Transmission de puissance sans transformation de mouvement*.

[16] « Étude d'un convoyeur et installation d'une navette automatisée de transport de palettes ».

[17] *Conception, Étude, Réalisation de Machines Automatisées et Convoyeurs*.

[18] « ASHRAE Journal - Journal of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ». In : *ASHRAE Journal* ().

[19] BUSES DE PULVÉRISATION. *L'industrie chimique*. URL : `https://www.busesdepulverisation.fr/industries/l%5C%27industrie-chimique`.

[20] Abdessami SOYED. *Cours électricité industrielle*.

Annexe A



IP 55 - S1
Cl. F - ΔT 80 K

RÉSEAU Δ 230 / Y 400 V ou Δ 400 V 50 Hz

IE1

Type	Puissance nominale P_N kW	Vitesse nominale N_N min⁻¹	Moment nominal M_N N.m	Intensité nominale $I_{N(400V)}$ A	Facteur de puissance Cos φ 4/4	3/4	2/4	Rendement[a] CEI 60034-2-1; 2007 η 4/4	3/4	2/4	Courant démarrage/ Courant nominal I_d/I_N	Moment démarrage/ Moment nominal M_d/M_N	Moment maximum/ Moment nominal M_M/M_N	Moment d'inertie J kg.m²	Masse IM B3 kg	Bruit LP db(A)
LS 56 M	0,06	1380	0,4	0,29	0,76	0,69	0,62	41,8	37,1	29,7	2,8	2,4	2,5	0,00025	4	47
LS 56 M	0,09	1400	0,6	0,39	0,6	0,52	0,42	55,2	49,6	42,8	3,2	2,8	2,8	0,00025	4	47
LS 63 M	0,12	1380	0,8	0,44	0,7	0,58	0,47	56,1	53,9	46,8	3,2	2,4	2,3	0,00035	4,8	49
LS 63 M	0,18	1390	1,2	0,64	0,65	0,55	0,44	61,6	58	51,3	3,7	2,6	2,6	0,00048	5	49
LS 71 M	0,25	1425	1,7	0,8	0,65	0,55	0,44	69,4	66,8	59,8	4,6	2,7	2,9	0,00068	6,4	49
LS 71 M	0,37	1420	2,5	1,06	0,7	0,59	0,47	72,1	71,7	66,4	4,9	2,4	2,8	0,00085	7,3	49
LS 71 L	0,55	1400	3,8	1,62	0,7	0,62	0,49	70,4	70	65,1	4,8	2,3	2,5	0,0011	8,3	49
LS 80 L	0,55	1410	3,7	1,42	0,76	0,68	0,55	73,2	69,1	62,1	4,5	2,0	2,3	0,0013	8,2	47
LS 80 L	0,75	1400	5,1	2,01	0,77	0,71	0,59	**72,1**	72,8	70,1	4,5	2,0	2,2	0,0018	9,3	47
LS 80 L	0,9	1425	6,0	2,44	0,73	0,67	0,54	**73,2**	72,9	70,3	5,8	3,0	3,0	0,0024	10,9	47
LS 90 S	1,1	1429	7,4	2,5	0,84	0,77	0,64	**76,7**	78,2	76,6	4,8	1,6	2,0	0,0026	11,5	48
LS 90 L	1,5	1428	10,0	3,4	0,82	0,74	0,6	**79,3**	79,9	77,5	5,3	1,8	2,3	0,0032	13,5	48
LS 90 L	1,8	1438	12,0	4	0,82	0,75	0,61	**79,4**	80	77,6	6	2,1	3,2	0,0037	15,2	48
LS 100 L	2,2	1436	14,6	4,8	0,81	0,73	0,59	**80,3**	81,2	79,3	5,9	2,1	2,5	0,0043	20	48

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activ

FIGURE ANNEXE A.1 – Grille de sélection du moteur

Annexe B

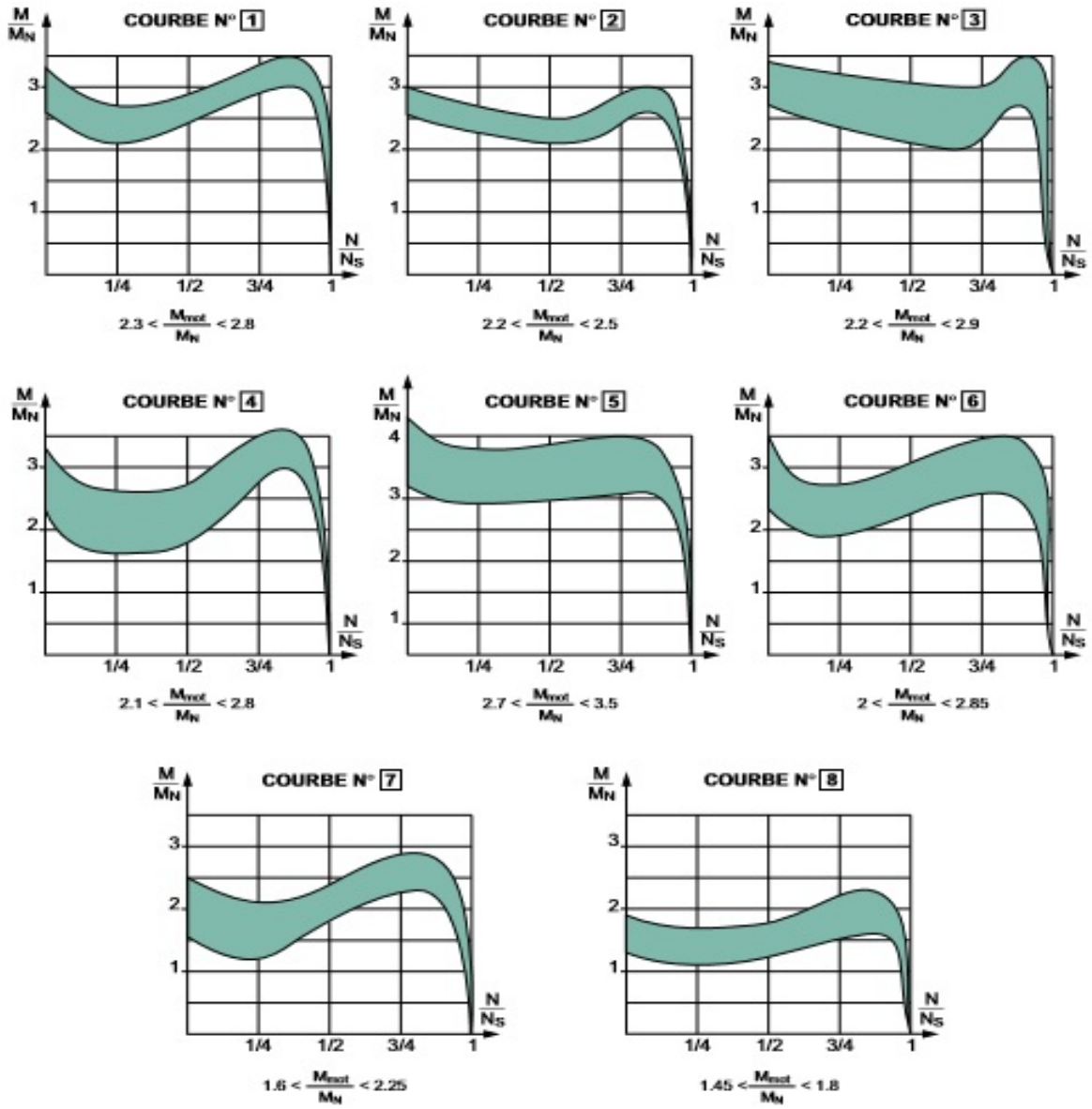


FIGURE ANNEXE B.1 – Courbes de couple en fonction de la vitesse

Annexe C

	PSI	DROP SIZE		CAPACITY ONE NOZZLE IN GPM	CAPACITY ONE NOZZLE IN OZ./MIN.	20° GPA								GALLONS PER 1000 SQ. FT.			
		80°	110°			4 MPH	5 MPH	6 MPH	8 MPH	10 MPH	12 MPH	15 MPH	20 MPH	2 MPH	3 MPH	4 MPH	5 MPH
DG80015† DG110015 (100)	30	M	M	0.13	17	9.7	7.7	6.4	4.8	3.9	3.2	2.6	1.9	0.44	0.29	0.22	0.18
	35	M	M	0.14	18	10.4	8.3	6.9	5.2	4.2	3.5	2.8	2.1	0.48	0.32	0.24	0.19
	40	M	F	0.15	19	11.1	8.9	7.4	5.6	4.5	3.7	3.0	2.2	0.51	0.34	0.26	0.20
	50	M	F	0.17	22	12.6	10.1	8.4	6.3	5.0	4.2	3.4	2.5	0.58	0.39	0.29	0.23
	60	F	F	0.18	23	13.4	10.7	8.9	6.7	5.3	4.5	3.6	2.7	0.61	0.41	0.31	0.24
DG8002† DG11002 (50)	30	M	M	0.17	22	12.6	10.1	8.4	6.3	5.0	4.2	3.4	2.5	0.58	0.39	0.29	0.23
	35	M	M	0.19	24	14.1	11.3	9.4	7.1	5.6	4.7	3.8	2.8	0.65	0.43	0.32	0.26
	40	M	M	0.20	26	14.9	11.9	9.9	7.4	5.9	5.0	4.0	3.0	0.68	0.45	0.34	0.27
	50	M	M	0.22	28	16.3	13.1	10.9	8.2	6.5	5.4	4.4	3.3	0.75	0.50	0.37	0.30
	60	M	M	0.24	31	17.8	14.3	11.9	8.9	7.1	5.9	4.8	3.6	0.82	0.54	0.41	0.33
DG8003† DG11003 (50)	30	C	C	0.26	33	19.3	15.4	12.9	9.7	7.7	6.4	5.1	3.9	0.88	0.59	0.44	0.35
	35	M	M	0.28	36	21	16.6	13.9	10.4	8.3	6.9	5.5	4.2	0.95	0.63	0.48	0.38
	40	M	M	0.30	38	22	17.8	14.9	11.1	8.9	7.4	5.9	4.5	1.0	0.68	0.51	0.41
	50	M	M	0.34	44	25	20	16.8	12.6	10.1	8.4	6.7	5.0	1.2	0.77	0.58	0.46
	60	M	M	0.37	47	27	22	18.3	13.7	11.0	9.2	7.3	5.5	1.3	0.84	0.63	0.50
DG8004† DG11004 (50)	30	C	C	0.35	45	26	21	17.3	13.0	10.4	8.7	6.9	5.2	1.2	0.79	0.60	0.48
	35	C	C	0.37	47	27	22	18.3	13.7	11.0	9.2	7.3	5.5	1.3	0.84	0.63	0.50
	40	C	M	0.40	51	30	24	19.8	14.9	11.9	9.9	7.9	5.9	1.4	0.91	0.68	0.54
	50	M	M	0.45	58	33	27	22	16.7	13.4	11.1	8.9	6.7	1.5	1.0	0.77	0.61
	60	M	M	0.49	63	36	29	24	18.2	14.6	12.1	9.7	7.3	1.7	1.1	0.83	0.67
DG8005† DG11005 (50)	30	C	C	0.43	55	32	26	21	16.0	12.8	10.6	8.5	6.4	1.5	0.97	0.73	0.58
	35	C	C	0.47	60	35	28	23	17.4	14.0	11.6	9.3	7.0	1.6	1.1	0.80	0.64
	40	C	C	0.50	64	37	30	25	18.6	14.9	12.4	9.9	7.4	1.7	1.1	0.85	0.68
	50	M	M	0.56	72	42	33	28	21	16.6	13.9	11.1	8.3	1.9	1.3	0.95	0.76
	60	M	M	0.61	78	45	36	30	23	18.1	15.1	12.1	9.1	2.1	1.4	1.0	0.83

FIGURE ANNEXE C.1 – Caractéristiques des buses d'eau