République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Dr YAHIA Fares de MEDEA

Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Electromécanique
Option: Mécatronique

Intitulé

Conception d'une ligne automatique de remplissage de liquide

Présenté par :

- MARMOUZ Noureddine
- BOUSSAHOUA Samir

Devant le jury :

- ABUDURA Salam
- GACEMI Abderezak
- KARA .R
- GUEMANA Mouloud

Année Universitaire 2017-2018

Résumé

Ce projet concerne à la conception d'une ligne automatique de remplissage de liquide, dans le but d'augmenter le taux de production. La première étape est de caractérisé le type de système de remplissage pour l'étudier, et de recherché des solutions technico-technologiques pour choisir des pièces de système sous les normes et les simulés sous le logiciel SOLIDWORKS afin d'assurer la fiabilité des composants. Le dernier point est l'automatisation des postes de la ligne de remplissage, qui est effectuée au moyen d'un automate SIEMENS S300 et à l'aide du logiciel STEP7.

Mots clés :
STEP 7, SolidWorks, Ligne de remplissage, Automatisation, grafcet, Ladder, Conception.

Abstract

This project concerns the design of an automatic liquid filling line, in order to increase the production rate. The first step is to characterize the type of filling system to study it, and to search for technical and technological solutions in order to select system parts up to the standards and then simulated them in the software SOLIDWORKS in order to ensure the reliability of the components. The last point is the automation of the filling line stations, which is carried out using a SIEMENS S300 PLC and using the STEP7 software.7

Key words :
STEP 7, SolidWorks, Filling line, Automatisation, grafcet, Ladder, Conception.

ملخص

هذا العمل يتعلق بتصميم خط اوتوماتيكي لتعبئة السائل في القارورات، بهدف زيادة معدل الإنتاج.
تتمثل الخطوة الأولى في وصف نوع نظام الملء لدراسته، ثم البحث عن حلول تقنية وتكنولوجية من أجل اختيار أجزاء النظام بموجب المعايير ومحاكاتها على برنامج «SolidWorks» لضمان دقة وموثوقية المكونات، النقطة الأخيرة هي أتمتة محطات خط التعبئة باستخدام «Siemens S300» ومحاكاتها ببرنامج «STEP7» .

الكلمات الرئيسية :
STEP 7, SolidWorks, خطوط التعبئة, أتمتة, grafcet, Ladder, محاكاة.

Remerciements

Nous remercions Dieu, le tout-puissant, pour nous avoir donné la foi qui nous a guidée jusqu'à la réalisation et l'aboutissement de ce projet.

Nous exprimons notre respect et notre gratitude à Mr ABUDURA Salam, professeur dans le département de génie mécanique à l'université Dr YAHIA Fares de Médéa, pour avoir accepté de nous encadrer et pour avoir suivi notre travail avec une extrême bienveillance.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude et notre respect a Mr KARA, membre de jury, et Mr GACEMI Abderezak le président de jury, Mr GUEMANA Mouloud membre de jury, pour leur confiance et leur disponibilité ont énormément contribué à la réussite de ce travail.

Nous tenons d'abord à remercier tous les enseignants dans notre parcours universitaire pour leur heureuse initiative de nous avoir intégré dans le domaine de recherche nous les remercions aussi et surtout pour la solide attention qu'ils ont constamment portée à notre projet.

Notre gratitude s'adresse également à tous ce qui, de près ou de loin, a participé à notre formation et travail.

Dédicace (dedication)

At this final stage of my work, I would like to take a few lines to express my thanks to those who have contributed in some way to the success of this thesis Master's degree.

This thesis is dedicated to :

- *My great parents, who never stop giving of themselves in countless ways, and for the courage and believe they've given me.*
- *My beloved brothers and my dearest sister, who stands by me when things look bleak.*
- *My friends who ecourage and support me,*
- *All the people in my life who love and appreciate me,*

To all of you, I dedicate this work.

Noureddine Marmouz.

DEDICACE

Au meilleur des pères

A ma très chère maman

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

A qui je dois tout

A ma sœur Nour et mes frères YAZID ET RAYAN

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite

A mes Amis

A tous ceux qui me sont chers

BOUSSAHOUA Samir

Table des matières

LISTE DES FIGURES :
LISTE DES TABLEAUX :
LISTE DES ACRONYMES :
Introduction générale : 1
Chapitre I : Contexte générale de projet 2
I. Historique : 2
II. Les systèmes de remplissages : 4
❖ Dosage pondérale : 4
❖ Dosage volumétrique : 4
❖ Dosage débit-métrique : 4
❖ Dosage temporisé : 5
III. Les types d'opérations de la préparation de produit remplis : 5
❖ Le mélange : 6
❖ La dilution : 6
IV. Présentation du projet : 6
1. Savoirs requis : 6
2. Description du système : 7
3. La rinceuse : 8
4. Table tournante : 9
5. Les types de convoyeur : 9
6. Le système de remplissage FFF (Flume Fill Five) : 10
7. Le carrousel : 11
8. Étiqueteuse : 13
V. Conclusion de chapitre : 13
Chapitre II : Etude mécanique du convoyeur. 14
I. Introduction : 14
II. Analyse fonctionnelle interne : 14
1. Fonction globale de produit : 15
2. Diagramme FAST de la fonction globale : 16
III. Choix des éléments fonctionnels 17
1. Le choix de la chaine 17
2. Le choix des roues 18
3. Le choix des profils de glissement 20
IV. Le choix des éléments de soutien 21
1. Choix des matériaux 21
2. Choix de l'architecture 22

V. Le choix des Accessoires de guidages 23
VI. Conclusion de chapitre : 24
CHAPITRE III : Etude dynamique et validation des choix 25
I. Etude dynamique : 25
1. Etude du non-glissement : 25
2. Etude de l'effort de traction : 27
3. Choix du motoréducteur : 29
II. Validation des choix : 31
1. Dimensionnement de l'arbre de traction : 31
2. Vérification de la résistance de la chaine : 34
3. Validation du choix du palier : 35
4. Validation de la structure : 35
a) Présentation : 35
b) Simulation pour la structure principale : 38
c) La résistance de modules de traction et de renvoi : 40
d) Conclusion : 42
5. Résistance des éléments de soutien : 43
a) Représentation du modèle géométrique : 43
b) Conclusion : 45
III. Conclusion de chapitre : 46
Chapitre IV : Automatisation du système 47
I. Automatisation et présentation de logiciel STEP7 : 47
1. Les automates programmables : 47
2. Le logiciel STEP7 : 49
II. L'automate programmable industriel de système : 51
1. Câblage 52
2. Langage de programmation 53
III. Automatisation système de remplissage 54
1. Description du système de remplissage : 55
2. Représentation du système de remplissage 57
3. Conversion du GRAFCET au programme Ladder : 58
4. Représentation de programme Ladder sous logiciel STEP7 : 59
5. Représentation des programmes des autres sous-systèmes : 60
IV. CONCLUSION : 63
CONCLUSION GENERALE : 64
Webographie et bibliographie : 65

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Montage en ligne d'automobiles
Figure 2 : Ligne de montage Ford
Figure 3 : type de dosage (1-débitmétrique /2-pondérale / 3-volumétrique)
Figure 4 : Schéma physique de système
Figure 5 : Laveuse sécheuse LS2500
Figure 6 : à gauche convoyeur à courroies crantée / à droite convoyeur à pas pèlerin
Figure 7 : convoyeur à chaîne
Figure 8 : Positionnement des bouteilles lors du remplissage
Figure 9 : Fonctionnement du carrousel
Figure 10 : Diagramme FAST du convoyeur
Figure 11 : Dimensions de la chaîne
Figure 12 : Effet polygonal
Figure 13 : Extrait du catalogue AVE (profil de glissement)
Figure 14 : Joint (à gauche) - Bride (à droite)
Figure 15 : illustration de la structure du convoyeur
Figure 16 : Accessoires de guidage du convoyeur
Figure 17 : Guidage en rotation de la roue de traction
Figure 20 : Structure latérale du convoyeur
Figure 21 : Profil structurel central
Figure 22 : Représentation des contraintes appliquées sur le profil structurel central
Figure 23 : Déplacements résultants (en haut) et déplacements équivalents (en bas)
Figure 24 : Module de traction
Figure 25 : Représentation des contraintes appliquées sur le module de traction
Figure 26 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite)
Figure 27 : Bride de soutien
Figure 28 : Représentation des contraintes appliquées sur la bride de soutien
Figure 29 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite)
Figure 30 : Exemple d'un Éditeur de mnémonique
Figure 31 : Exemple d'un Simulateur PLCSIM
Figure 32 : Configuration des matériels de l'automateS300
Figure 33 : Exemple de câblages des Entrées/Sorties l'automateS300
Figure 34 : GRAFCET de système de remplissage FFF
Figure 35 : Programme Ladder de système de remplissage FFF
Figure 36 : Programme Ladder de marche/arrêt convoyeur
Figure 37 : Programme Ladder de marche/arrêt distributeur des bouteilles
Figure 38 : Programme Ladder de marche/arrêt carrousel et étiqueteuse
Figure 39 : Programme Ladder de marche/arrêt rassembleur
Figure 40 : Tableau des mnémoniques

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Caractéristiques de la chaîne
Tableau 2 : Caractéristiques des roues de traction et de renvoi
Tableau 3 : Valeurs du Facteur de Sécurité
Tableau 4 : Tensions admissibles par les chaînes
Tableau 5 : Caractéristiques du palier
Tableau 6 : Masses des éléments du convoyeur
Tableau 7 : Masses linéiques des éléments du convoyeur
Tableau 8 : Alliage Aluminium 1060
Tableau 9 : matériau de la bride
Tableau 10 : Les équations de conversion vers Ladder
Tableau 11 : Les adresses des entrée/sortie

LISTE DES ACRONYMES :

FAST : Function Analysis System Technique.
FFF : Flume Fill Five.
ST : Structured Text.
LD : Ladder.
GRAFCET : GRAphe Fonctionnel de Commande Etape/Transition.
API : Automate Programmable Industriel.
PLC : « Programmable Logic Controller ».
CPU : « Central Processing Unit » (Unité Centrale de Traitement).
DI : Digital Input.
DO : Digital Output.
PS : Power Supply.
AI : Analog Input.
AO : Analog Output.
μp : coefficient de frottement.
ηp : Le rendement de l'arbre sur paliers à roulements.
Pbt : Poly butylène Téréphtalate.
UC : unité centrale.
IL : liste d'instructions.
ST : littéral structuré.
CE : capteur photo cellule.
CI : Condition initial.

Introduction générale :

Dans le domaine de la production de chainage en générale et dans la production des consommables liquides (boisson, détergent ou produit de cosmétique) en particulier, nous voyons qu'il y a une forte concurrence entre les fabricants, et qui dit concurrence dit la nécessité d'une augmentation de la production, ceci implique naturellement une augmentation de la cadence de production. Le système de remplissage en générale est consisté à une bande des plusieurs postes de traitements, chaque poste est programmé pour qu'il complète sa tâche avec le moindre temps possible pour laisse passer les bouteilles au poste suivant, donc l'augmentation de la cadence de production est faite par la réduction du temps nécessaire pour chaque poste.

Si nous regardons le marché maintenant nous verrons beaucoup d'usines autour du monde qui dépendent des lignes de production similaire que notre, mais la plupart des usines en Afrique du nord ont capacité de production n'excèdent pas 2000 bouteille/heure.

Notre objectif dans cette thèse est de dépasser cette cadence tout en maintenant les normes de sécurité et de sureté et en particulier de maintenir la flexibilité de la ligne de production pour faire face à différente tailles des bouteilles et pour une amélioration ou une développement dans le future.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons choisi un système qui utilise un convoyeur pour transporter les bouteilles depuis une table tournante de réception vers une table tournante d'évacuation des bouteilles, tout en passant à travers trois postes (FFF « Flume fill five », carrousel, étiqueteuse). Notre étude est basée sur le convoyeur de ce système et la résistance de ses composants, avec la programmation détaillé du poste FFF et programmation générale des autres sous-systèmes sur le logiciel STEP7.

Les résultats souhaité pour cette thèse est la cadence de 2500 bouteilles / heurs, avec un système autonome ayant un comportement systématique flexible est sure.

Chapitre I : Contexte générale de projet

Ce premier chapitre s'intéresse essentiellement à la présentation générale des lignes de production des consommables liquides comme les systèmes de remplissage des bouteilles, ainsi qu'une brève mise en situation concernant le projet que nous avons étudié.

I. Historique :

Une ligne de montage ou chaîne de montage est un ensemble de postes de travail spécialisés disposés dans un ordre préétabli correspondant à la succession des opérations d'assemblage des composants d'un produit.

Peut-être le premier exemple des lignes d'assemblage était dans les bâtiments de « Portsmouth Mills », qui ont été construits entre 1801 et 1803. Mark Brunel a aidé « Henry Modsley » et d'autres à fabriquer 22 types de machines pour fabriquer les mâts de l'Armée royale. C'était une industrie populaire dans les années soixante du siècle dernier, et ces ateliers sont toujours à Portsmouth à ce temps, en gardant certaines de leurs machines originales.

Les premières chaînes de montage assemblées ont commencé à l'usine de « Richard Jarrett » et aux « Stones of Liston » dans la province anglaise de « Sevolk » pour la production de moteurs à vapeur. L'assemblée s'appelait le « Long Workshop », entièrement opérationnel en 1853.[1]

Au fur et à mesure qu'elle progressait à travers les bâtiments, la chaudière était installée dans de nombreuses stations pour ajouter de nouvelles pièces, du haut des bâtiments où les autres pièces étaient fabriquées et les parties légères tombaient à travers les balcons pour être installées sur la machine. Niveau du sol. Lorsque la machine atteint la fin de l'atelier, elle est complète.

Cette technique est imaginée par luis Renault en 1898 et mise en œuvre par henry Ford en 1930 à partir du modèle de élaboré dans les abattoirs de Chicago. Elle est représentative du fordisme et constitue une des applications de la devisions travaille.

Par l'adoption de ce dispositif, ce ne sont plus les ouvriers qui se déplacent, mais les pièces elles-mêmes ; cela induit une réduction des temps morts. Une organisation scientifique du travail, facilitée par la réduction du nombre d'opérations effectuées sur chaque poste, permet de réduire le temps opératoire par poste, donc d'augmenter la cadence, ce que permet la chaîne ; c'est donc elle qui impose son rythme de travail aux ouvriers. [1]

La première ligne d'assemblage apparut en 1913 À Highland Park, Michigan. Réalisé pour la production de la première voiture abordable, le modèle T Ford. Plusieurs modèles y

étaient fabriqués incluant la Touring, la Roadster, la Center Door, la Coupe, la Mountain Wagon, et la Speedster. Grâce à cette innovation, le temps de construction de la Ford "T" est considérablement réduit : il passe de 12 heures à 1h30. La productivité de l'usine est multipliée par 4. [1]

En 1922, Henry Ford a mentionné plusieurs avantages à la ligne de production y compris :

- Les travailleurs ne soulèvent pas d'objets lourds
- Il n'y a pas de facteur qui se plie ou se couche.
- Il n'y a pas besoin de formation personnalisée pour les travailleurs.

Les gains de productivité ont permis à Ford d'augmenter le salaire par habitant de 1,5 dollar par jour à 5 dollars par jour une fois que le travailleur a terminé sa troisième année à la chaîne de montage. Ford a continué à réduire ses heures de travail et a continué à réduire le prix du modèle T. C'était l'altruisme de Ford,

Bien que Ford l'ait fait pour empêcher un changement rapide des ouvriers. En 1913, lorsque les chaînes de montage ont été mises en service, il a été révélé que «lorsque l'entreprise veut embaucher 100 personnes, elle emploie 963 travailleurs» pour tenter de contrer le mécontentement inspiré par l'idée de chaînes de montage pour les travailleurs. [1]



Figure 1 : Montage en ligne d'automobiles



Figure 2 : Ligne de montage Ford

II. Les systèmes de remplissages :

Dans le domaine du conditionnement, il existe plusieurs techniques de remplissage qui devront être choisi en fonction du type de produit à conditionner, de la cadence souhaitée, de la précision de dosage désirée.

Pour les produits liquides on trouve les techniques de dosage suivant, qu'elles sont choisies en fonction de viscosité de produit :

- Dosage pondérale :

Le principe du dosage pondéral est très simple, il consiste dans un premier temps à peser le récipient afin de faire une tare puis de peser ce récipient pendant la phase de remplissage jusqu'à obtenir la consigne de poids désirée. C'est la cellule de pesage qui contrôle le flux du produit et permet même de faire varier le débit du produit afin d'obtenir des précisions de dosage inférieur à 1%. L'avantage de ce système est que le capteur ne rentre jamais en contact avec le produit et permet donc un nettoyage en place facile avec même de la vapeur. [2]

- Dosage volumétrique :

Avec le dosage volumétrique c'est une pompe de remplissage qui fait le dosage. Il existe plusieurs types de pompes volumétriques, la pompe à piston, la pompe péristaltique, la pompe à lobes, la pompe à membranes. Les technologies les plus utilisées pour le dosage sont la pompe à piston et la pompe péristaltique. Les autres étant moins précisent elles sont moins utilisées pour le dosage. [2]

Le principe de dosage d'une pompe à piston est d'aspirer un volume de produit dans une cuve et de l'injecter dans le récipient. Le volume de produit aspiré est limité en variant la course du piston. Cette technologie permet le dosage de produit liquide, semi-liquide, pâteux ou avec même des morceaux.

- Dosage débit-métrique :

Le remplissage débit-métrique se différencie par le capteur électronique qui mesure le débit du produit. Le capteur débitmètre est en contact direct avec le produit, ça technologie et ça qualité de fabrication influe directement sur les tolérances de dosage. La viscosité du produit a un impact important sur le dosage, son utilisation principal est le dosage de produit liquide voir semi liquide. [2]

Son principe de fonctionnement ne permet pas de doser avec précision des produits crémeux ou avec des morceaux. L'avantage principal de cette technologie est de pouvoir doser

rapidement des volumes différents avec une tolérance constante de +/- 0.5% ce qui lui confère une grande flexibilité pour les conditionneurs de grande gammes de produits.

❖ Dosage temporisé :

Le principe du dosage temporisé est très simple, cette méthode nécessite une électrovanne placée entre la sortie de réservoir et le buse de remplissage cette électrovanne est commandée avec un programme qui détermine le temps d'ouvrir et de fermeture exact pour remplir le volume désiré de récipient. A condition que le débit du produit arrivé à l'électrovanne doit être connu afin d'obtenir des précisions de dosage inférieur à 1%.[2]

Dans notre système on a adopté le dernier type de dosage pour la simplicité et la possibilité de programmer plusieurs électrovannes à la fois.

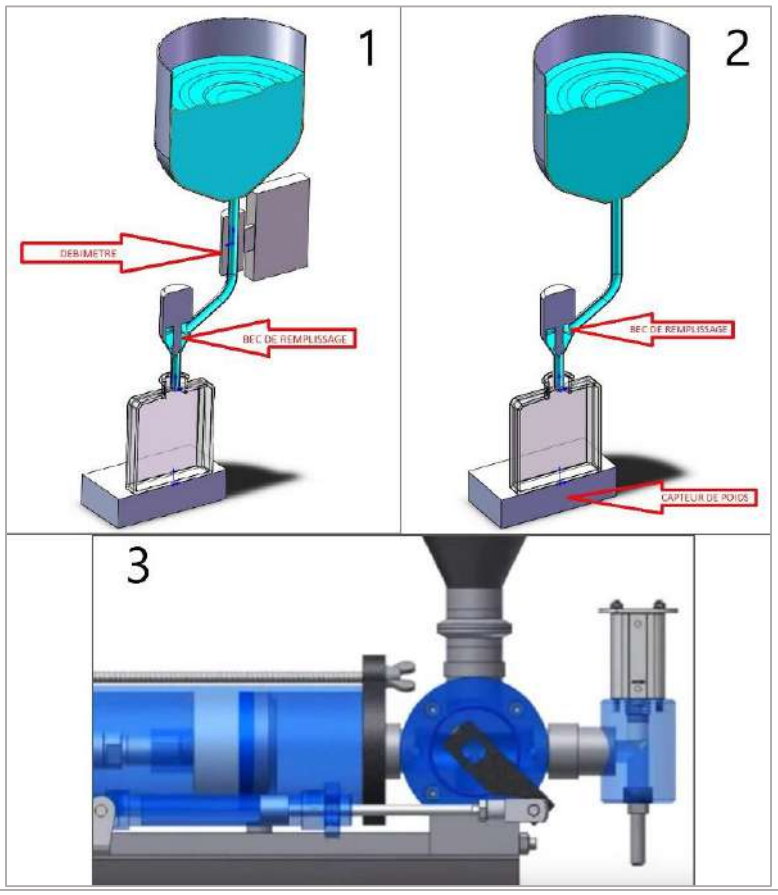


Figure 3 : type de dosage (1-débitmétrique /2-pondérale / 3-volumétrique)

III. Les types d'opérations de la préparation de produit remplis :

Pour la préparation des solutions en général, nous constatons qu'il existe de nombreuses méthodes utilisées pour l'obtention de produit final, pour cela nous avons les recueillis dans deux catégories en termes de préparation avant le remplissage :

❖ Le mélange :

En terme chimique le mélange est une association de deux ou plusieurs substances solides ou liquides qui n'interagissent pas chimiquement, et généralement Les produits obtenus dans cette catégorie sont des produits visqueux comme (la moutard, le mayonnaise, le ketchup, les crèmes,…), pour cela dans les systèmes de remplissage de ses produits nécessite une pompe volumétrique qui assure le remplissage de volume exact. [3]

Dans notre système on n'a pas intéressé des produits visqueux, pour cela on n'adopte pas cette catégorie.

❖ La dilution :

Chimiquement, la dilution est une procédé consistant à obtenir une solution finale de concentration inférieure à celle de départ par ajout de solvant, on peut simplifier l'opération en disons que c'est une dissolution de soluté dans un solvant. On peut adopter cette technique dans notre système car les solutions dans cette catégorie ne sont pas visqueuses, donc en peut utiliser le dosage temporisé avec cette catégorie. [3]

La gamme des produits dans cette catégorie est vaste, en cite :

- Les produits alimentaire comme (les jus, le vinaigre, l'eau des fleurs, l'eau oranger…)
- Les produits cosmétique comme (l'eau de toilette, les détergents, les désodorisants, …)
- Les autres produits comme (lave glass, quelque type des sirops,…)

IV. Présentation du projet :

1. Connaissances obligatoire :

L'achèvement de l'ensemble du projet nécessitait l'emploi de multiples outils logiciels, mais aussi l'exploitation de diverses connaissances acquises au cours des trois années du cycle d'ingénieur. Rappelons-le, la filière dans laquelle nous avons évolués se distingue par sa pluridisciplinarité qui nous a, sans l'ombre d'un doute, incité tout au long de notre formation à étendre notre champ de réflexion. La mécatronique est communément définie comme l'intersection de la mécanique, de l'électronique, de l'informatique et bien sûr d'une partie contrôle. L'exploitation de toutes ces disciplines scientifiques simultanément et dans une même enceinte avait provoqué un énorme progrès technologique pendant les quatre dernières décennies.

Dans ce sens et afin de venir à bout de notre réalisation, nous avons été amenés à utiliser nos savoirs dans la mécanique, dans l'électronique mais aussi dans l'informatique et logiciels. De plus, nous devions faire preuve d'un bon sens quant au choix des composants adéquats. Ce

choix était souvent difficile puisqu'il arrivait que pour le même composant nous trouvions plusieurs produits disponibles sur le marché et qui présentaient notamment des caractéristiques assez rapprochées. Le plus souvent nous procédions par élimination tout en essayant de retenir le produit ayant le meilleur rapport Qualité/Prix.

2. Description du système :

Le système que nous allons aborder tout au long du présent rapport est un système de remplissage des bouteilles en liquide quelconque comme un exemple produit désodorisant. Il est constitué de plusieurs sous-systèmes ou postes remplissant chacun une fonction bien déterminée.

La première étape est le rinçage (lavage/séchage) des bouteilles, supposant que les bouteilles sont déjà passées à cette étape avec un système indépendant de notre système la «LAVEUSE SECHEUSE LS2500» qui est fourni par l'entreprise « MIGNON DISTRIBUTI ».

En amont du système on trouve une table tournante (voir Annexe 3) qui rassemble les bouteilles et qui alimente le système de remplissage (Flume Fill Five) via un convoyeur. Les bouteilles passent ensuite au carrousel pour être injecter en goûte concentrée, pour notre exemple (80 ml de désodorisant concentré) et aussi d'être bouchonner. L'étape finale est le passage par l'étiqueteuse qui met en place les étiquettes sur les bouteilles. Tout transport sur la ligne est assuré par le convoyeur, en aval du système on trouve une table tournante pour l'évacuation des bouteilles.

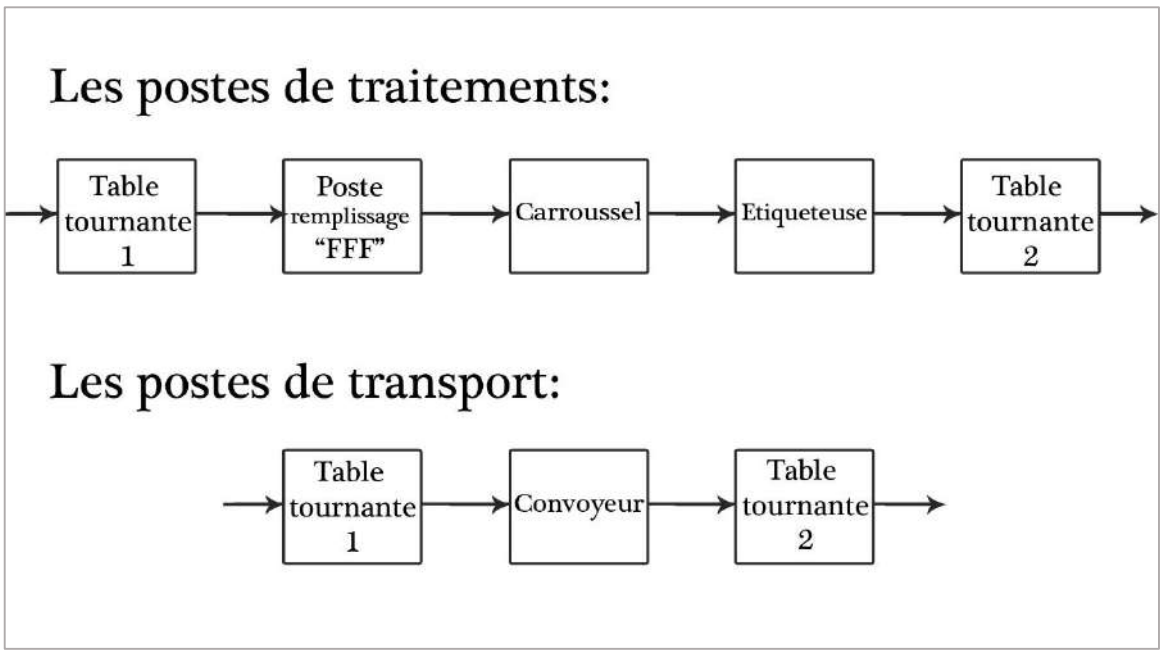


Figure 4 : Schéma physique de système

3. La rinceuse :

Le système de rinçage (LS2500) est considérer comme l'entrée de ce système, c'est une étape nécessaire pour assurer la propreté et la contamination des bouteilles. Cette machine assure une structure très robuste avec un châssis, carrosserie et table d'accumulation en INOX et avec trois brosses et des roulettes de diamètre 100mm. [3]

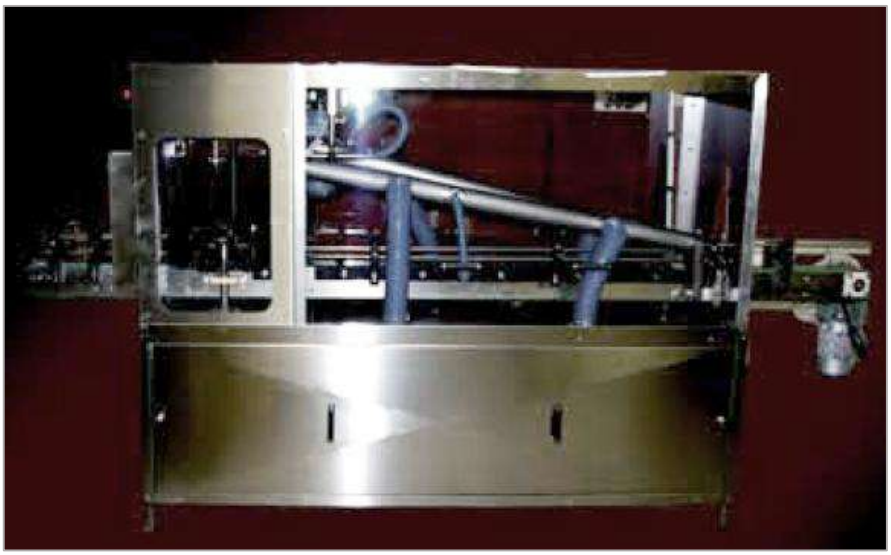


Figure 5 : Laveuse sécheuse LS2500

❖ **CARACTÉRISTIQUES :**

- LONGUEUR DU BÂTI = 2,20 M
- LONGUEUR DU CONVOYEUR = 3,00 M
- LARGEUR = 0,84 M
- POIDS = 480 KGS
- HAUTEUR RÉGLABLE : 750 MM À 1 M

❖ **PUISSANCE ELECTRIQUE :**

-4 TURBINES = 3,2 KW X 2 = 6,4 KW

2,7 KW X 2 = 5,4 KW

- MOTORÉDUCTEUR DE CONVOYEUR = 0,37 KW
- MOTORÉDUCTEUR D'ÉTOILE = 0,25 KW
- MOTEUR DE BROSSE = 0,37 KW

❖ **Description :**

- **POSTE DE LAVAGE :**

3 BROSSES DE CORPS ROTATIVES 2 BROSSES DE FOND, 1 BROSSE DE BOUCHON assure un lavage parfait des bouteilles. A chaque changement de format de bouteille seule l'étoile doit être remplacée. (Changement très rapide) très faible consommation d'eau (alimentation par électrovanne – se coupe des que le convoyeur s'arrête)

- POSTE DE SECHAGE :

-Constitué de 2 buses de séchage alimentées chacune par deux turbines, dispositif de séchage par ventilation d'air chaud.

- Les rampes de séchage sont réglables en tous sens permettant une efficacité optimum.

- Les bouteilles avançant sur le convoyeur sont freinées par une bande de frottement et tournant ainsi sur elles-mêmes.

- séchage également de la piqûre et du bouchon de la bouteille.

4. Table tournante :

Les tables tournante en générale sont concernés à fournir, collecter, trier ou contrôler des produits unitaires qui sont arrivées par un convoyeur, ou destinées vers un convoyeur. Chaque table tournante motorisée est conçue sur la base d'un châssis tout inox avec pieds antidérapants ou roues pivotantes à freins, avec réglage en hauteur.

Pour notre système on a utilisé deux tables tournantes, la première est placée au début de ligne pour fournir des bouteilles vide et nettoyées au convoyeur, la deuxième est destinée à la collection des bouteilles remplis pour l'évacuation.

(Pour plus de détails techniques, consulter annexe 2)

5. Les types de convoyeur :

Un convoyeur est un mécanisme ou une machine qui permet le transport d'une charge isolée (cartons, bacs, sacs, etc.) ou de produit en vrac (terre, poudre, aliments, etc.) d'un point A à un point B. Il existe plusieurs types de convoyeur :

- Les convoyeurs à bande
- Convoyeur à courroie crantée
- Convoyeur à résonance
- Convoyeur à chaînes

- Convoyeur à pas de pèlerin
- Convoyeur à rouleaux

On a adopté dans notre système un convoyeur à chaine en acétal, ce convoyeur collecte les bouteilles vides depuis la première table tournante et les transporté vers la deuxième table tournante passant par les poste (remplissage, carrousel, étiqueteuse). [1]

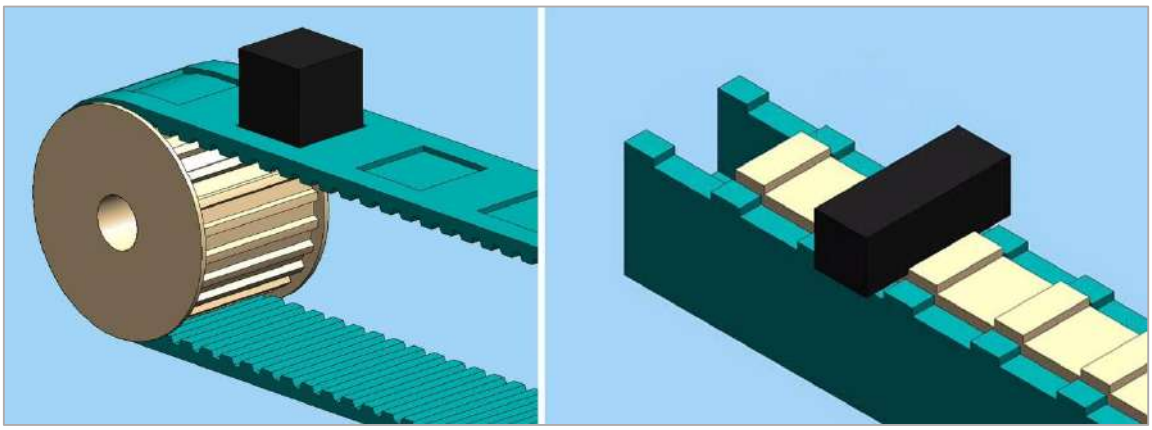


Figure 6 : à gauche convoyeur à courroies crantée / à droite convoyeur à pas pèlerin



Figure 7 : convoyeur à chaîne

6. Le système de remplissage FFF (Flume Fill Five) :

Après l'obtention des bouteilles propres, ces dernières sont misent sur le convoyeur depuis la table tournante qui les achemine directement vers le système de remplissage FFF. Ce système est monté en parallèle avec le convoyeur et se compose de cinq buses, cinq électrovannes, d'un réservoir, un capteur photo cellule et de deux vérins.

Le réservoir assure l'alimentation en eau chaude. Il est situé en haut du système pour bénéficier de l'écoulement naturel du fluide. Au-dessous du réservoir, on retrouve les cinq buses séparées deux à deux d'une distance BB. C'est la même distance qui sépare les centres de deux bouteilles au moment du remplissage. Lors du remplissage, les bouteilles et les buses sont positionnées de la manière suivante (figure 8) :

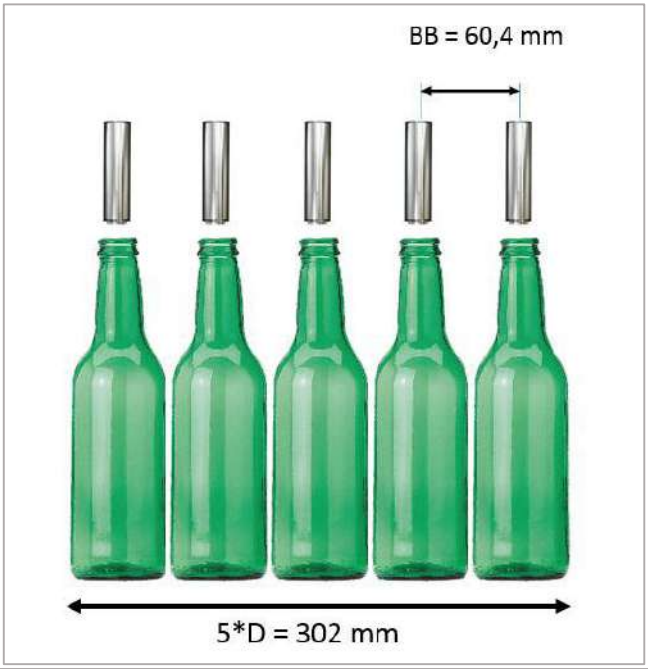


Figure 8 : Positionnement des bouteilles lors du remplissage

Où D représente le diamètre moyen des bouteilles et BB la distance entre les deux axes de deux bouteilles contigües, c'est aussi égale au diamètre.

Enfin, les vérins de blocages sont positionnés de sorte à ce qu'ils déterminent l'emplacement du remplissage. Ils sont soit en position avant, empêchant le passage des bouteilles vers le carrousel soit en position arrière, laissant ainsi la voie libre à celles-ci. La distance séparant les deux vérins est égale à 5*Diamètre en plus d'une petite marge de sécurité pour s'assurer de la prise en charge des bouteilles.

(Pour plus de détails techniques, consulter annexe 3)

7. Le carrousel :

Une fois que les bouteilles sont remplies, elles sont transportées vers un poste appelée carrousel via le même convoyeur. Ce poste est composé d'un carrousel, d'un système d'injection, d'un positionneur de bouchons et d'un vérin de mise en place du bouchon. La figure 9, représente un schéma simplifié du sous-système : [1]

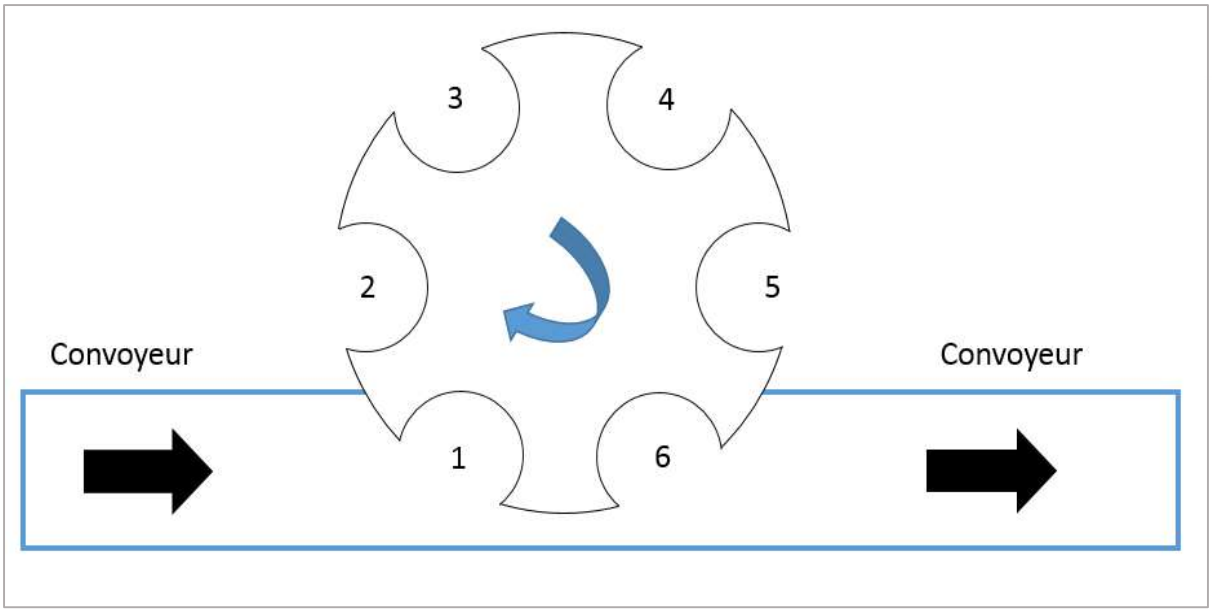


Figure 9 : Fonctionnement du carrousel

Le carrousel contient six cavités qui reçoivent les bouteilles en provenance du convoyeur et à destination de l'étiqueteuse. Chaque bouteille est réceptionnée dans la position 1 et passe par toutes les autres positions avant d'arriver à la position 6. Le sens de rotation de la table est le sens horaire. Les différentes opérations peuvent être faites sur les positions 2, 3,4 et 5. Dans notre cas, nous avons trois opérations à réaliser ;

- L'injection d'une goutte de désodorisant concentré.
- Le positionnement du bouchon lors du passage sous la tête d'approvisionnement.
- La mise en position finale du bouchon par le biais de l'encapsuleuse.

Toutes ces opérations nécessitent une immobilisation des bouteilles sauf pour l'opération de la mise en place du bouchon qu'on effectue pendant la course de la table tournante et entre la deuxième et quatrième opération. Nous pouvons alors fixer le nombre nécessaires d'arrêt de la table tournante pour chaque bouteille à deux reprises. Le premier arrêt s'effectue lors de l'opération du dosage, le dosage terminé la table déplace la bouteille vers l'encapsuleuse. Lors de ce déplacement la bouteille passe sous le distributeur de bouchon qui positionne le bouchon sur la couronne de la bouteille sans qu'elle ne s'arrête.

8. Étiqueteuse :

Les étiqueteuses automatiques permettent la pose régulière et constante d'étiquettes sur les produits fabriqués en grande série. Plusieurs étiqueteuses automatiques sont proposées pour usage en étiquetage industriel : étiqueteuse caisse, système d'impression et de pose d'étiquettes, etc.

Dans le système que nous avons étudié on a utilisé d'une étiqueteuse automatique standard pour étiquette auto-adhésive avec une application sur le côté de la bouteille.

V. Conclusion de chapitre :

Dans le premier chapitre de notre travail, on a parlé sur les systèmes de remplissage du liquide et les types de dosage existants, puis on a cité les types d'opérations de préparation du produit final et on a mentionné quelques exemples pour chaque type.

La deuxième partie de chapitre on a présenté le projet avec une description générale de système, puis on a parlé brièvement de chaque sous-système de notre ligne de remplissage.

Chapitre II : Etude mécanique du convoyeur.

Le convoyeur est un des éléments principaux de la ligne de Remplissage vue son importance, nous lui consacrerons ce Chapitre afin de détailler le fonctionnement et les méthodes Adoptées pour choisir ces composants.

I. Introduction :

Les convoyeurs agroalimentaires sont des équipements de transport permettant le Déplacement de produits alimentaires d'un emplacement vers un autre. Il existe différents types De convoyeurs agroalimentaires avec des capacités de charge variables et avec une large gamme De vitesses de convoyage. D'autre part, les formes des convoyeurs peuvent être très diversifiées, ils peuvent se présenter sous forme rectiligne, circulaire, voire même en pente.

Les convoyeurs se caractérisent par le nombre de chaînes, les matériaux des chaînes (acier, inox, plastique) ainsi que la robustesse de leur châssis porteur qui dépend de la charge à supporter. [4]

Dans l'industrie les convoyeurs les plus utilisés sont les convoyeurs à chaînes et les convoyeurs à rouleaux. Bien qu'ils exécutent la même fonction, à savoir transporter des objets, chacun de ces deux convoyeurs possède ses propres caractéristiques et s'adapte à des applications spécifiques. [4]

Dans notre cas, la fonction requise est le déplacement de bouteilles dont la forme, bien spécifique, ne pourrait correspondre à des convoyeurs à rouleaux. Car, contrairement aux convoyeurs à rouleaux, plus adaptés à transporter des objets prismatiques, les convoyeurs achaines eux sont idéales pour le transport des containers PET, des caisses et surtout des bouteilles en verre. C'est pour cette raison que notre choix s'est porté sur le convoyeur à chaines.

II. Analyse fonctionnelle interne :

Dans son livre Pratique de l'analyse fonctionnelle, Robert Tassinari définit l'analyse fonctionnelle comme étant une démarche qui « consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins de son utilisateur. »

Autrement dit, cette analyse nous permet de trouver des solutions technologiquement réalisables afin que le produit puisse remplir les fonctions pour lesquelles il a été conçu, ou encore y introduire des modifications pour l'améliorer. Cette analyse contient une fonction globale du produit sous forme d'un diagramme FAST.

1. Fonction globale de produit :

- Le système étudié : Convoyeur ;
- La fonction globale : Transport des bouteilles entre les postes de la ligne de remplissage;
- La matière d'œuvre entrante : Bouteille vide à l'entrée ;
- La matière d'œuvre sortante : Bouteille remplie à la sortie.

2. Diagramme FAST de la fonction globale :

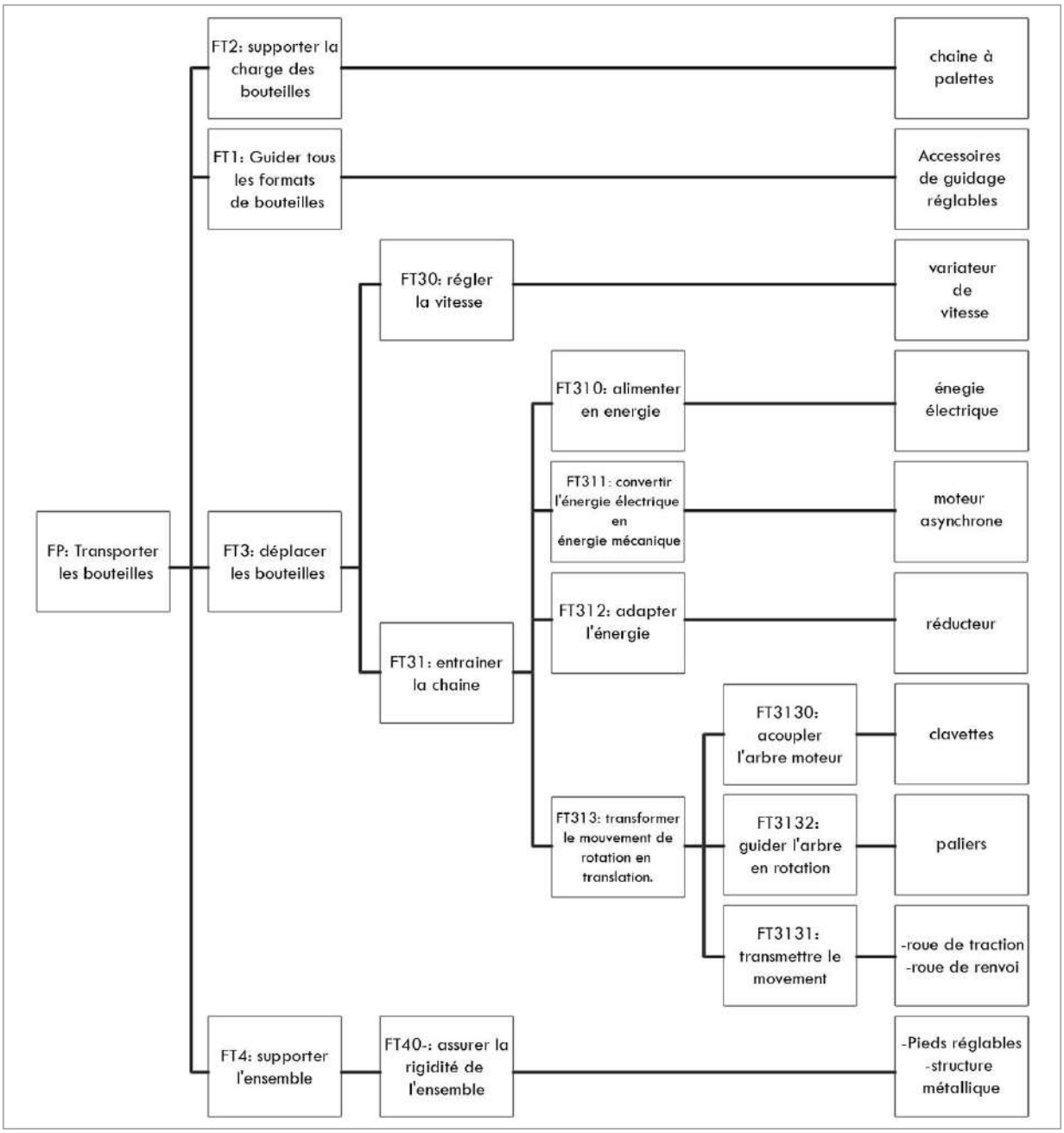


Figure 10 : Diagramme FAST du convoyeur

III. Choix des éléments fonctionnels

1. Le choix de la chaine

L'entreprise « AVE Transmissions Mécanisas » est l'une des entreprises ayant obtenue une certification ISO 22000. De par sa certification, AVE est réputée pour la qualité de ses produits qu'on peut consulter dans son catalogue. [4]

En effet, l'entreprise propose un grand éventail de produits ; particulièrement les convoyeurs à chaines. Les chaines peuvent aller des plus standards à des chaînes innovantes et brevetées. Ces chaînes ont fait leurs preuves dans les secteurs industriels utilisant des bouteilles en verre. À titre d'exemple, les brasseries, l'industrie de l'embouteillage du vin ou des boissons gazeuses qui utilisent principalement des bouteilles en verre.

Les chaînes peuvent être fabriquées de plusieurs matériaux selon les applications. Toutefois, l'acier et le thermoplastique restent les matériaux dominants dans ce domaine. Les chaînes en acier sont des chaines robustes et conviennent aux applications à grande vitesse. Le bon fonctionnement des chaînes n'est pas affecté par les débris de verre.

Les chaînes en thermoplastique quant à elles sont une alternative légère, robuste et silencieuse par rapport aux chaînes en acier. Ce matériau fabriqué en thermoplastique LF 802(Acétal) constitue avec des additifs spéciaux qui permettent d'obtenir de très petits coefficients de frottement et une grande résistance à la traction. Grâce à ses composants spécifiques, ce matériau est idéal même dans les endroits où la lubrification n'est pas possible. Ces chaînes sont principalement utilisées dans l'industrie alimentaire et dans l'industrie de l'emballage pour le transport de récipients les plus divers. [5]

On conclue que les chaines en Acétal sont la solution la plus adaptée pour la construction de notre convoyeur. De plus, les chaines en inox sont onéreuses pour une performance quasi-identique, ce qui nous donne plus de raisons quant au choix de la matière des chaines. Les mensurations de la chaîne que nous avons sélectionnée sont présentées dans la figure 11. [5]

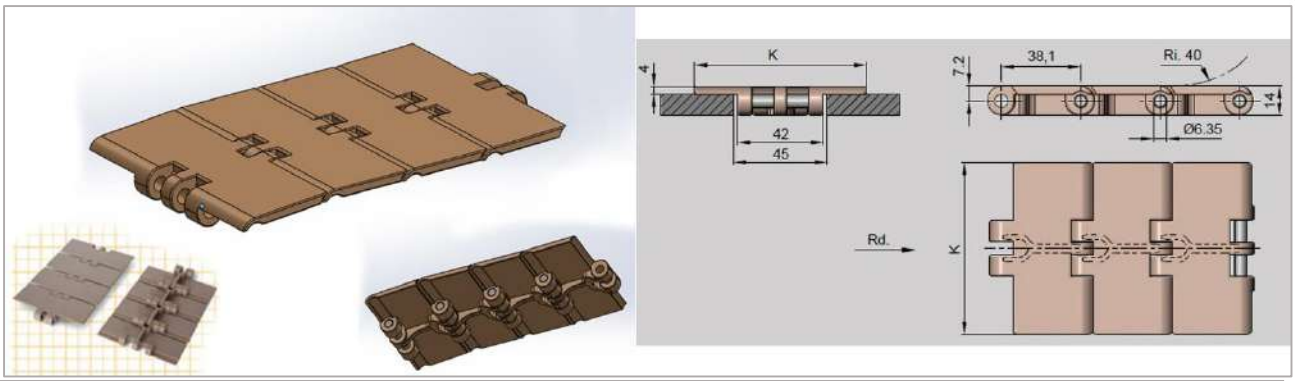


Figure 11 : Dimensions de la chaîne

Désormais, nous nous pencherons sur le choix de la chaîne que nous allons utiliser dans notre convoyeur. Pour cela nous nous baserons sur les différentes chaînes disponibles sur le catalogue tout en prenant en considération le diamètre des bouteilles.

En effet, pour palier à toute incertitude, nous allons considérer les bouteilles ayant le plus grand diamètre, à savoir 83.7mm. La plus petite chaîne dont la largeur dépasse cette valeur est de 101.6 mm, ce qui est largement suffisant pour contenir les bouteilles.

Une fois que le choix de la largeur est fait, on consulte les autres caractéristiques de la chaîne que nous présentons sous le tableau suivant :

Caractéristique	Valeur
K (largeur de la chaine)	101.6 mm
Masse linéique	0.95 Kg/m
Axe	En acier inoxydable SS304 (ANSI 304)
Pas	38.1 mm
Rayon de courbure max	40 mm

Tableau 1 : Caractéristiques de la chaîne

2. Le choix des roues

Après avoir fait le choix de la chaîne, le catalogue nous renvoie directement aux choix des roues de traction et de renvoi. La chaîne étant en Acétal, le constructeur nous propose de correspondre celle-ci avec des roues en Polyamide renforcé. Ceci est compréhensible si on considère le risque d'usure de la chaîne au cas où l'on utiliserait des roues en acier. [4]

En plus d'être du même matériau, la roue de traction et celle du renvoi doivent posséder le même diamètre extérieur. Cependant, la forme extérieure des deux roues n'est pas identique. En effet, contrairement à la roue de renvoi, la roue de traction est dotée de dents. En mécanique, cette dernière peut être assimilée à un polygone dont le nombre de côtés serait égal au nombre de dents. Le nombre de dents est d'une importance cruciale puisqu'il affecte directement le choix de la roue convenable si on tient compte de l'effet polygonal qui entre en jeu. [7]

❖ **Effet polygonal :**

Pendant la rotation de la roue, la chaîne est à son point d'engagement et de désengrènement et s'élève ou s'abaisse par rapport à l'axe de la roue. Ce phénomène est l'effet polygonal ; l'effet polygonal est inversement proportionnel au nombre de dents ; chaque fois qu'il sera possible, le plus grand nombre de dents sera utilisé. [6]

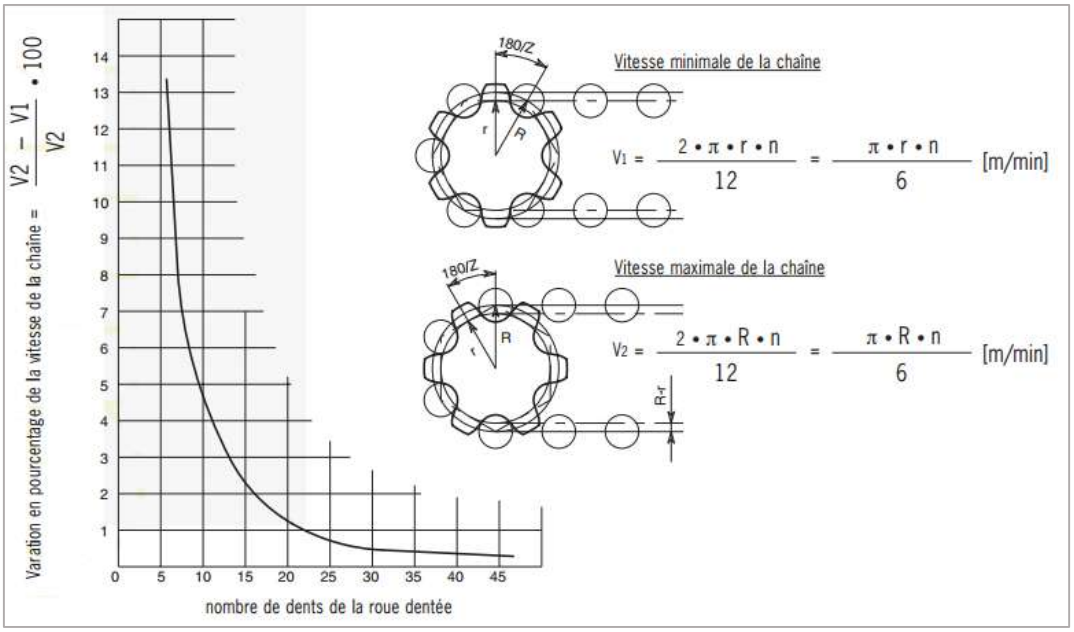


Figure 12 : Effet polygonal

Ensuite, on revient au catalogue pour choisir les roue exactes que nous allons utiliser tout En tenant compte de l'effet polygonal. Dans le catalogue du constructeur [0], on choisit la roue de traction ayant le maximum de dents, à savoir Z = 25 dents.

Toutefois, on remarque qu'il existe quatre nuances pour cette roue selon le diamètre de l'arbre. Pour le moment, on choisit la roue avec un DF = 25 mm qu'on s'assurera de sa validité lors de la Vérification de la résistance de l'arbre. De la même manière, en consultant le catalogue, on Sélectionne la roue de renvoi avec des caractéristiques identiques à celles de la roue de traction. Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques des deux roues.

Caractéristique	Roue de traction	Roue de renvoi
Diamètre extérieur	147.0 mm	147.0 mm
Nombre de dent	25 dents	---
Masse	0.6 kg	0.9 kg
Diamètre de l'arbre	25 mm	25 mm

Tableau 2 : Caractéristiques des roues de traction et de renvoi

3. Le choix des profils de glissement

Les profils de glissement en polyéthylène sont les plus appropriées pour les chaines en acétal, pour W = 20 mm, le choix se justifie par les dimensions de la structure métallique proposées par le fournisseur. [4]

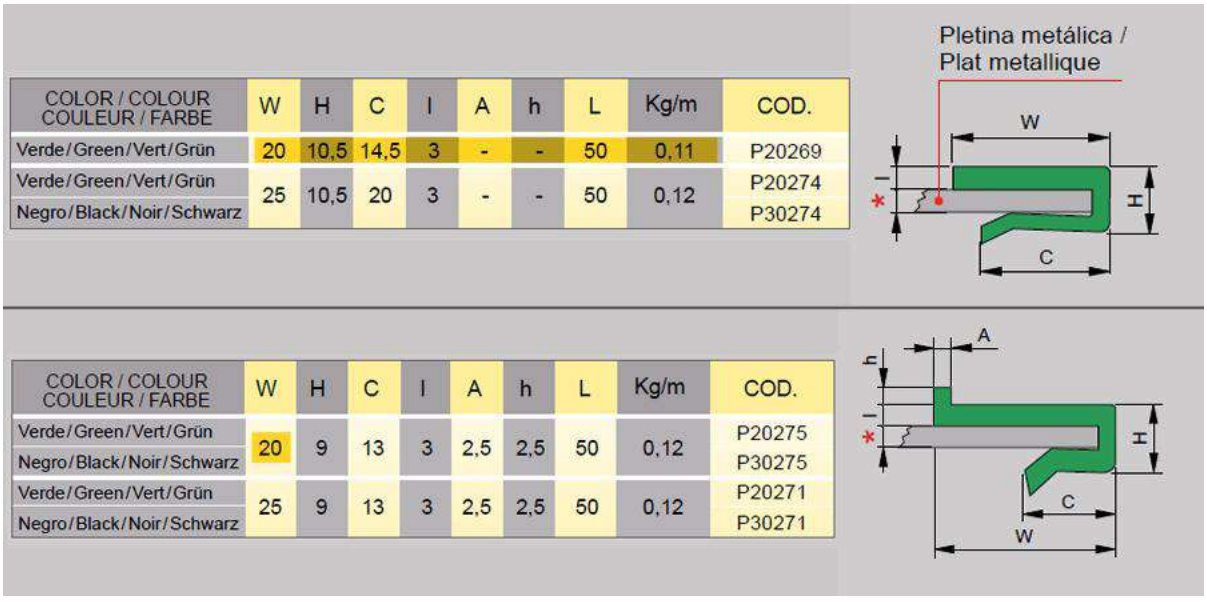


Figure 13 : Extrait du catalogue AVE (profil de glissement)

IV. Le choix des éléments de soutien

La structure du convoyeur est l'élément qui supporte l'ensemble du convoyeur et ses accessoires en plus de la charge (bouteilles). Il faut donc être vigilant quant aux choix de l'architecture et du matériau de cette structure.

1. Choix des matériaux

Le matériau qui présente le meilleur rapport Qualité/Prix et qui est le plus adapté pour les profils structuraux et les tubes de soutien est l'aluminium anodisé. En effet, lors du transport de bouteilles contenant de l'eau, le risque de corrosion est considérable. Pour y remédier, deux alternatives s'offrent à nous : l'aluminium anodisé ou la tôle en acier inox. La tôle en acier inox possède d'excellentes propriétés mécaniques et chimiques. Néanmoins, ce choix reste onéreux et peu rentable pour l'entreprise, ce qui nous conduit logiquement à l'aluminium anodisé. [7]

Les joints de liaisons (voir figure 14) sont fabriqués en acier zingué puisque ce matériau présente de bonnes propriétés mécaniques. En effet, ces pièces sont en permanence sollicitées et doivent être capable de supporter des actions mécaniques très importantes. De plus, les joints de liaisons, par leurs emplacements, peuvent être siège de corrosion. C'est pour cette raison que l'acier zingué est préférable. [4]

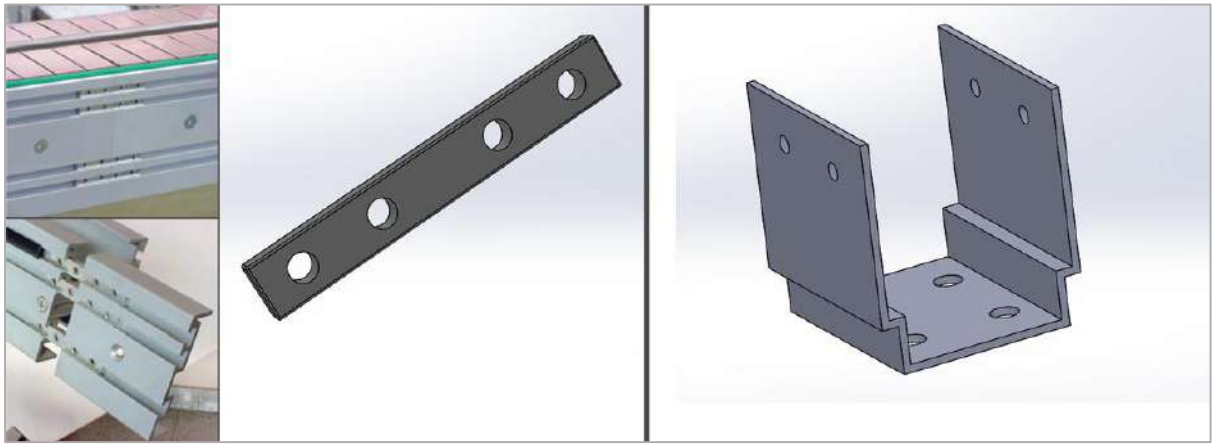


Figure 14 : Joint (à gauche) - Bride (à droite)

En ce qui concerne la bride de soutien (voir figure 14), le Constructeur ne proposant pas de pièces standards, nous avons été amenés à la concevoir par nous-mêmes, tout en respectant les différentes contraintes dimensionnelles et mécaniques.

Le plastique, à son rôle, est présent dans les éléments de soutien sous forme de polyamide renforcé. Il est utilisé dans les pieds de soutien et la tête de soutien. Finalement, nous soulignerons que nos choix des trois matériaux prenaient aussi en considération le côté esthétique, d'où l'utilisation de matériaux dont les couleurs sont assez rapprochés.

2. Choix de l'architecture

Une fois que nous avons choisis les matériaux, il faut que nous sélectionnions une architecture pour les éléments de soutien qui permettrait un maximum de mobilité pour les accessoires de guidage, mais qui présente aussi l'avantage d'un assemblage aisé.

La structure de soutien se compose de trois parties : le module de renvoi, le module de traction et la partie centrale. Chacune de ces parties doit avoir une architecture qui lui permet de se monter facilement avec les autres et par la même occasion une forme qui résiste aux sollicitations de flexion pendant le fonctionnement.

Le module de traction et le module de renvoi sont constitués de profils latéraux qui supportent un ensemble d'éléments tels que les paliers, la motorisation, les roues et les arbres. Leurs structures doivent être dans la capacité d'accueillir tous ces éléments. C'est pour cette raison qu'ils comprennent des rainures sur les parties latérales. Les deux modules sont suspendus à la partie centrale via des joints de liaison au niveau des profils structuraux.

Cette partie, est constituée de profils structuraux, d'éléments de support ainsi qu'une bride liant les profils à ces éléments. Les profils structuraux possèdent des rainures latérales similaires à celles présentent dans les profils latéraux afin d'assurer un alignement nécessaire pour le guidage de la chaîne.

D'autre part, la bride est l'élément intermédiaire entre les profils structuraux et les éléments de support. Elle est, à l'instar du joint de liaison, en permanence confrontée à un poids important, d'où l'obligation de choisir une forme adéquate.

Enfin, les éléments de support sont en contact avec le sol à travers trois pieds réglables attachés au tripode. Le choix de pieds réglables découle de l'imperfection des sols. On cite un autre élément de support, le tube de soutien, qui sert à relier le tripode au reste du système via la tête de soutien.

Cet élément possède une forme cylindrique creuse servant à économiser de la matière et à réduire la masse totale du système. La tête quant à elle contient d'une part un trou de fixation qui accueille le tube de soutien, et d'autre part une base sur laquelle est posée la bride de soutien. La figure 15 représente une modélisation sous le logiciel de conception mécanique SolidWorks de la structure de support en entier :

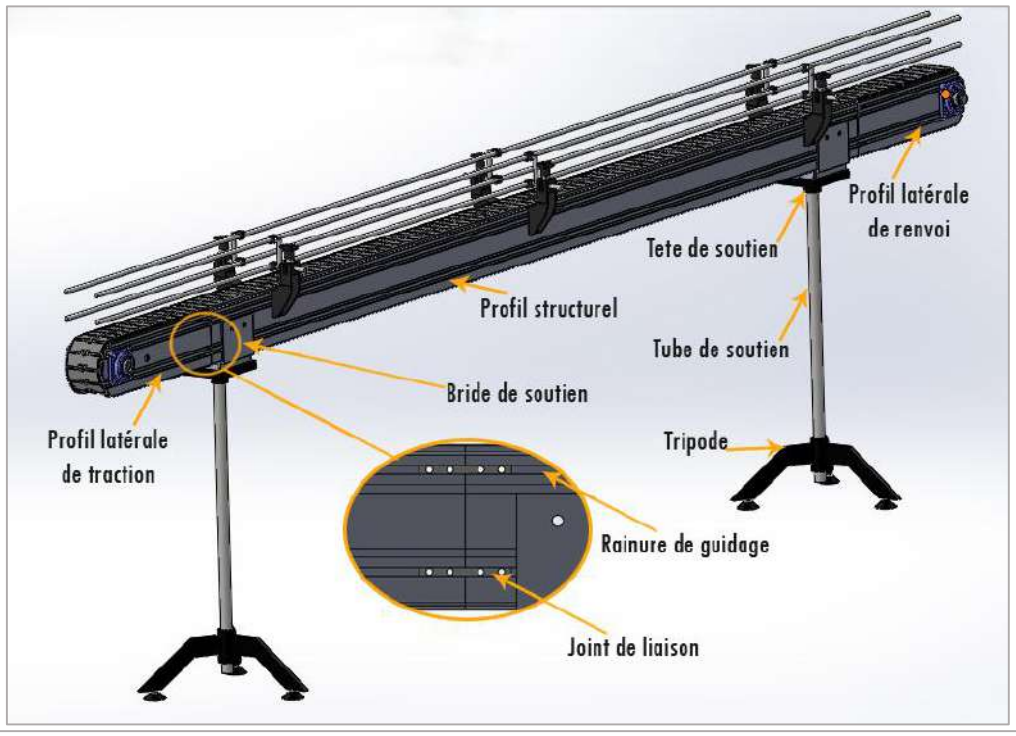


Figure 15 : illustration de la structure du convoyeur

Ainsi, on pourra constater après l'assemblage que la structure possède une forme à la fois légère et compacte. Par ailleurs, la disposition des éléments permet un assemblage et un démontage aisés.

Il est sans rappeler que les choix pour lesquels nous avons optés seront par la suite vérifier et valider les dimensions de ces éléments en utilisant l'outil de simulation SolidWorks.

V. Le choix des Accessoires de guidages

Comme leurs noms l'indiquent, les éléments de guidage sont des éléments qui permettent le guidage des bouteilles sur le convoyeur. En effet, les bouteilles doivent être véhiculées une après l'autre vers les différents systèmes de la ligne et centrées pour effectuer avec efficience l'opération de remplissage.

Le système de guidage est composé d'entretoises, de supports de guidage, de brides de guidage et de tubes de guidage. Ensemble, ils assurent la fonction de guidage.

Les entretoises sont attachées aux profils structuraux et peuvent glisser sur les rainures. Elles servent à fixer les supports de guidage qui, eux-mêmes, fixent les brides de guidage. Ces dernières portent des tubes en acier inox qui délimitent l'espace réservé aux bouteilles sur le convoyeur. Néanmoins, si l'on désire changer la direction vers laquelle se dirigent les bouteilles, on utilisera des tubes sous forme d'arcs qui auront subi une opération de cintrage. L'acier inox, par sa ductilité, nous offre cette possibilité.

D'autre part, il faut garder à l'esprit que le système de guidage que nous avons choisi est flexible notamment grâce aux ajustables horizontal et verticale afin de l'adapter suivant la forme des bouteilles qu'on souhaite remplir. La figure 16, représente le système de guidage, modélisé sous SolidWorks, monté sur les profils structuraux :

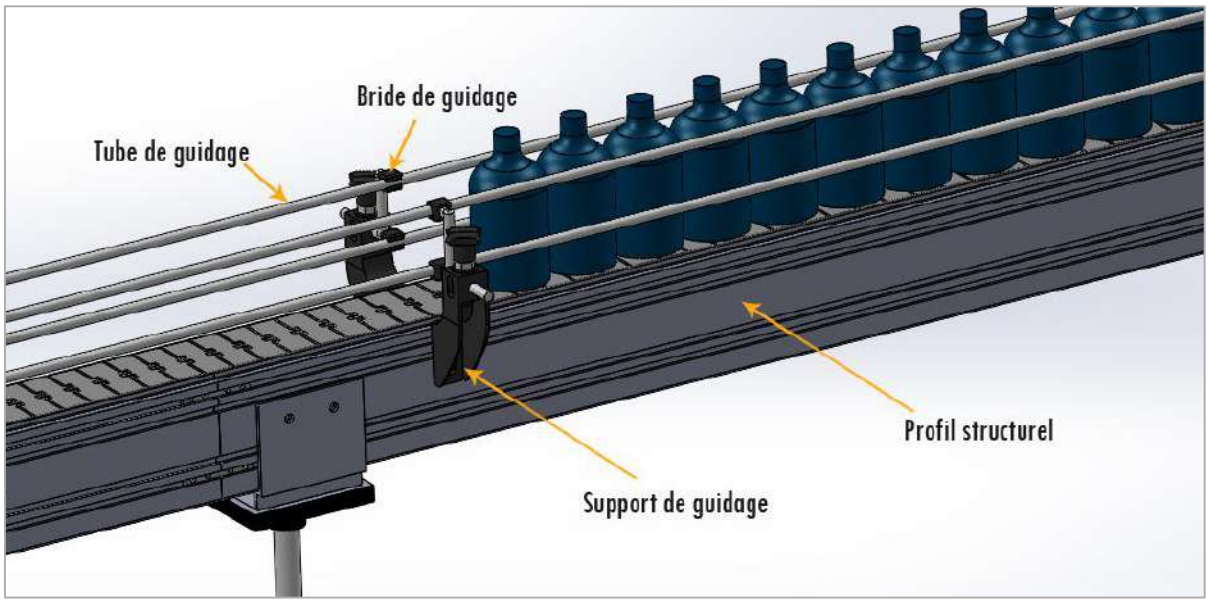


Figure 16 : Accessoires de guidage du convoyeur

VI. Conclusion de chapitre :

Dans ce chapitre nous avons présenté un diagramme FAST qui détermine la fonction globale d'un convoyeur, ce convoyeur est constitué en trois groupes des éléments (éléments fonctionnels ; éléments de soutien ; accessoire de guidage). Chaque élément est choisi avec des normes certifiées par ISO 22000.

CHAPITRE III : Etude dynamique et validation des choix

I. Etude dynamique :

La première partie de ce chapitre a pour objectifs de trouver le dimensionnement adéquat de la motorisation, de limiter les chocs et le glissement des bouteilles lors du démarrage. Pour se faire, il nous a fallu poser des hypothèses afin de pouvoir réaliser les calculs nécessaires.

Données et hypothèses de départ :

- Le coefficient de frottement au contact de la bouteille en verre avec la chaine en acétal : $\mu_p = 0{,}16$;
- Le coefficient de frottement au contact de profil de glissement en polyéthylène avec la chaine en acétal : $\mu_G = 0{,}17$; [HabaCHAIN®Slat and Conveyor Chains-Engineering Guide page : 21-22]
- L'accélération de la pesanteur : g = 9.81 m/s2 ;
- L'entraxe du convoyeur : L = 3.85 m ; langueur totale de convoyeur = 4 m ;
- La masse des bouteilles transportées par le convoyeur en pleine charge : mb = 63.6 Kg ;
- Le couple de démarrage est supposé constant ;
- La vitesse maximale de fonctionnement du convoyeur : V_{max} = 25.2 m/min ; (Voir Annexe N°1)
- Le rendement de l'arbre sur paliers à roulements : $\eta_p = 0.98$;
- Le rendement du système convoyeur-roue de renvoi-guidage : $\eta_c = 0{,}92$; [Guide de calcul Mécanique : page 220].

1. Etude du non-glissement :

Lors du démarrage, la vitesse du convoyeur est nulle. Elle n'atteint la vitesse de fonctionnement qu'après une certaine période. Pendant la phase de démarrage, la variation de

la vitesse conduit à une accélération positive, laquelle est inversement proportionnelle à la période de démarrage. Toutefois, si l'accélération est trop importante, on risque d'avoir un glissement des bouteilles sur la chaîne du convoyeur.

Dans le cas où le glissement se produit, on aura une accumulation au point de chargement et donc une augmentation considérable des chocs entre les bouteilles. Il se peut même que les bouteilles se brisent, ce phénomène est plus important.

Ainsi, la vocation principale de cette partie, est de trouver l'accélération maximale sans pour autant provoquer un quelconque glissement. Tout d'abord, il nous faut chercher les différentes actions mécaniques.

a) Inventaires des actions mécaniques :

On suppose que la bouteille est soumise seulement aux actions de la pesanteur $\vec{P}$ et de l'action $\vec{R}$ appliquée par la chaine du convoyeur.

b) Calcul de l'accélération :

On appliquant le Principe Fondamental de la Dynamique, on obtient :

$$m.\vec{\alpha} = \vec{P} + \vec{R}$$

$\vec{\alpha}$: Accélération de la bouteille ; **m** : Masse de la bouteille

A la limite du glissement, et en projection sur la direction du convoyeur et sa normale, on aura :

$$m.\alpha = R.\sin(\varphi)$$

$$0 = -P + R\cos(\varphi)$$

Donc : $$R = {}^{P}/_{\cos(\varphi)}$$

D'où : $$\alpha = \frac{P.\sin(\varphi)}{m.\cos(\varphi)} = g.\tan(\varphi) = g.\mu_P$$

Ce qui donne une accélération de :

$$|\alpha| = 9.81*0.16 = 1.57 \text{ m/s}^2$$

Quel que soit la forme des bouteilles. Ainsi, l'accélération de notre convoyeur ne doit pas dépasser l'accélération maximale α_{max}=1.57 m/s2.

2. Etude de l'effort de traction :

Cette partie s'intéresse à la détermination des caractéristiques du moteur permettant l'entrainement de la chaîne en plus de la charge que celle-ci supporte lors du fonctionnement. En effet, le moteur doit être capable de fournir à la chaîne une puissance suffisante afin d'assurer le transport des bouteilles. Dans notre cas, on s'intéresse à un convoyeur horizontal. La force de traction est donnée par la formule suivante :

$$F_T = [(2 \times m_c \times L + m_b) \times \mu_G + m_b \times \mu_P] \times g$$

m_b= masse totale de bouteilles [kg/m] ; m_c= masse linéique de la chaine [kg/m] ;
F_T = force de traction [N] ; L = longueur de convoyeur ;
μ_G = Coefficient de friction entre la chaine et le profil de glissement ;
μ_P = Coefficient de friction entre la chaine et la bouteille en verre ;
g = Accélération de la pesanteur.

$$F_T = [(2 \times 0.95 \times 4 + 63.6) \times 0.17 + 63.6 \times 0.16] \times 9.81$$

$$F_T = 218.567\ N$$

Néanmoins, il faut prendre en considération d'autres paramètres qui ont un impact direct sur la durée de vie de la chaîne, tels que l'usure et le nombre de démarrages. On calcule donc une nouvelle valeur de la force de traction, appelée force de traction corrigée. Elle dépend d'un facteur, appelé facteur de service, qui lui-même dépend des caractéristiques de fonctionnement du convoyeur.

La valeur corrigée de la force de traction est donnée par la relation suivante :

$$F_N = F_T \times F_S$$

F_N : Force de traction corrigée ; F_T : Force de Tension effective ;
F_S : Facteur de service.

Le tableau 3 indique les valeurs de Fs selon les applications les plus fréquentes. [8]

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	Fs
Position de la charge	
- centrale	1
- non centrale	1,2
Caractéristiques de la charge	
- uniforme: valeur de surcharge inférieure à 5%	1
- de faibles variations: valeurs de surcharge de 5 à 20%	1,2
- de fortes variations: valeur de surcharge de 20 à 40%	1,5
Fréquence de marche-arrêt avec charge	
- moins de 5 par jour	1
- de 5 par jour jusqu' à 2 par heure	1,2
- plus de 2 par heure	1,5
Milieu ambiant de travail	
- relativement propre	1
- moyennement poussiéreux ou sale	1,2
- humide, très sale et corrosif	1,3
Heures de fonctionnement/jour	
- jusqu'à 10h	1
- plus de 10h	1,2

Tableau 3 : Valeurs du Facteur de Sécurité

Dans notre cas le facteur de service est :

$$F_S = 1 \times 1 \times 1.2 \times 1.3 \times 1 = 1.56$$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$F_N = 218.567 \times 1.56$$

$$F_N = 341\ N$$

Après avoir déterminé cette force, on retrouve le couple de traction correspondant à la roue de traction en utilisant la formule suivante :

$$C_N = F_N \times R$$

C_N : Couple de traction ;
R : Rayon de la roue.

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$C_N = 341 \times \left({}^{0.1532}/_{2}\right)$$

$$C_N = 26.12\ N.m$$

Par la suite, on calcule le couple résistant tout en tenant compte des différentes pertes, provoquées par les frottements au niveau des deux paliers et les pertes en transmission par chaine. La puissance est alors déterminée grâce à la formule suivante :

$$C_r = \frac{C_N}{\eta}$$

Avec le rendement global :

$$\eta = \eta_c \times \eta_p$$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$C_r = \frac{26.12}{0.92 \times 0.98}$$

$$C_r = 28.97\ N.m$$

3. Choix du motoréducteur :

Les systèmes d'entraînement des convoyeurs ne demandent pas une performance dynamique particulièrement élevée, mais requièrent plutôt une grande fiabilité en plus d'une facilité de maintenance. [7]

Les convoyeurs à chaînes sont utilisés dans diverses applications. Généralement, ils sont contrôlés par le biais de boîtes à vitesses en agissant directement sur leurs chaînes.

Pour ce type de convoyeur, les réducteurs à arbres orthogonaux, entraînés directement par un moteur électrique, constituent la solution la plus adaptée quant au choix des motoréducteurs. Ils sont avantageux par rapport aux réducteurs à arbres parallèles, dans la mesure qu'ils présentent moins d'encombrement. [8]

Pour choisir le motoréducteur, Il est nécessaire de connaître la vitesse de rotation et le couple C_n nécessaires à l'entraînement de la charge. La vitesse de rotation est donnée par la relation suivante :

$$V_{max} = R_{roue} \times \omega_{max}$$

$$\omega_{max} = \frac{V_{max}}{R_{roue}}$$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$\omega_{max} = \frac{0.42}{0.0765}$$

$$\omega_{max} = 5.5\ rad/s$$

Ainsi, la fréquence de rotation vaut :

$$N = \frac{\omega . 60}{2\pi}$$

$$N = 52.52 \ tr/mn$$

Par la suite, on calcule la puissance du moteur tout en tenant compte des différentes pertes, provoquées par les frottements au niveau des deux paliers et les pertes en transmission par chaine. La puissance est alors déterminée grâce à la formule suivante :

$$\boldsymbol{P} = C_r \times \omega_{max}$$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$\boldsymbol{P} = 29 \times 5.5$$

$$\boldsymbol{P} = 159.5 \ W = 0.160 \ KW$$

Après avoir retrouvé la fréquence et la puissance du moteur, on retourne aux catalogues du constructeur pour sélectionner le motoréducteur le mieux adapté à notre convoyeur. A partir du tableau dans le catalogue, on choisit les caractéristiques techniques du motoréducteur, tout en veillant à avoir un couple de sortie du motoréducteur supérieur à C_r.

Les caractéristiques du motoréducteur choisit à partir de catalogue sont : [9]

Réf. : LS71L Mb 2201
Puissance : KW2 = 0.25 kW
Couple de sortie : Ms = 31 N.m
Vit. De sortie Ns = 56.3 Tr/mn
Rapport de réduction 1/i = 1/25

On remarque que ce motoréducteur possède une vitesse de rotation supérieure à la vitesse maximale désirée. Pour pallier à cela, on introduit un variateur de vitesse électronique, qui par la même occasion peut servir à adapter la vitesse du convoyeur selon le besoin. Ce changement permet de modifier volontairement la cadence de la production.

II. Validation des choix :

Cette partie s'intéresse à la validation des solutions précédemment adoptées dans la partie choix des éléments. Nous nous intéresserons notamment aux éléments de soutien et aux éléments fonctionnels. Par ailleurs, nous vérifions le dimensionnement et le comportement des pièces soit par calcul soit par des données fournies par le constructeur.

1. Dimensionnement de l'arbre de traction :

L'arbre moteur a pour fonction de transmettre le couple du moteur vers la roue dentée (roue de traction). C'est une pièce rotative à section circulaire encastrée dans le pignon via une clavette et deux bagues de serrage. L'arbre est guidé en rotation avec deux paliers comme l'illustre la figure 17.

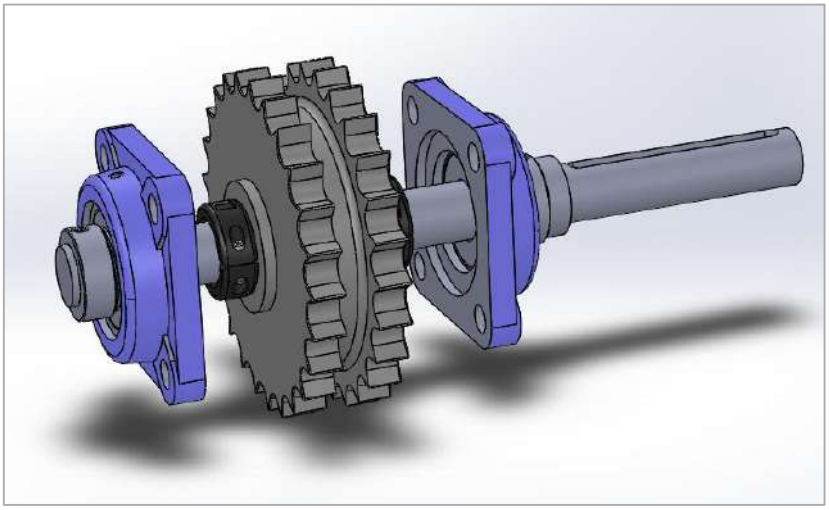


Figure 17 : Guidage en rotation de la roue de traction

a) Données et hypothèses de départ :

- L'arbre principale encaisse un moment de torsion M_t =T = 31 000 N.mm ;
- Le coefficient de sécurité s = 2 ; (page 4 :[10])
- Seule la torsion génère des contraintes importantes ;
- Le facteur de concentration extrême de contrainte due à la rainure de la clavette $K_t \simeq 5.4$;
- La limite élastique en traction de l'acier inox (acier doux) AISI 304 Reg ≈240 MPa.

b) Détermination du diamètre de l'arbre :

Sous toutes ces conditions, l'arbre est réalisé en un acier inoxydable AISI 304 pour résister dans le milieu corrosif. La contrainte tangentielle maximale vaut :

$$\tau_{max} = \frac{M_{t(\max)}}{I_0} \times R = \frac{M_{t(\max)}}{\frac{\pi d^4}{32}} \times \frac{d}{2} = \frac{16 \times M_{t(\max)}}{\pi . d^3}$$

$\boldsymbol{\tau_{max}}$: Contrainte maximale tangentielle (MPa) ; $\boldsymbol{M_{t\,(max)}}$: Moment de torsion maximale (N.mm)

I_0 : Moment quadratique polaire de la section (S) (mm4) ;

R : Distance du point le plus éloigne de la fibre neutre à cette dernière (mm) ;

(I_0/R) : module de torsion (mm3) ;

d : diamètre de l'arbre ;

On doit vérifier le critère de résistance :

$$\tau_{max} \leq \frac{R_{eg}}{s . K_t}$$

$$d \geq \left(\frac{16 . M_t . s . K_t}{\pi . R_{eg}}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{16 \times 31000 \times 2 \times 5.4}{\pi . 240}\right)^{\frac{1}{3}} = 19.22\ mm$$

On peut prendre un diamètre 25 qui est normalement diamètre intérieur le plus petit de la roue de traction déjà choisie (voir le choix de la roue).

c) Choix de la clavette :

Dans le guide de dessinateur industriel- chevalier, on préconise pour un diamètre de l'arbre de 25 mm d'utiliser une clavette pour laquelle : [8]

- a = 8mm ;
- b = 7mm ;
- d = 25mm ;
- j = d-3 = 25-3 = 22 mm

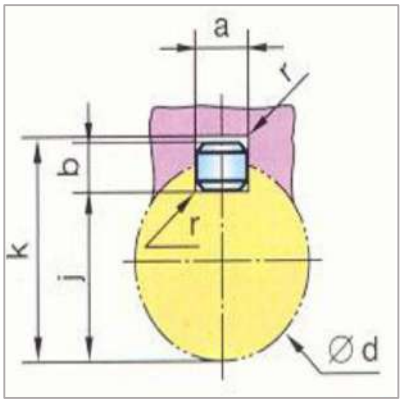


Figure 18 : Clavette

d) Vérification de la rigidité de cet arbre :

NB : Ce calcul se fait pour s'assurer que l'arbre résiste aux charges radiales, c'est un calcul conseillé par la plupart des constructeurs de convoyeur.

Pour le calcul de la force de flexion appliquée à l'arbre de traction. On utilise la formule de calcul suivante : [8]

$$F = \frac{T}{R} = \frac{31}{0.0125} = 2480\ N$$

F : Effort de traction (N) ;

R : Rayon de l'arbre e ;

T : Couple à la sortie du motoréducteur.

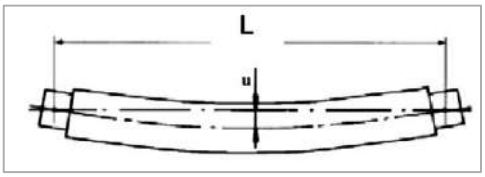


Figure 19 : Arbre en flexion

La flèche pour une poutre sur deux appuis simples avec une charge uniformément répartie est :

$$u = \frac{5.F.L^3}{384.E.I}$$

u : Flèche de l'arbre ;

L : Longueur de l'axe entre roulements (mm) ;

F : Effort de flexion ci-dessus (N) ;

E : Module d'élasticité (N/mm2). (Pour Inox : E=195000 N/mm2) ;

I : Moment quadratique de l'arbre (pour l'arbre rond plein avec D = 25mm est I=19175 mm 4).

Sur la plupart des catalogues de constructeurs, on trouve que la valeur de la flèche maximale pour les arbres de convoyeurs a une valeur de 2.5mm.

En remplaçant les valeurs numériques, on trouve :

$$u = \frac{2480 \times 180^3}{76.8 \times 195000 \times 19175}$$

$$u = 0.050\ mm \leq 2.5\ mm$$

2. Vérification de la résistance de la chaine :

Après avoir trouvé le couple maximal que le moteur peut fournir, il nous faut vérifier la résistance de la chaîne aux efforts développés pas le moteur. Pour se faire, on calcule la force maximale appliquée sur la chaîne. Cette force vaut le quotient du couple de sortie sur le rayon de la roue.

$$F = \frac{T}{R_r}$$

Où $\mathbf{R_r}$ est le rayon de la roue.

En remplaçant les valeurs numériques, on trouve :

$$F = \frac{T}{R_r} = \frac{31}{0.0765}$$

$$F = 405.22\ N$$

Le tableau suivant mentionne les différentes tensions admissibles par les chaînes des convoyeurs. [12]

	M	Newtons
820	LF	3200
821	LF	6500
880	LF	5200
880 R	LF	4500
881	SSS SSC	10000 9500

Tableau 4 : Tensions admissibles par les chaînes

La tension admissible pour la chaine en **LF 820** que nous avons utilisé est $\mathbf{F}_{adm}$ = 3200 N

La condition de résistance stipule que $\boldsymbol{F_{adm} \geq F}$

On remarque ainsi que la condition de résistance est largement satisfaite ($\mathbf{F}_{adm}$>>>405.22 N).

On en conclut que la chaîne que nous avons choisie pour le convoyeur est convenable. Notre choix est donc validé.

3. Validation du choix du palier :

Le choix des paliers dépend du diamètre intérieur et de la charge admissible limite qu'il peut supporter, à condition que cette dernière soit supérieure à la charge radiale développée par le moteur.

Après avoir effectué le choix du motoréducteur définit par sa charge Radiale, nous avons consulté une nouvelle fois le catalogue pour trouver le palier convenable au point de vue de la charge radiale. Pour un guidage correct de l'arbre moteur, nous avons choisi le palier dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant :

Caractéristique Spécification	Spécification
Diamètre Intérieur	25 Mm
Charge Radiale Admissible	13 Kn
Corrosion	Non
Graisseur	1/4 Unf
Matériau Roulement/Fixation	Acier Inox 304
Corps	Pbt (Polybutylène Téréphthalate)
Température De Fonctionnement	-35 A 102°C

Tableau 5 : Caractéristiques du palier

4. Validation de la structure :

Dans cette étude statique nous allons étudier la résistance de chaque élément de structure (structure principale, Module de traction, Module de renvoi) et nous allons modéliser les forces et les charges appliquées sur chaque élément à l'aide de l'outil de simulation SolidWorks pour avoir le résultat de la simulation numérique et la résistance de la structure. Nous allons s'appuyer sur les résultats pour valider qualitativement la résistance de ces éléments.

NB : Les zones rouges localisent les valeurs (contraintes ou déformations) maximales et les bleues, les minimales.

a) Présentation :

Dans cette partie, nous subdiviserons l'étude statique en deux parties ; la première partie sera consacrée à l'étude de la structure latérale principale et la deuxième s'intéressera à l'étude de la structure latérale de traction. La structure latérale de renvoi étant une géométrie identique à celle de la structure latérale de traction, nous nous contenterons d'une seule étude. Cela

s'explique par le fait que la structure latérale de traction est plus sollicitée. Si elle résiste alors la structure latérale de renvoi résistera automatiquement.

Au départ, nous allons définir le matériau et l'inventaire des actions mécaniques appliquées sur chaque structure, puis nous imposerons les déplacements et les parties fixes de chaque profil structurel. Par la suite, nous appliquerons les charges afin d'obtenir les résultats de simulation pour enfin les interpréter pour décider de la validité de la structure. (Voir figure 20)

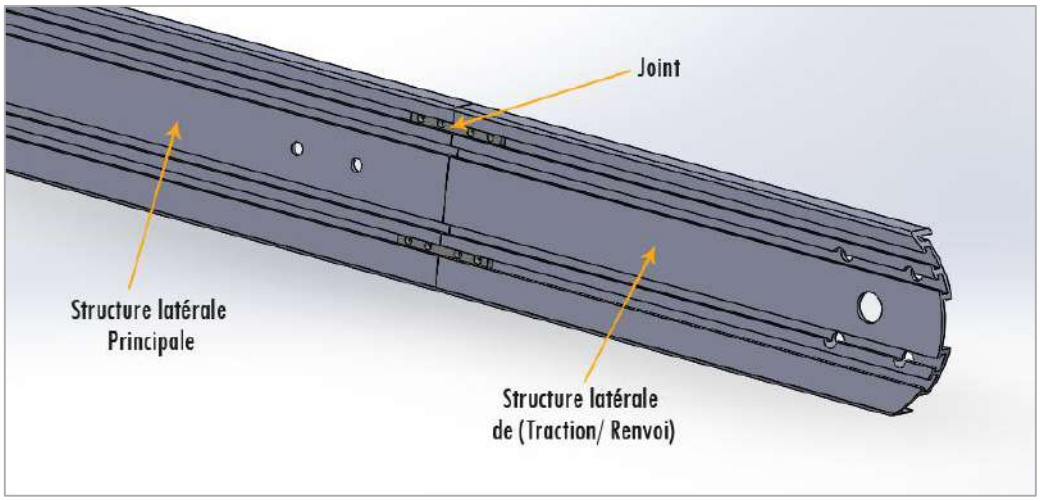


Figure 20 : Structure latérale du convoyeur

Données du problème :

Le tableau suivant représente les masses des différents éléments entrant en action lors de l'application des contraintes :

L'élément	Masse en Kg
Roue de Traction	0.6
Roue de Renvoi	0.9
Accessoires de guidages :	0.483
Entretoise	0.06
Support	0.283
Bride	0.14
Palier	0.35
Arbre de Traction	1
Arbre de Renvoi	0.78
Moteur	18

Tableau 6 : Masses des éléments du convoyeur

De la même manière, le tableau 7 ne contenant que les masses linéiques :

Les éléments	masse linéique (Kg/m)
Chaîne	0.95
profil de glissement	0.12
Profil structurel	2.85
Tube de guidage (D=10, e=2)	0.4
Bouteilles	15.9

Tableau 7 : Masses linéiques des éléments du convoyeur

Masse totale du module de traction en pleine charge est de 56.20 Kg et celle du module de renvoi en pleine charge est de 21.35 Kg, on aura donc une masse totale de 108 Kg si on prenait aussi en considération la masse du module central.

Hypothèses :

Nous allons travailler sur des pièces élémentaires pour garantir la simplicité des problèmes par la suite faire des économies au niveau du temps d'étude.

D'autre part, la simulation d'assemblage peut s'avérer délicate. Pour y remédier, nous vérifions la résistance de chaque élément séparément. Cela découle des nombreuses erreurs de modélisation qu'on peut rencontrer.

Après la vérification de la résistance de chaque structure, elle est considérée par la suite comme étant une pièce indéformable pour pouvoir modéliser les autres structures. Cette méthode peut montrer des limitations notamment dans le cas des grandes déformations. Dans ces cas, nous ne retenons plus la structure et nous essayons de trouver une autre alternative.

Définition des matériaux :

On utilise un maillage fin pour assurer la précision durant l'étude. Le tableau suivant représente les différentes spécifications du matériau que nous avons utilisé.

Nom	Alliage Aluminium 1060
Type du modèle	Linéaire élastique isotropique
Critère de ruine par défaut	Contrainte de Von Mises max
Limite d'élasticité	27. 5742 MPa (N/mm2)
Limite de traction	68.9356 MPa (N/mm2)
Module d'élasticité	6.9e+010 N/m2
Coefficient de Poisson	0.33
Masse volumique	2700 kg/m3
Module de cisaillement	2700 MPa (N/mm2)
Coefficient de dilatation thermique	2.4e-005 /Kelvin

Tableau 8 : Alliage Aluminium 1060

b) Simulation pour la structure principale :

❖ **Définition du modèle géométrique :**

Nous schématisons le profil structurel central d'une longueur de 3 mètres sous la forme suivante, où Face A représenté la partie qui supporte les profils de glissements, la charge (bouteilles) et la chaîne et la Face B représente la partie qui supporte le poids de la chaîne et les profils de glissement.

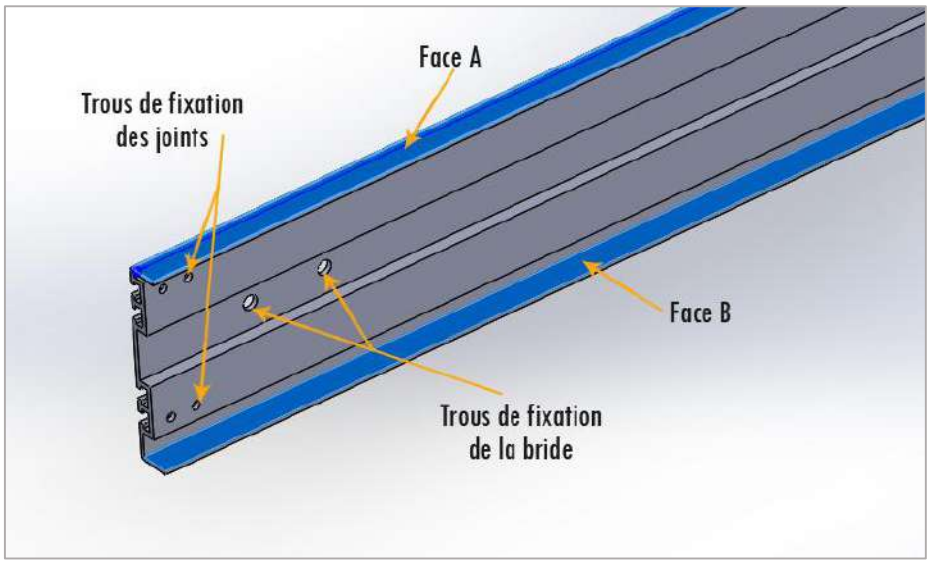


Figure 21 : Profil structurel central

❖ **Les actions extérieures :**

Le profil structurel est siège de plusieurs forces qui s'appliquent sur ses deux faces. En effet, la Face A subit un poids total de P1 = 251.5 N. En ce qui concerne la Face B, elle subit un poids total de P2 = 17.5 N.

Pour les trous de fixation de la partie droite, ils subissent le poids du module de traction qui d'une valeur de 180 N, ceux de la partie gauche subissent le poids du module de renvoi d'une valeur de 74 N.

❖ **Les géométries fixes :**

La géométrie fixe de cette structure est représentée par les trous de fixation de la bride de soutien.

❖ **Résultat de simulation :**

Après avoir appliqué les forces extérieures et définir les géométries fixes, nous avons exécuté l'étude statique pour avoir les contraintes de Von Mises et les déplacements. La contrainte est illustrée de la manière suivante :

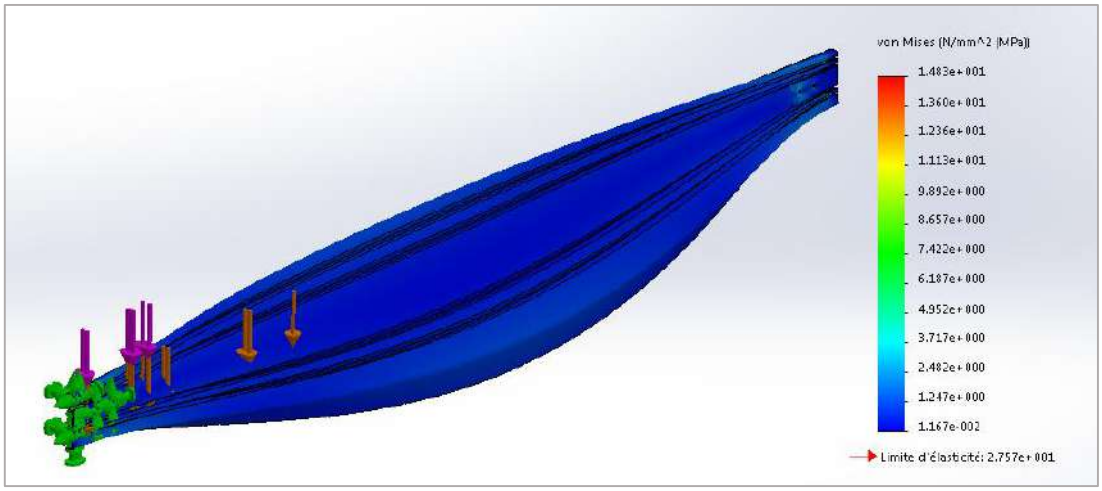


Figure 22 : Représentation des contraintes appliquées sur le profil structurel central

Le tableau suivant illustre les valeurs numériques de la contrainte minimale et de la contrainte maximale :

Type contrainte	Contrainte min.	Contrainte Max.
contrainte de Von Mises	0.016700 N/mm2 (MPa)	14.8316 N/mm2 (MPa)

Les déplacements résultants (en haut) et les déplacements équivalents (en bas) sont présentés de la façon suivante :

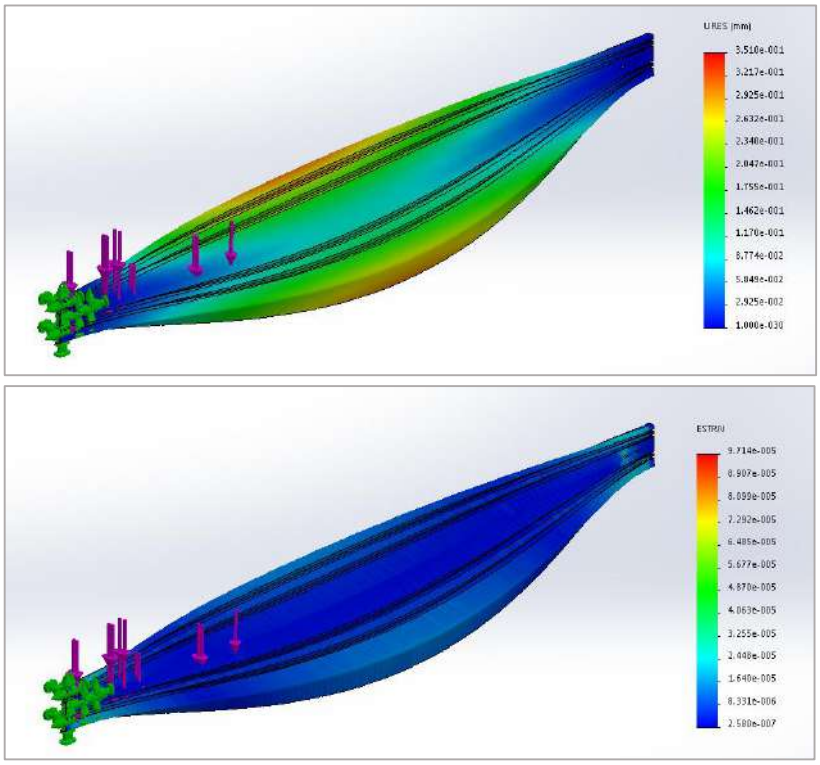


Figure 23 : Déplacements résultants (en haut) et déplacements équivalents (en bas)

Le tableau suivant représente les valeurs numériques des déplacements et des déformations équivalentes :

Nom	Min.	Max.
URES : Déplacement résultant	0mm	0.354101 mm
ESTRN : Déformation équivalente	2.58038e-007 mm	0.000097146 mm

c) La résistance de modules de traction et de renvoi :

❖ **Définition du modèle volumétrique :**

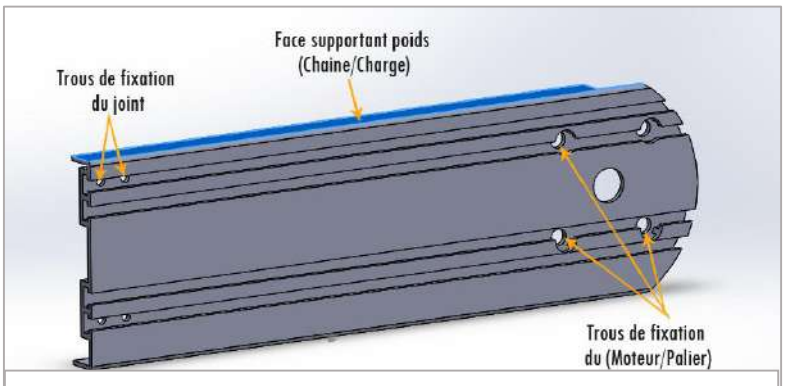


Figure 24 : Module de traction

❖ **Les actions extérieures :**

Le profil structurel de traction est siège de plusieurs forces qui s'appliquent sur sa face et sur les trous de fixation du palier. En effet, sa face subit un poids total de P1'= 84 N. Pour les trous de fixation Moteur/Palier, ils subissent le poids du module de la roue, de l'arbre, du palier et du moteur qui d'une valeur de 188 N.

❖ **Les géométries fixes :**

La géométrie fixe de cette structure est représentée par les trous de fixation des joints de soutien.

❖ **Résultat de simulation :**

Après avoir appliqué les forces extérieures et définir les géométries fixes, nous avons exécuté l'étude statique pour avoir les contraintes de Von Mises et les déplacements. La contrainte est illustrée de la manière suivante :

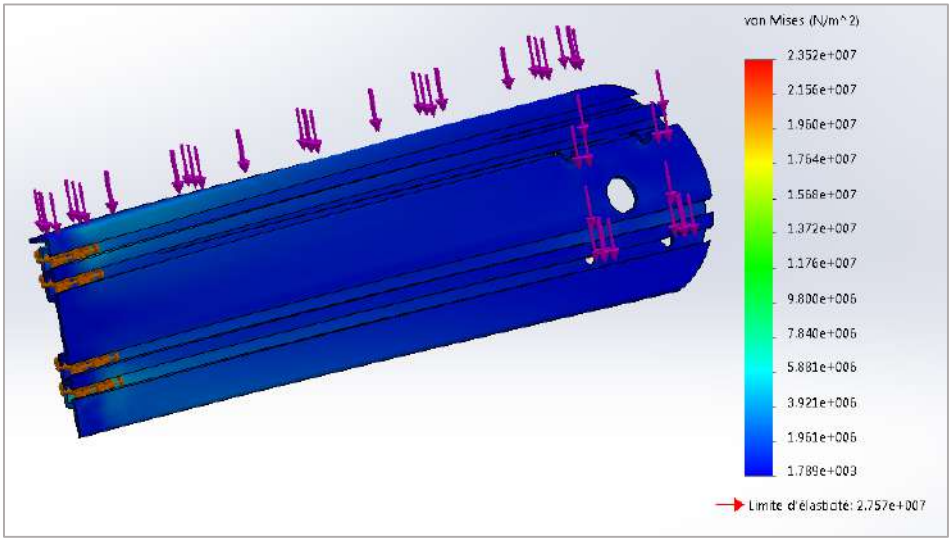


Figure 25 : Représentation des contraintes appliquées sur le module de traction

Le tableau suivant illustre les valeurs numériques de la contrainte minimale et de la contrainte maximale :

Type contrainte	Contrainte min.	Contrainte Max.
Contrainte de Von Mises	0.00178914 N/mm^2 (MPa)	23.5175 N/mm^2 (MPa)

Les déplacements résultants (à gauche) et les déformations équivalentes (à droite) sont présentés par les figures suivantes :

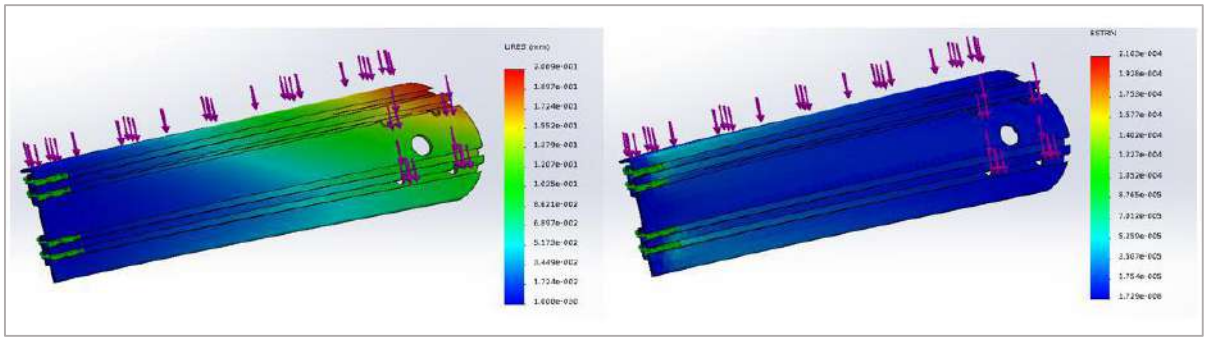


Figure 26 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite)

Le tableau suivant représente les valeurs numériques des déplacements et des déformations équivalents :

Nom	Min.	Max.
URES : Déplacement résultant	0mm	0.206916 mm
ESTRN : Déformation équivalente	1.72897e-008 mm	0.000210327 mm

d) Conclusion :

Nous constatons d'après la simulation sous SolidWorks que les structures (Principale et de traction) peuvent parfaitement supporter les charges auxquelles elles seront confrontées lors du fonctionnement du convoyeur. En effet, les résultats de la simulation montrent que les déformations maximales que peuvent subir les structures ne dépassent guère les 0.4 millimètres (0.354101 mm pour le central et 0.206916 mm pour le profil de traction). Ces valeurs sont loin de présenter un quelconque risque pour la solidarité des profils, la structure restera donc rigide même dans le cas d'un chargement maximal.

Par ailleurs, un raisonnement sur les contraintes permet de trancher définitivement quant au choix. Bien que lors du fonctionnement les contraintes maximales dans les trous de fixation (zones verte et orange) atteignent des valeurs relativement élevées par rapport au reste des structures, ces valeurs restent loin de la limite élastique. De plus, la quasi-totalité des structures (zones bleues) est extrêmement très éloignée de la limite élastique.

La condition de résistance est donc respectée ($\sigma_{max}<\sigma_e$).Ainsi, il va sans dire que le choix de la structure est aisément validé.

Remarque :

Il faut savoir que malgré que la structure soit faite d'un matériau anodisé, elle perd sa couche de protection au niveau des trous lors de l'opération du perçage. Ces trous servent à la fixation des différents accessoires, ce sont eux alors qui sont confrontés à la concentration des contraintes.

5. Résistance des éléments de soutien :

Dans cette partie, nous allons calculer la résistance de la bride

a) Représentation du modèle géométrique :

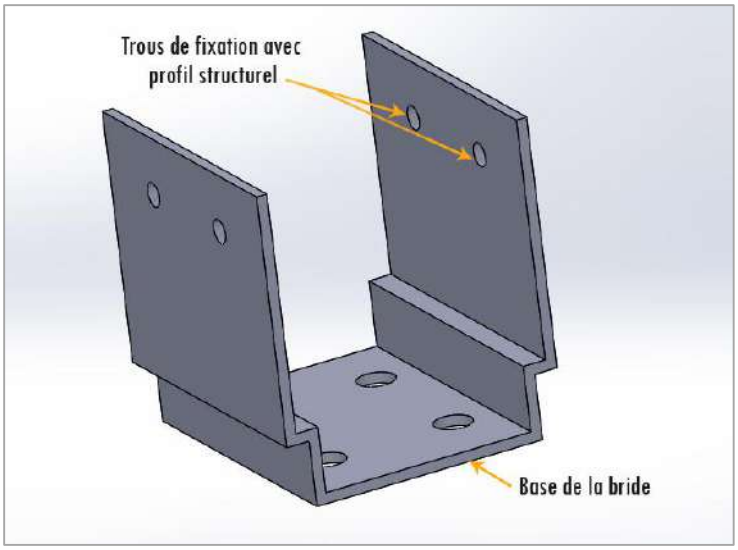


Figure 27 : Bride de soutien

❖ **Définition du matériau de la bride :**

Nom	AISI 304
Type du modèle	Linéaire élastique isotropique
Critère de ruine par défaut	Contrainte de Von Mises max
Limite d'élasticité	2.06807e+008 N/m2
Limite de traction	5.17017e+008 N/m2
Module d'élasticité	1.9e+011 N/m2
Coefficient de Poisson	0.29
Masse volumique	8000 kg/m3
Module de cisaillement	7.5e+010 N/m2
Coefficient de dilatation thermique	1.8e-005 /Kelvin

Tableau 9 : matériau de la bride

❖ **Les actions extérieures :**

Comme mentionné antérieurement, la structure contient deux brides sur lesquelles on fixe deux profils structuraux à l'aide de quatre vis de fixation chacune. Les deux brides supportent un poids total d'une valeur de 1059.5 N due à la masse totale de 108 Kg de l'ensemble composé d'un module de traction, d'un module de renvoie et d'une partie centrale.

❖ **Les géométries fixes :**

La géométrie fixe de cette structure est représentée par les trous de fixation avec les profils structuraux.

❖ **Résultat de simulation :**

Après avoir appliqué les forces extérieures et définir les géométries fixes, nous avons choisi une étude statique pour avoir les contraintes de Von Mises et les déplacements. La contrainte est illustrée de la manière suivante :

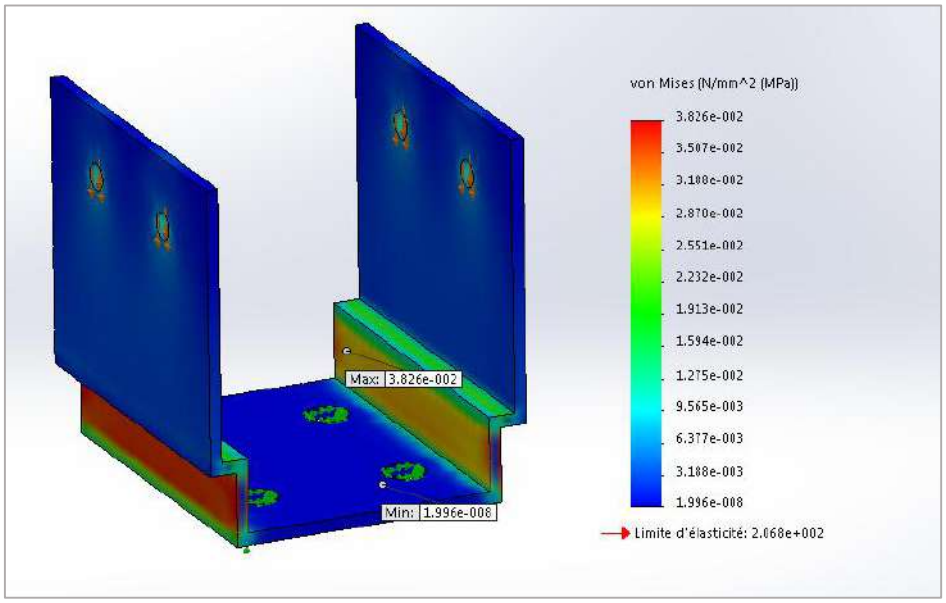


Figure 28 : Représentation des contraintes appliquées sur la bride de soutien

Le tableau suivant illustre les valeurs numériques de la contrainte minimale et de la contrainte maximale :

Type contrainte	Contrainte min.	Contrainte Max.
Contrainte de Von Mises	1.99671e-008 N/mm^2 (MPa)	3.82681e-002 N/mm^2 (MPa)

Les déplacements résultants (à gauche) et les déformations équivalentes (à droite) sont présentés par les figures suivantes :

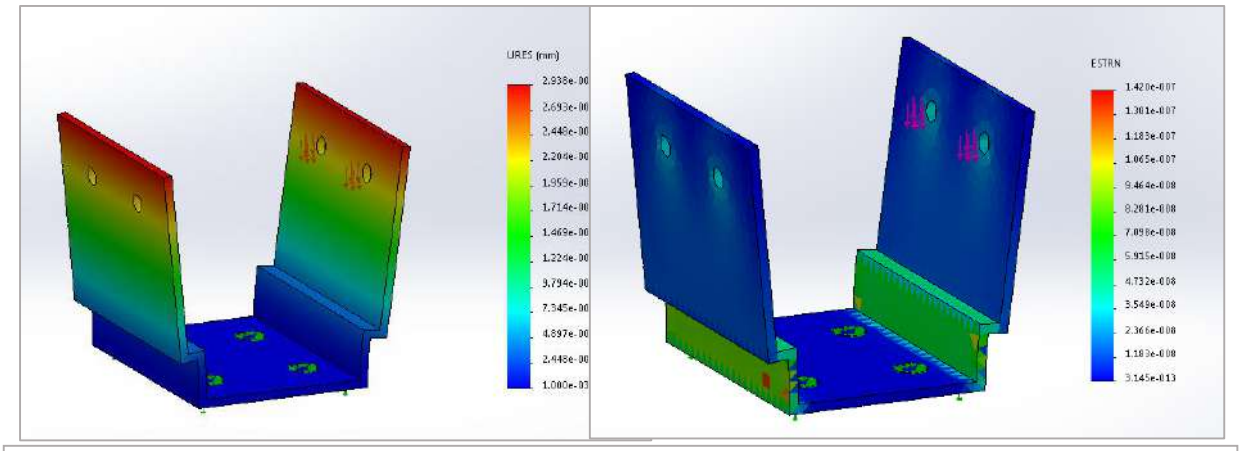


Figure 29 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite)

Le tableau suivant représente les valeurs numériques des déplacements et des déformations équivalents :

Nom	Min.	Max.
URES : Déplacement résultant	0mm	0.00029386 mm
ESTRN : Déformation équivalente	3.14567e-013 mm	1.42065e-007 mm

b) Conclusion :

Vu la particularité de la fonction de la bride, son analyse statique s'est fait d'une manière différente des profils structuraux.

Initialement, les seuls informations que nous avions sous la main étaient le matériau et les dimensions géométriques de la bride, et nous devions définir l'épaisseur de la tôle à employer pour la fabrication de la bride de telle sorte qu'elle résiste au poids de la structure.

La méthode que nous avons utilisée est une méthode itérative, elle consiste à choisir une valeur donnée de l'épaisseur et vérifier si celle-ci convient à l'application. Si cette valeur est suffisante nous la retenons, le cas échant nous recommençons avec une valeur supérieure jusqu'à trouver une épaisseur convenable.

III. Conclusion de chapitre :

Nous parlons dans ce chapitre sur les plans des études dynamique, on a fait une étude du non glissement et de l'effort de traction plus que le choix du Moteur réducteur. Sur le plan de validation de choix, le dimensionnement de l'arbre de traction et de résistance de la chaine est pris considération.

En fin la simulation de la structure portante du system est faite par le logiciel SOLIDWORKS, les contraintes de Von Mises et les dépassements résultantes et équivalentes sont extraire après le maillage de chaque pièce.

Chapitre IV : Automatisation du système

Dans ce chapitre, nous pencherons sur l'automatisation de la ligne de remplissage. Cela en détaillant les différents programmes que nous avons réalisés. Par la suite, une étude économique sera faite.

I. Automatisation et présentation de logiciel STEP7 :

Les automates sont des machines qui mesure, détecte, et actionne et cela utilisant une ou plusieurs technologies qui sont :

- Technologie électromécanique.
- Technologie électronique,
- Technologie pneumatique,
- Technologie hydraulique.

Chacune de ses technologies met en œuvre une grandeur physique que l'on peut commuter et mesurer. Dans le cas des technologies pneumatique et hydraulique, la grandeur physique sera une pression d'air ou d'huile. La technologie électromécanique utilise le courant électrique. Et enfin, la technologie électronique travaille avec une différence de potentiel avec la masse. [13]

1. Les automates programmables :

a) Définition

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien, adapté à l'environnement industriel et destiné à piloter des procédés. Son fonctionnement est défini par programme ; donne des ordres aux pré-actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs, détecteur…), rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus. L'automate programmable peut traiter : [12]

- Des commandes de type logiques, séquentielles et analogiques,
- Des fonctions de calcul arithmétique ; temporisation, comptage, comparaison,
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateurs…) Comme il peut aussi réaliser des fonctions de régulation.

b) Architecture d'un automate

Un automate programmable industriel est principalement composé de :

- L'une unité centrale (UC) ; une mémoire et un processeur,

- Modules d'entrées et sorties,
- L'alimentation électrique,
- Les coupleurs.

a. Les Modules d'entrées /sorties

- **Modules d'entrées**

Il existe deux types d'entrées dans un automate :

- **Les modules d'entrées « Tout ou Rien »**

Un module d'entrée Tout ou Rien, permet à l'unité centrale de l'automate d'effectuer une lecture de l'état logique des capteurs qui lui sont raccordés et de le matérialiser par un bit image de l'état du capteur. [12]

- **Les modules d'entrées analogiques**

Les différentes fonctions d'un module d'entrée analogique sont : [13]

- La sélection de la gamme d'entrées de chaque voie ;
- La scrutation des voies d'entrées par multiplexage et l'acquisition des valeurs ;
- La conversion analogique/numérique des mesures d'entrées.

- **Modules de sorties**

Il existe deux types de modules de sorties dans l'automate :

- **Les modules de sorties « Tout ou Rien »**

Les modules de sorties tout ou rien, permettent à l'automate programmable d'agir sur les pré-actionneurs ou d'envoyer des messages à l'opérateur. [12]

- **Les modules de sorties analogiques**

Les différentes fonctions d'un module de sortie analogique sont :

- La sélection de la gamme pour chaque sortie ;
- La conversion analogique/numérique des valeurs de sorties.

b. Les coupleurs

Les coupleurs permettent à l'automate de communiquer avec le milieu extérieur (console, imprimante…) ou de le relier avec d'autres automates. [12]

c. Le bus interne

Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions. [12]

c) Insertion de l'automate dans un procédé

L'automate programmable est inséré dans un procédé pour le commander tout en réalisant les fonctions suivantes :

Acquisition des données

Elle est réalisée à partir des capteurs situés sur le site. Ces capteurs mesurent les grandeurs physiques à surveiller qui servent à élaborer les commandes et délivrent des signaux transformés en signaux électriques normalisés transmis à l'automate programmable. [13]

- **Programmation d'un API**

La programmation d'un API s'effectue à l'aide de langages spécialisés, fournis par le constructeur (ex : Step7 pour Siemens et PLC pour Schneider). Chaque automate se programmant via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

2. Le logiciel STEP7 :

Le STEP 7 fait partie de l'industrie logiciel SIMATIC. Il présente le logiciel de base pour la configuration et la programmation de system d'automatisation.

Les taches de base qu'il offre à son utilisateur lors de la création d'une solution d'automatisation sont : [11]

- La création et la gestion de projet,
- La configuration et paramétrage du matériel et de la communication,
- La gestion des mnémoniques,
- La création des programmes,
- Le chargement des programmes dans les systèmes cibles,
- Le test de l'installation d'automatisation,
- Le diagnostic lors des perturbations des installations.

Il s'exécute sous les system d'exploitation de MICROSOFT à partir de la version WINDOWS-95. Et s'adapte par conséquent à l'organisation graphique orientée, objet qu'offrent ses systèmes d'exploitation.

a) Application du logiciel de base STEP7 :

Le logiciel STEP 7 met à disposition les applications suivantes : [11]

- Le gestionnaire de projet,
- La configuration du matériel,
- L'éditeur des mnémoniques,
- L'éditeur de programmes CONT, LOG, LIST,
- La configuration de la communication NETPRO,
- Le diagnostic du matériel.

b) Gestionnaire de projet SIMATIC Manager :

Le gestionnaire du projet SIMATIC Manager gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation, il démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

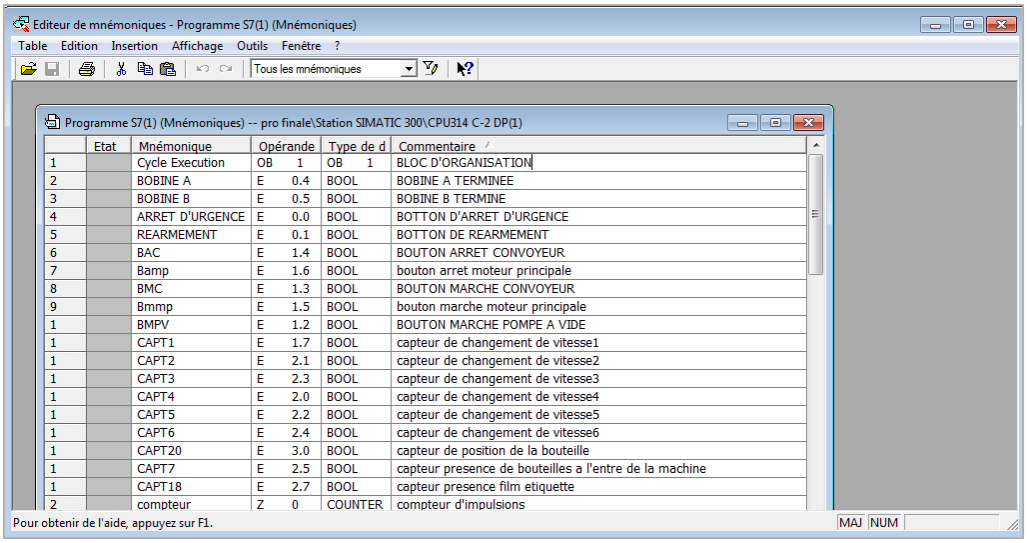
c) Configuration du matériel HW Config

HW Config est utilisé pour configurer et paramétré le support matériel dans un projet d'automatisation.

d) Éditeur de mnémonique :

Il permet la gestion de toutes les variables globales. En effet il définit des désignations symboliques et des commentaires pour les signaux du processus (entré/sortie), les mémentos, les blocs de données, les temporisations et les compteurs.

La table des mnémoniques qui en résulte est mise à disposition de toutes les applications. La modification de l'un des paramètres d'une mnémonique est de se fait reconnue automatiquement par toutes les applications.



	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		Cycle Execution	OB 1	OB 1	BLOC D'ORGANISATION
2		BOBINE A	E 0.4	BOOL	BOBINE A TERMINEE
3		BOBINE B	E 0.5	BOOL	BOBINE B TERMINE
4		ARRET D'URGENCE	E 0.0	BOOL	BOTTON D'ARRET D'URGENCE
5		REARMEMENT	E 0.1	BOOL	BOTTON DE REARMEMENT
6		BAC	E 1.4	BOOL	BOUTON ARRET CONVOYEUR
7		Bamp	E 1.6	BOOL	bouton arret moteur principale
8		BMC	E 1.3	BOOL	BOUTON MARCHE CONVOYEUR
9		Bmmp	E 1.5	BOOL	bouton marche moteur principale
1		BMPV	E 1.2	BOOL	BOUTON MARCHE POMPE A VIDE
1		CAPT1	E 1.7	BOOL	capteur de changement de vitesse1
1		CAPT2	E 2.1	BOOL	capteur de changement de vitesse2
1		CAPT3	E 2.3	BOOL	capteur de changement de vitesse3
1		CAPT4	E 2.0	BOOL	capteur de changement de vitesse4
1		CAPT5	E 2.2	BOOL	capteur de changement de vitesse5
1		CAPT6	E 2.4	BOOL	capteur de changement de vitesse6
1		CAPT20	E 3.0	BOOL	capteur de position de la bouteille
1		CAPT7	E 2.5	BOOL	capteur presence de bouteilles a l'entre de la machine
1		CAPT18	E 2.7	BOOL	capteur presence film etiquette
2		compteur	Z 0	COUNTER	compteur d'impulsions

Figure 30 : Exemple d'un Éditeur de mnémonique

e) Éditeur de programme :

Les langages de base proposés sont :

- Le schéma a contact (CONT), langage graphique similaire au schéma de circuit à relais, il permet de suivre facilement le trajet du courant,
- List d'instruction (LIST), langage textuelle de bas niveau, à une instruction par ligne, similaire au langage assembleur,

- Le logigramme (LOG), langage de programmation graphique qui utilise les boites de l'algèbre de Boole afin de représenter les opérations logiques.

  L'éditeur de programme permet aussi la visualisation de forçage de variables.

f) Diagnostic du matériel :

Le diagnostic du matériel fournit un aperçu sur l'état de système de l'automatisation. Dans une représentation d'ensemble, un symbole permet de préciser pour chaque module, s'il est défaillant ou pas. Un double clic sur le module défaillant, permet d'afficher les informations détaillées sur le défaut. Avec le diagnostic, on peut avoir des informations générales sur le module, les causes des erreurs, comme on peut détecter les causes de défaillances dans un programme.

g) Simulateur PLCSIM :

Grace à ce simulateur, on peut exécuter et tester notre programme dans l'automate programmable, que l'on simule dans l'ordinateur ou dans la console de programmation. Le simulateur est représenté dans la figure suivante :

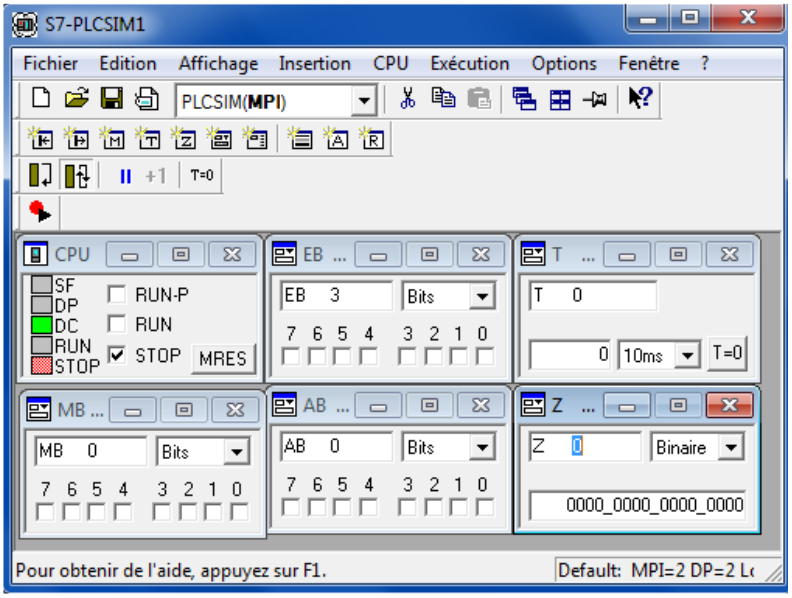


Figure 31 : Exemple d'un Simulateur PLCSIM

II. L'automate programmable industriel de système :

On nomme Automate Programmable Industriel, API (en anglais Programmable Logic Controller, PLC) un type particulier d'ordinateur, robuste et réactif, ayant des entrées et des sorties physiques, utilisé pour automatiser des processus comme la commande d'une ligne de remplissage automatique des bouteilles.

Dans le présent projet, nous avons opté pour l'automate Siemens SIMATIC S300 à alimentation intégrée comme matériel et pour le logiciel Step7 comme logiciel de programmation. Sa configuration matérielle est représentée dans la figure suivante :

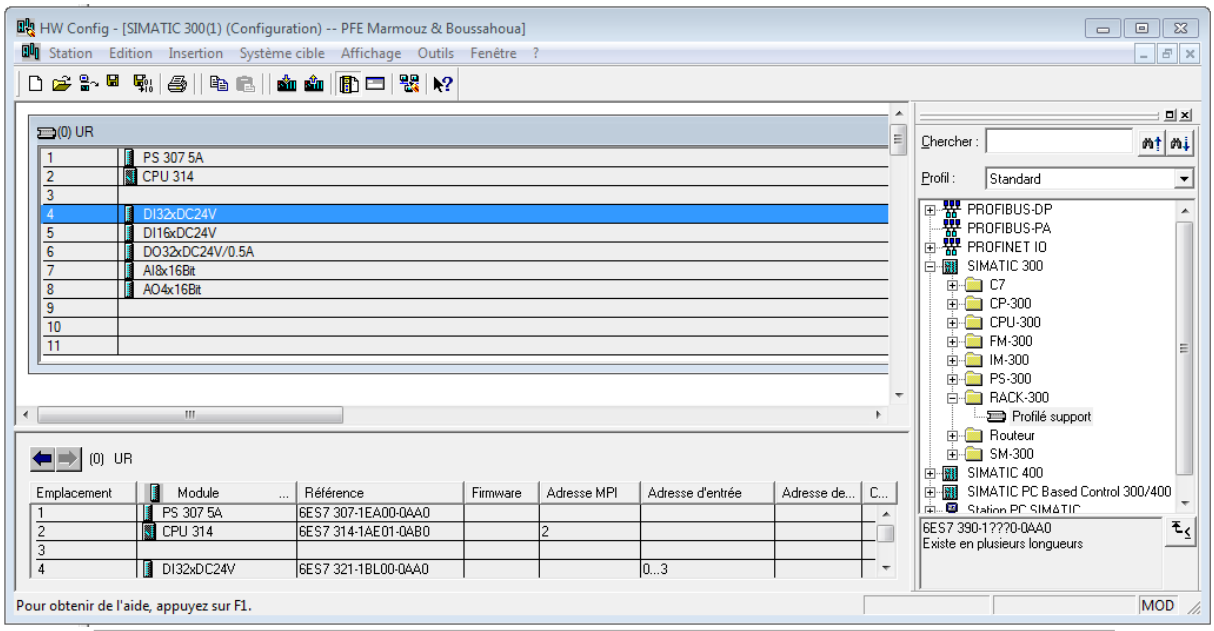


Figure 32 : Configuration des matériels de l'automateS300

Nous avons utilisé jusqu'à présent 33 entrées et 32 sorties Tout Ou Rien (TOR). Nous aurons besoin lors de l'amélioration du système d'entrées et de sorties supplémentaires. C'est pour cette raison que nous avons employé un automate contenant des Entrées/Sorties dépassant notre besoin de 40%. Cette marge de sécurité permet notamment d'ajouter des fonctionnalités éventuelles si l'on désire.

D'autre part, sur les huit entrées analogiques existantes, nous avons utilisé cinq tandis que les trois restantes seront consacrées à l'amélioration. Les quatre sorties analogiques quant à elles, ne sont toujours pas employées.

1. Câblage

❖ ***Câblage des Entrées***

Les entrées de l'automate programmable doivent recevoir l'information sous forme de potentiel électrique, dans notre cas 24V. Une fois que la sortie ait reçu les 24V, elle s'active. Par ailleurs, l'activation d'une ou de plusieurs entrées peut déclencher une tâche à exécuter au niveau du programme.

❖ ***Câblage des Sorties***

Chaque sortie de l'automate est constituée d'un relais ou d'un transistor interne dont la fermeture du contact est commandée par la consigne opérative élaborée par le programme. La fermeture du contact va permettre l'alimentation de la bobine du pré-actionneur en établissant un circuit électrique avec l'alimentation extérieure. La figure 33 montre un exemple du câblage.

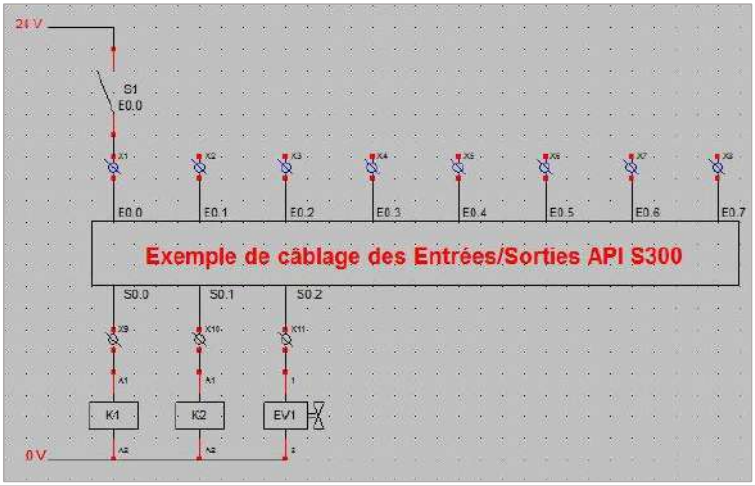


Figure 33 : Exemple de câblages des Entrées/Sorties l'automateS300

Dans cet exemple de câblage, une fois que le contacteur se ferme on aura l'activation de « E0.0 » qui active à son rôle la sortie S0.0, ce scénario est prescrit dans le programme. Par conséquent, l'activation de la bobine K1 est responsable de l'ouverture ou de la fermeture du contacteur associé. [15]

2. Langage de programmation

a) Nature des langages de programmation :

La norme CEI 61131-3 spécifie la syntaxe et la sémantique d'une série unifiée de langages pour automates programmable. Elle se compose de cinq langages : [15]

- Langages LITTERAUX
  - Langage IL : liste d'instructions
  - Langage ST (Structure Texte) : littéral structuré
- Langages GRAPHIQUES
  - Langage LD : langage à contacts (Ladder)
  - Langage FBD : diagramme fonctionnel
- Langage SFC : diagramme fonctionnel en séquence –GRAFCET

b) Le choix de langage

Après avoir imaginé la forme approximative du système et décidé quant aux emplacements des capteurs/actionneurs, il faut écrire une suite d'instructions qui déterminent la/les fonction(s) que le système doit effectuer. L'écriture des programmes peut se faire par le biais de plusieurs langages de programmation de nature différente.

Dans la pratique, nous trouvons des langages Littéraux comme le langage en Liste d'Instructions (Langage IL) ou le langage Littéral structuré (Langage ST), ou encore des langages Graphiques tels que le langage à Contacts (Langage Ladder) et le langage diagramme fonctionnel (langage FBD) mais aussi en diagramme Fonctionnel en Séquence mieux connu sous le nom du GRAFCET (langage SFC).

Généralement, aucun de ces langages ne se démarque par rapport aux autres ; chacun d'eux offre ses propres outils de travail et on obtient sensiblement les mêmes résultats une fois que le programme est compilé. Il faut donc songer à choisir le langage de programmation qui s'adapte le plus à notre projet.

Puisque nous avons étudié le GRAFCET et le LADDER durant notre formation, notre choix s'est logiquement porté sur un des deux, donc on a décidé de travaillé avec le GRAFCET. C'est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étapes. Néanmoins, le logiciel exige une programmation sous Ladder, langage de programmation graphique. Pour ce faire, nous avons tout d'abord écrit les programmes en GRAFCET puis nous avons le traduits sous le langage Ladder.

III. Automatisation système de remplissage

Le système de remplissage abordé lors de notre projet est un système mécatronique qui peut parfaitement fonctionner indépendamment ainsi qu'en partie intégrante dans un système plus complexe. Dans notre cas, nous nous intéresserons à la deuxième possibilité, à savoir une implantation au sein d'une ligne plus étendue. En amont de notre système de remplissage est placée une table tournante qui joue le rôle d'un distributeur des bouteilles, en aval, l'injection d'une dose concentrée de produit désodorisant est assurée.

Bien entendu, la flexibilité offerte par le système n'est en aucun cas le fruit du hasard. Une conception rigoureuse était nécessaire pour satisfaire à cette caractéristique. Pour cela, il a fallu trouver l'emplacement idéal pour chacun de ses composants.

Comme son nom l'indique, le système de remplissage en eau renvoie directement vers le fait qu'un réservoir existe dans le système. Cet élément est placé tout en haut du système pour bénéficier de l'écoulement de l'eau par simple gravité. Cette simple action nous dispose de l'utilisation d'une quelconque pompe d'injection, ce qui signifie des économies au niveau du coût de revient global.

En plus du réservoir, notre système se comporte de deux vérins, cinq buses, cinq électrovannes, cinq vannes de secours, d'un capteur photo cellule, de quatre capteurs de fin de course, de deux distributeurs et d'un compresseur commun. L'ensemble est supporté par un châssis et est traversé par un convoyeur qui parcourt toute la ligne.

1. Description du système de remplissage :

Pour une compréhension meilleure, on peut subdiviser notre système en deux parties : une partie suspendue servant à remplir les bouteilles et une autre liée au convoyeur commandant le flux de ces dernières.

Comme précédemment mentionné, la partie remplissage contient un réservoir fabriqué en acier inoxydable et dont la capacité équivaut à 200 litres. Ce dernier, alimente le réseau des buses situé en-dessous via des conduites. Cependant, l'opération de remplissage se constitue de plusieurs cycles, et l'écoulement de l'eau chaude traversant les buses ne doit durer, en effet, que 5 secondes lors de chaque cycle. C'est à ce moment-là que le rôle des électrovannes se fait sentir. Ce sont elles qui ordonnent le passage ou le blocage de l'eau.

Les électrovannes sont, en fait, placées juste avant les buses et nous permettent un contrôle précis de la quantité d'eau sortante tout en admettant que le débit est constant.

Toutefois, il faut garder à l'esprit que les électrovannes peuvent tomber en panne, ce qui implique une action de dépannage par changement du composant défectueux. Il serait donc judicieux de placer des vannes de secours manuelles en série avec les électrovannes à la sortie du réservoir. De plus, si un incident venait à se produire sur n'importe quel poste, les vannes joueront le rôle de l'arrêt d'urgence pour ce système.

La deuxième partie du système de remplissage quant à elle est montée en parallèle avec le convoyeur. Elle est composée de deux vérins à simple effet à rappel par ressort et d'un capteur photo cellule (CE). Le premier vérin, dit vérin d'entrée, est placé à l'entrée du système de remplissage en plus du capteur. Le deuxième vérin, dit vérin de sortie, est placé à la sortie. La distance séparant les vérins définit l'espace dans lequel est effectuée l'opération de remplissage. En effet, la manipulation des vérins nous offre la possibilité de cerner seulement cinq bouteilles lors du remplissage en les plaçant exactement sous les buses.

Le fonctionnement de cette partie est basé sur le déplacement en avant ou en arrière des vérins. A l'état initial, celui du repos, les vérins sont mis en position arrière. Or, pour pouvoir effectuer l'opération du remplissage, les bouteilles doivent demeurer immobiles et parfaitement placées sous les buses. Le premier cycle débute lorsque le capteur photo cellule capte le passage de la première bouteille. On attend alors l'écoulement d'une période de (V/d), temps nécessaire pour que la bouteille arrive au niveau de la buse correspondante, pour mettre le vérin de sortie en position avant. « V » étant la vitesse du convoyeur, et « d » la distance séparant les vérins.

Néanmoins, il faut maintenir la position avant du vérin de sortie jusqu'à la fin du remplissage, puisqu'il est à simple effet et retrouvera sa position de repos dès que l'instruction disparaitra. D'autre part, le vérin d'entrée sera à son tour mit dans sa position avant dès que le capteur détecte le passage de la cinquième bouteille grâce à une programmation préalable. Lui aussi devra être maintenu dans la position avant. Une fois que les deux vérins sont en place, et puisque la conception du système permet d'avoir les couronnes des bouteilles exactement en dessous des buses, l'opération de remplissage est lancée en activant les cinq électrovannes. Après les quatre secondes requises pour le remplissage, le vérin de sortie regagne sa position de repos (position arrière), ce qui permet aux bouteilles remplies de se déplacer, tout en sachant que le convoyeur ne s'arrête à aucune étape du cycle. On attend alors une période égale à (2*d) / (5*V) pour faire cesser la commande de maintien relatif au vérin d'entrée.

Cette action nous permet essentiellement d'espacer chaque groupe de cinq bouteilles afin d'éviter tout chevauchement. Désormais, les deux vérins sont en position arrière. Un nouveau cycle se reproduira dès que le capteur photo cellule détectera une bouteille.

Finalement, l'exécution de n'importe quelle étape suppose la fin de l'étape qui la précède, et il n'est en aucun cas possible de continuer le cycle si l'arrêt d'urgence est activé.

2. Représentation du système de remplissage

Il existe plusieurs façons par lesquelles on peut décrire le fonctionnement de ce système. Et puisque le grafcet est le mode de représentation et d'analyse d'un automatisme par excellence, notre choix s'est porté sur ce dernier pour représenter graphiquement le comportement dynamique du système.

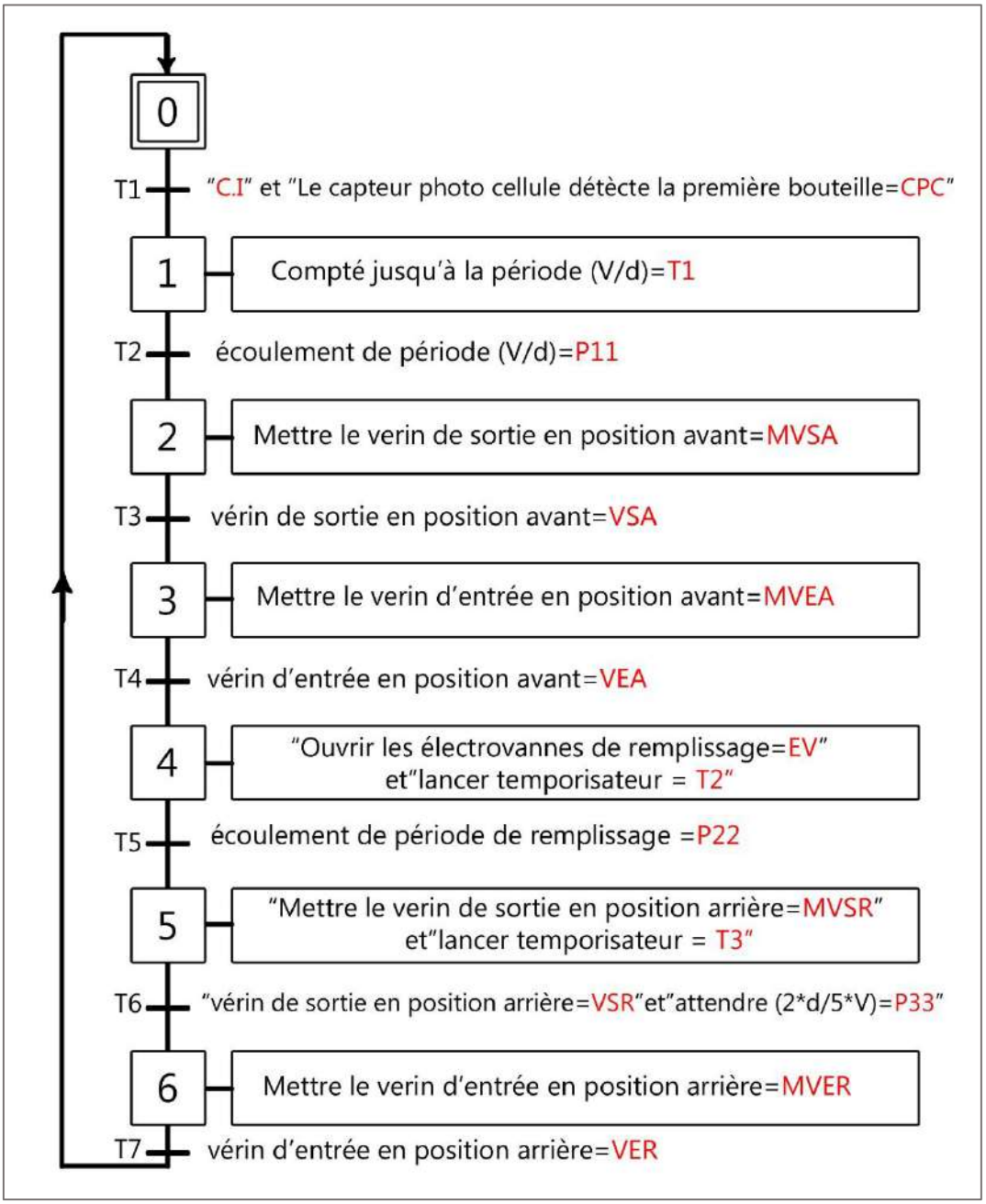


Figure 34 : GRAFCET de système de remplissage FFF

3. Conversion du GRAFCET au programme Ladder :

Pour passer depuis la représentation GRAFCET vers la représentation du langage Ladder il faut passer d'abord à des étapes de partition de GRAFCET, le tableau suivant représente ces étapes :

Transitions	Etapes	Actions
$\mathbf{T1 = X0 . CPC . CI}$	$X0 = T7 + X0 . \overline{T1}$	$X1 = T1$
$\mathbf{T2 = X1 . P11}$	$X1 = T1 + X1 . \overline{T2}$	$X2 = MVSA$
$\mathbf{T3 = X2 . VSA}$	$X2 = T2 + X2 . \overline{T3}$	$X3 = MVEA$
$\mathbf{T4 = X3 . VEA}$	$X3 = T3 + X3 . \overline{T4}$	$X4 = EV . T2$
$\mathbf{T4 = X3 . P22}$	$X4 = T4 + X4 . \overline{T5}$	$X5 = MVSR . T3$
$\mathbf{T6 = X5 . VSR . P33}$	$X5 = T5 + X5 . \overline{T6}$	$X6 = MVER$
$\mathbf{T7 = X6 . VER}$	$X6 = T6 + X6 . \overline{T7}$	$CI = (T7 + BON) . \overline{AUR} . \overline{BOFF}$

Tableau 10 : Les équations de conversion vers Ladder

Dans le logiciel de STEP7 la programmation Ladder nécessite les instructions et les adresses précis de chaque entrée et sortie, pour cette raison nous nous représentons le tableau suivant qui contiennent les adresses des entrées (E) et de sortie (A) :

Les adresses	
Entrées	**Sorties**
CPC : **E3.1**	**CI :** A9.7
VSA : **E3.2**	**MVSA :** A8.1
VEA : **E3.4**	**MVEA :** A8.3
VSR : **E3.3**	**MVSR :** A8.2
VER : **E3.5**	**EV** : A8.5
BON : **E0.2**	**MVER :** A8.4
BOFF : **E0.3**	**P11 :** A9.4
AUR : **E0.0**	**P22 :** A9.5
	P33 : A9.6

Tableau 11 : Les adresses des entrée/sortie

4. Représentation de programme Ladder sous logiciel STEP7 :

D'après la conversion on obtient le programme suivant :

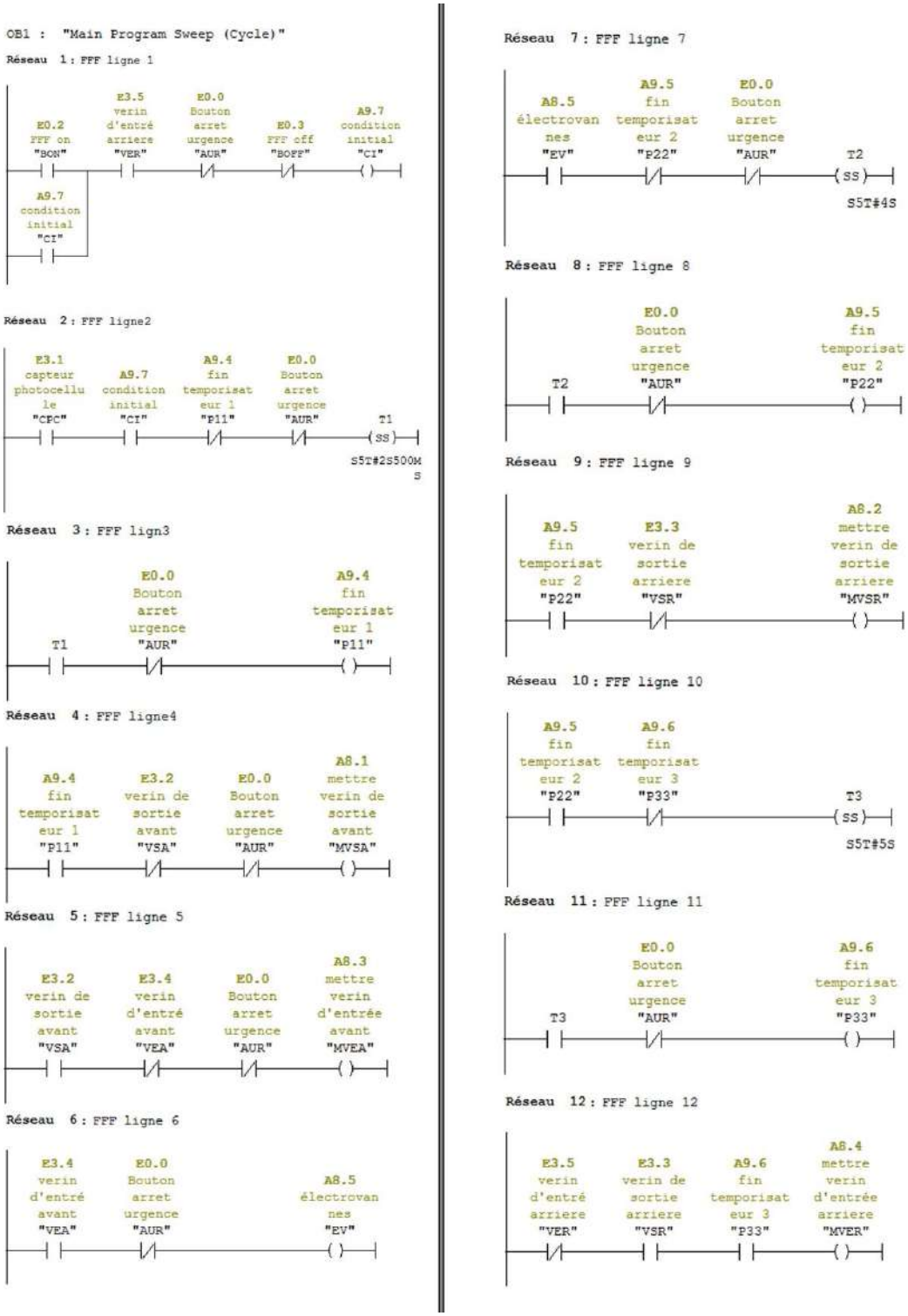


Figure 35 : Programme Ladder de système de remplissage FFF

5. Représentation des programmes des autres sous-systèmes :

a) Convoyeur :

La figure 36 représente le réseau consacré au fonctionnement du convoyeur.

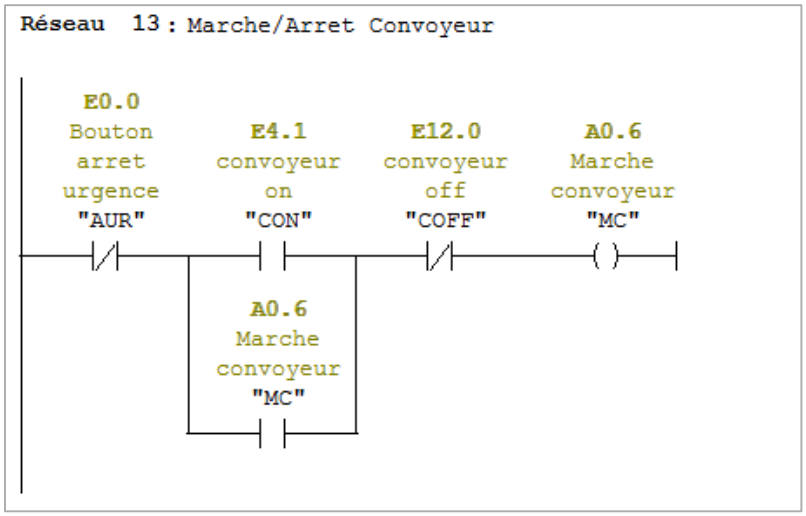


Figure 36 : Programme Ladder de marche/arrêt convoyeur

Comme le montre la figure 36 le démarrage du convoyeur nécessite l'envoi d'un ordre du variateur au moteur associé au convoyeur ainsi que l'absence de l'arrêt d'urgence et de l'arrêt du convoyeur. Une fois démarré, le moteur restera dans cet état tant que l'opérateur ne désire pas l'arrêter ou lorsqu'il n'y a pas arrêt d'urgence.

b) Distributeur :

La figure 37 représente le réseau consacré au fonctionnement du distributeur de bouteilles.

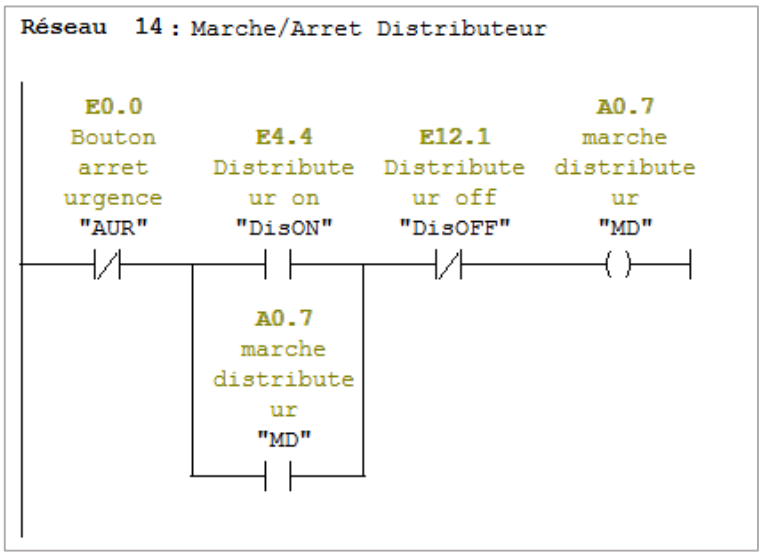


Figure 37 : Programme Ladder de marche/arrêt distributeur des bouteilles

Comme le montre la figure 37 le démarrage du distributeur de bouteilles nécessite l'envoi d'un ordre du variateur au moteur associé à ce distributeur ainsi que l'absence de l'arrêt d'urgence et de l'arrêt du distributeur. Une fois démarré, le moteur restera dans cet état tant que l'opérateur ne désire pas l'arrêter ou lorsqu'il n'y a pas arrêt d'urgence.

c) Carrousel et l'étiqueteuse :

La figure 38 représente le réseau consacré au fonctionnement du carrousel et l'étiqueteuse.

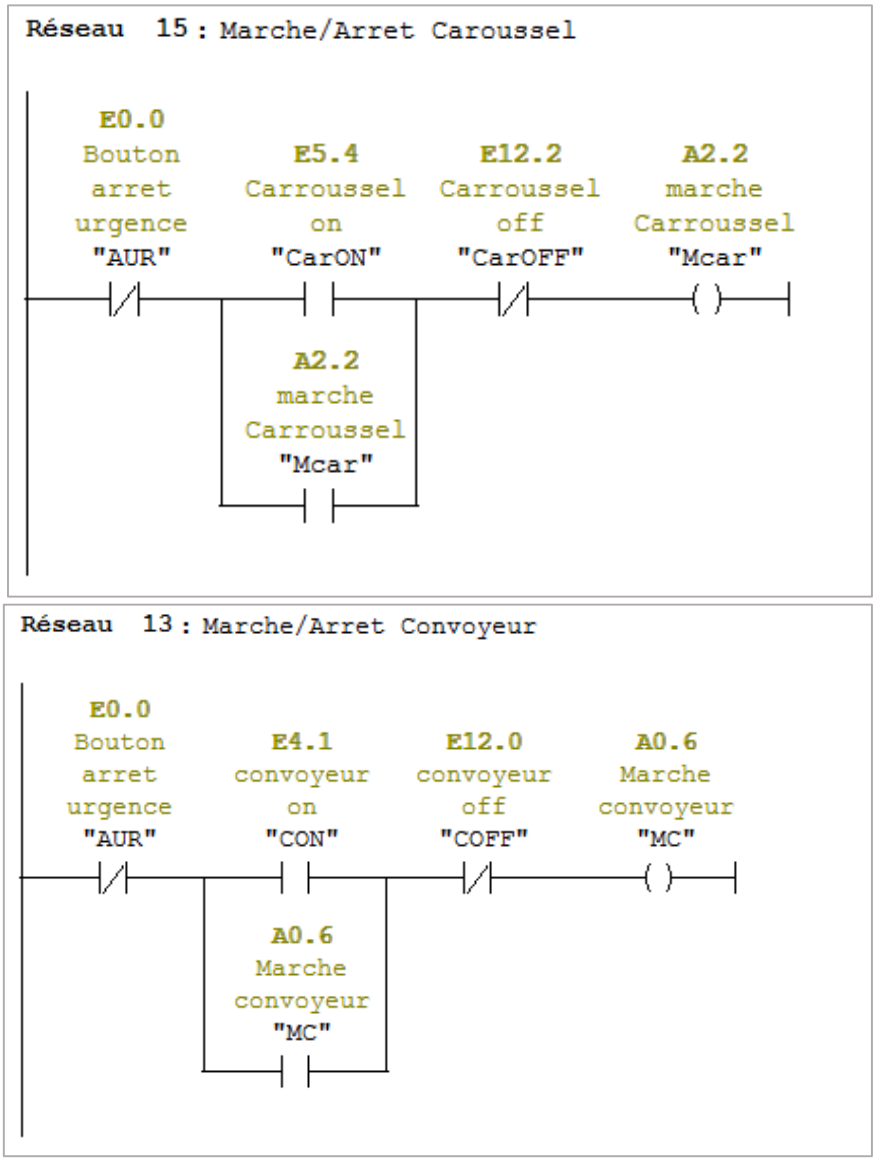


Figure 38 : Programme Ladder de marche/arrêt carrousel et étiqueteuse

Le principe qui régit le fonctionnement du carrousel et du convoyeur de l'étiqueteuse est sensiblement le même et c'est aussi ce principe qui régit le fonctionnement du convoyeur et du distributeur.

d) Rassembleur des bouteilles :

La figure 39 représente le réseau consacré au fonctionnement du rassembleur.

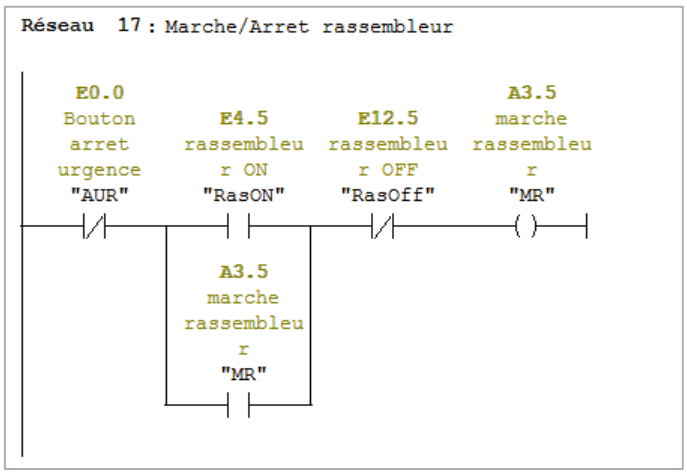


Figure 39 : Programme Ladder de marche/arrêt rassembleur

La figure39 montre que le démarrage du rassembleur de bouteilles nécessite l'envoi d'un ordre du variateur au moteur associé à ce rassembleur ainsi que l'absence de l'arrêt d'urgence et de l'arrêt du rassembleur. Une fois démarré, le moteur restera dans cet état tant que l'opérateur ne désire pas l'arrêter ou lorsqu'il n'y a pas arrêt d'urgence.

Pour mieux comprendre les programmes il faut présenter une figure de tableau des mnémoniques affilié à notre entrées/sorties dans l'API :

Programme S7(1) (Mnémoniques) -- PFE Marmouz & Boussahoua\SIMATIC 300(1)\CPU 314

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		VER	E 3.5	BOOL	verin d'entré arriere
2		AUR	E 0.0	BOOL	Bouton arret urgence
3		BOFF	E 0.3	BOOL	FFF off
4		BON	E 0.2	BOOL	FFF on
5		CPC	E 3.1	BOOL	capteur photocellule
6		VSA	E 3.2	BOOL	verin de sortie avant
7		VSR	E 3.3	BOOL	verin de sortie arriere
8		VEA	E 3.4	BOOL	verin d'entré avant
9		P1	A 9.1	BOOL	temporisateur 1
10		P2	A 9.2	BOOL	temporisateur 2
11		P3	A 9.3	BOOL	temporisateur 3
12		P11	A 9.4	BOOL	fin temporisateur 1
13		P22	A 9.5	BOOL	fin temporisateur 2
14		P33	A 9.6	BOOL	fin temporisateur 3
15		CI	A 9.7	BOOL	condition initial
16		MVSA	A 8.1	BOOL	mettre verin de sortie avant
17		MVSR	A 8.2	BOOL	mettre verin de sortie arriere
18		MVEA	A 8.3	BOOL	mettre verin d'entrée avant
19		MVER	A 8.4	BOOL	mettre verin d'entrée arriere
20		EV	A 8.5	BOOL	électrovannes
21		CON	E 4.1	BOOL	convoyeur on
22		MC	A 0.6	BOOL	Marche convoyeur
23		COFF	E 12.0	BOOL	convoyeur off
24		DisON	E 4.4	BOOL	Distributeur on
25		DisOFF	E 12.1	BOOL	Distributeur off
26		MD	A 0.7	BOOL	marche distributeur
27		CarON	E 5.4	BOOL	Carroussel on
28		CarOFF	E 12.2	BOOL	Carroussel off
29		Mcar	A 2.2	BOOL	marche Carroussel
30		EtiqON	E 6.1	BOOL	etiqueteuse ON
31		EtiqOFF	E 12.4	BOOL	etiqueteuse OFF

Figure 40 : Tableau des mnémoniques

IV. CONCLUSION :

Dans ce dernier chapitre nous avons étudié une automatisation de la ligne de remplissage à l'aide de l'API Siemens S300, réalisé avec le logiciel STEP7.

Nous avons concentré notre programmation sur le sous system de remplissage(FFF) avec la citation de GRAFCET puis le converti en langage Larder pour commander de système. On a aussi fait la programmation de marche/arrêt des autres sous-systèmes.

CONCLUSION GENERALE :

Pour clore le présent rapport concernant la conception d'une ligne automatique de remplissage de liquide, nous présenterons la synthèse de notre travail.

Au début, on a démontré le système de remplissage de liquide que nous voulons obtenir, avec tous les sous-systèmes attachés.

Nous avons ensuite proposé des modèles et des conceptions concernent le convoyeur de ce système tout en respectons les normes.

Des études dynamiques, des validations des choix et des dimensionnements des pièces étaient faites, plus que des simulations sur la structure de système avec le logiciel SOLIDWORKS. Puis le système a était améliorer dans le coté mécanique avec le choix de la chaine spéciale et le calcule de vitesse et accélération de convoyeur.

D'autre part, une automatisation de la ligne de remplissage était assurée par l'automate programmable industriel, qui est programmé avec le logiciel STEP7.

Finalement, après l'obtention des résultats, et afin que la bouteille d'être remplis et d'être passé à travers tous les étapes nécessaires (FFF, carrousel, étiqueteuse) nous avons besoin de 69 secondes/bouteille et comme le convoyeur peut porter 47 bouteille à la fois, donc. Si nous calculons le taux de ligne de remplissage, nous obtenons une cadence de 2300 à 2400 bouteille/heure.

Cette cadence n'a pas atteint nos objectifs souhaités, mais elle est supérieur que les lignes similaires que notre dans l'Afrique de nord que n'as signalé dans l'objectives de cette étude.

Perspectives

Après avoir terminé ce travail, nous avons remarqué qu'il y a quelques améliorations à ce système, dont la plupart sont limitées au côté automatique.

Pour ceux qui veulent améliorer ce projet, nous vous recommandons d'insérer des capteurs dans le système, de reprogrammer le système avec les améliorations automatiques nécessaires, et aussi vous pouvez vous également travailler sur les postes d'étiqueteuse ou de carrousel.

Ou vous pouvez se concentrer sur le côté de contrôle des bouteilles après chaque poste.

Bibliographie et (webographie) :

[1] Les types de convoyeurs et historique des convoyeurs :
http://wikipedia.fr, article de Daniel losan 2006

[2] Les types de dosages :
http://acesolutions.fr/Technique_de_dosage, 2017

[3] *www.mignon-distribution.com, 2003*

[4] Catalogue Constructeur de convoyeurs AVE, disponible sur le site :
http://www.ave-chains.com, 2008

[5] HabaCHAIN Engineering Guide habasit :
http://www.habasit.com/en/getToolDownloadFile.htm?DocId=8077&language=2, 2015.

[6] **Daniel Spenlé**., *Guide Du Calcul En Mécanique - Pour Maîtriser La Performance Des Systèmes Industriels.* Edition 2001-2002

[7] **Jean-Louis Fanchon**, *Guide des sciences et technologies industrielles Broché,* 2014.

[8**] André Chevalier**, *Guide Du Dessinateur Industriel*, Edition 2003-2004.

[9] **Claude Barlier, René Bourgeois**, *Ingénierie & Mécanique : Conception et dessin Broch*, 2010-2011.
[10] **Auteur Gilbert Drouin**, **Michel Gou**, **Pierre Thiry** et **Robert Vinet,** *Éléments de machines*, 1988, *2e édition revue et augmentée. Presses internationales Polytechnique*

[11] **JONES C.T**., *STEP 7 in 7 Steps, First Edition, United States.* , 2006.

[12] **ALAIN R**., *Analyse et maintenance des automatismes industriels, Ellipses*, 2003.

[13] **HANS T**. et **GUYENOT P**., *Automatique : régulations et asservissements*, 2014, *Hermès science publications.*

[14] *https://mall.industry.siemens.com, 2010*

[15] Documentation des vérins et accessoires, disponible sur le site :
http://www.festo.com/, depuis 2001 jusqu'à maintenant.

Annexe 1 :

Prescriptions temporelles :

L'étude technique de remplissage par gravité nous amener à calculer la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau ce que permet de calculer le débit volumique moyen de remplissage. (Débit théorique)

Après l'essai qu'on a fait on calculer le débit pratique moyen : **Qv = 0.0825 l/s**

Le nombre optimal de bouteilles à remplir à chaque cycle est : **5 bouteilles**

Cadence (bouteilles /heure)	2000			1500	
Temps de cycle (s)	9			12	
Format	A	B	C	D	E
Capacité de bouteille (ml)	250	330	330	750	750
Diamètre max de bouteille (mm)	54	56.5	61.5	75.2	83.7
Espace de remplissage (mm)	270	282.5	307.5	376.5	418.5
Temps de remplissage (s)	3	4	4	9	9
Temps de sortie/entrée vérins	1	1	1	1	1
Temps de sécurité (s)	1	1	1	1	1
Temps d' entrée/ sortie des bouteilles (s)	4	3	3	1	1

Le remplissage par gravité est une solution économique, mais il pose la contrainte de gérer le temps nécessaire pour obtenir la cadence demandé par le client. On varier donc la vitesse de convoyeur pour obtenir cette cadence.

Donc tous les formats des bouteilles doivent parcourir la distance entre le vérin d'entrée et le vérin de sortie : 420 mm pendant une durée de 1 s.

La vitesse de déplacement des bouteilles :

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{0.42}{1} = 0.42\ m/s$$

$$V = 25.2\ m/mn$$

Annexe 2 :

Fiche de conception de Table tournante

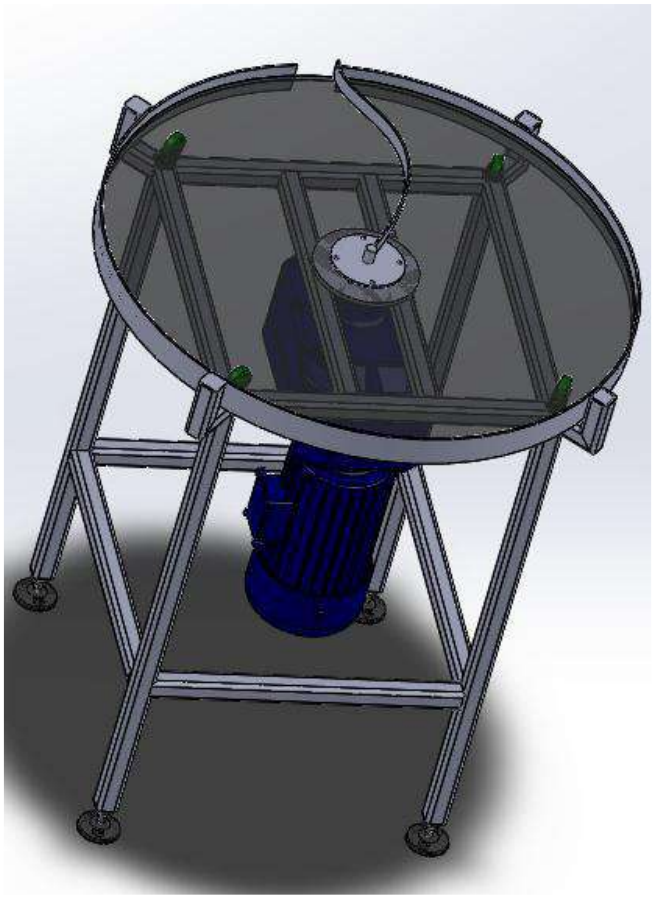
Présentation :

Les systèmes de stockage par accumulation, sont des équipements consistant à stocker des produits pour des futures utilisations, Il existe de nombreux types de systèmes de stockage par accumulation tels que les chargeurs et stockeurs, les tables tournantes, les tables d'accumulation. Dans notre cas, on cherche à accumuler les bouteilles, tout en alimentant l'entrée de convoyeur ce qui rend la table tournante un système qui va remplir cette fonction.

Conception :

La table tournante est un système qui se compose généralement par un plateau tournant, la structure métallique, groupe de motorisation.

On a pensé à réaliser un système simple en même temps, moins couteau afin de réaliser la fonction de stockage des bouteilles d'un part, et l'alimentation de convoyeur d'un autre part



Matériaux :

Pour la structure métallique, on a choisi une structure mécanosoudée en barres d'inox

AINSI304, malgré qu'on a le choix d'une structure en aluminium, mais le soudage d'aluminium présente un grand inconvénient au niveau de réalisation même en niveau de vibration, par contre les poutres en inox 304 forme une structure rigide.

Un plateau en polyéthylène à cause son large utilisation dans l'industrie agro-alimentaire et ses bonnes propriétés mécanique Les plateaux en polyéthylène remplacent peu à peu leur homologue en acier.

Architecture :

Nous conçu de la structure mécanosoudé, avec un design simple en même temps en métrisent les déférents efforts appliquée sur cette structure, en garantit la plus grande flexibilité dans la manutention de la machine, ce qui permet une meilleure ergonomie aux personnels qui placent les bouteilles sur la table facilement.

- On a choisi un diamètre du plateau de 1000 mm, Un diamètre qui peut stocker environ de 230 (de 0.25 l) bouteilles 130 bouteilles (de 0.75 L) en point de vue de mécanique, une charge maximale de 72 Kg.

-Plateau de diamètre 1000 mm

-bride accouplée au moteur

-Structure métallique.

-4 roulettes d'appui.

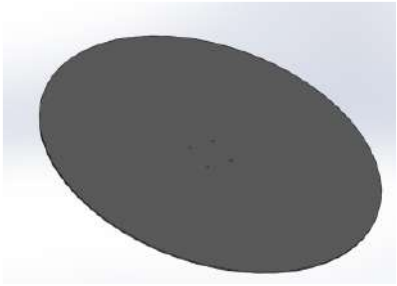
-motoréducteur à arbre creux.

-Bride pour motorisation de plateau.

-Guide de bouteilles

-pieds réglables pour adapter à l'ensemble.

Plateau d'accumulation :



Plateau en polyéthylène HD 500, épaisseur 10 mm, coloris blanc, cette épaisseur est trouvée grâce à la méthode d'optimisation en CAO en utilisant l'outil de simulation SolidWorks

Structure métallique :

Châssis tout inox 304, sur pieds antidérapants, avec réglage en hauteur (+/- 50 mm), anti vibration et avec fixation au sol.

Roue d'appuis :

Le plateau s'appuie sur 4 roues pour, rouler facilement en même temps pour supporter toute la charge. Ainsi une plus grande adhérence et éviter ainsi tout glissement du plateau lors de la rotation.



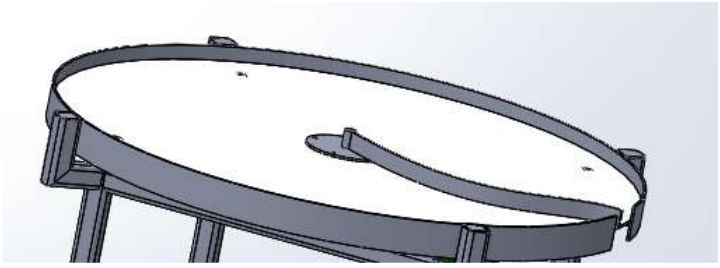
- Matière du corps de la roue en Polypropylène ;
- Matière du bandage en Caoutchouc ;
- Diamètre de la roue 50 mm ;

Notre choix des Roulettes d'appuis est des roulettes, pour éviter tout glissement du plateau et qui supporte une masse de 40 kg chacun.

Silencieuse, bandage non tachant, roulement à billes pour diminuer l'effort au démarrage.

Guides de bouteilles :

Ceinture périphérique de contenance, en inox 304, débordante de 50 mm assurent le guidage de tous les formats de bouteilles et une pale dirige les bouteilles vers l'entrée du convoyeur (sortie de la table).



Guidage en rotations :

Les paliers appliques complets en fonte sont constitués d'un palier monobloc en fonte grise et peuvent être lubrifiés grâce à un raccord de graissage dans le palier. Ces unités conviennent donc parfaitement aux montages de roulements qui doivent fonctionner dans des environnements difficiles.



Le palier et fixé au châssis pour former support axial de guidage via une bride en fixé au plateau, et accouplée au moteurs.

Motorisation :

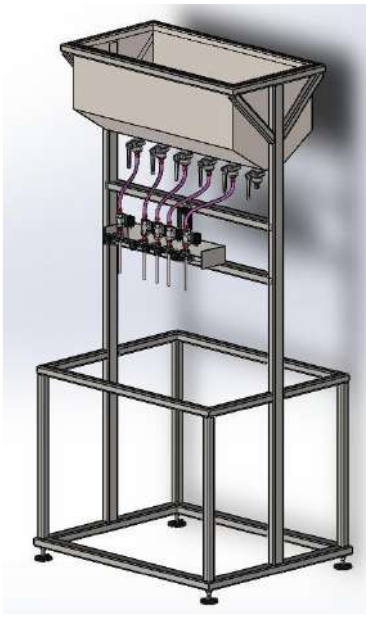
Nous avons choisi un moteur réducteur l'entrainement de cette table, dont les caractéristiques suivantes :

- Puissance : KW2 = 0.18 kW
- Couple de sortie : Ms = 187N.m
- Vit. De sortie Ns = 5.05 Tr/mn
- Rapport de réduction i = 279

Annexe 3 :

Système de remplissage FFF :

Présentation :



Le système de remplissage par gravité de 200 l est idéal pour le remplissage seulement de quelques bouteilles simultanément. Le réservoir doit être élevé pour un remplissage approprié.

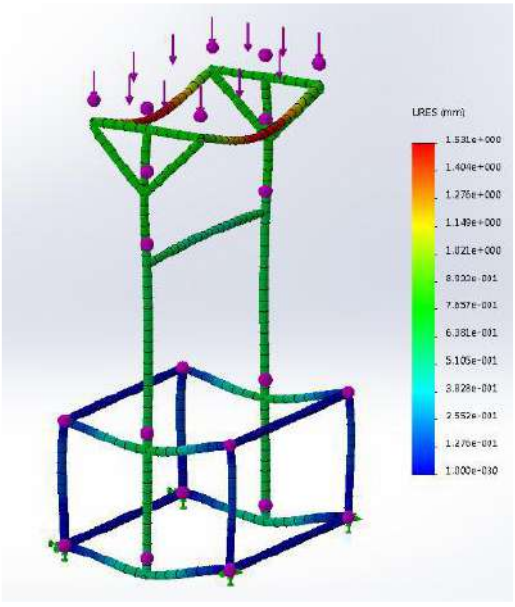
Ce matériel de conditionnement se distingue par sa longue durée de service, son entretien simple, sa fiabilité et sa stabilité, son opération facile. Durant la conception, nous avons pour minimiser les coûts de fabrication, en gardant le système fonctionnel et réduit.

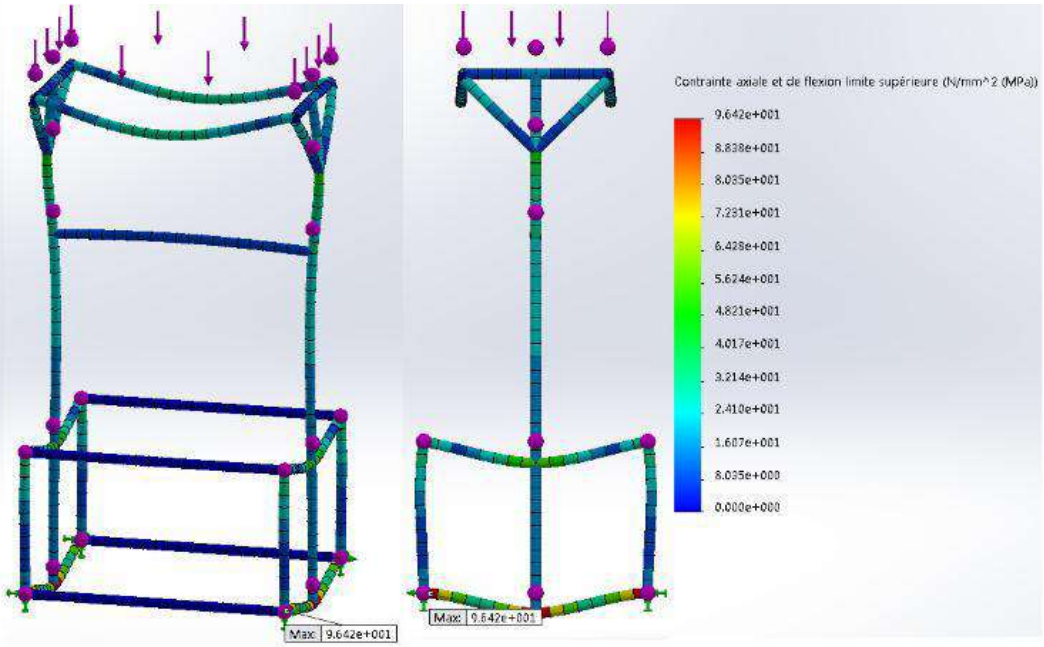
En gardant le système fonctionnel la prise en compte de l'exploitation-maintenance dans la conception, nous a conduits à réduire le système au minimum des composant :

- Bâti ;
- Réservoir ;
- Système d’ajustage ;
- Groupe hydraulique de remplissage ;

Structure Métallique :

Le bâti : encombrement réduit et fonctionnel pour le système de remplissage, le bâti constitue un élément critique car si mal conçu. Réalisé en acier inox, il a une forme simple et sa résistance est validée par une étude statique sous SolidWorks, ci-dessous les résultats de cette étude (la contrainte à gauche et les déplacements à droite).

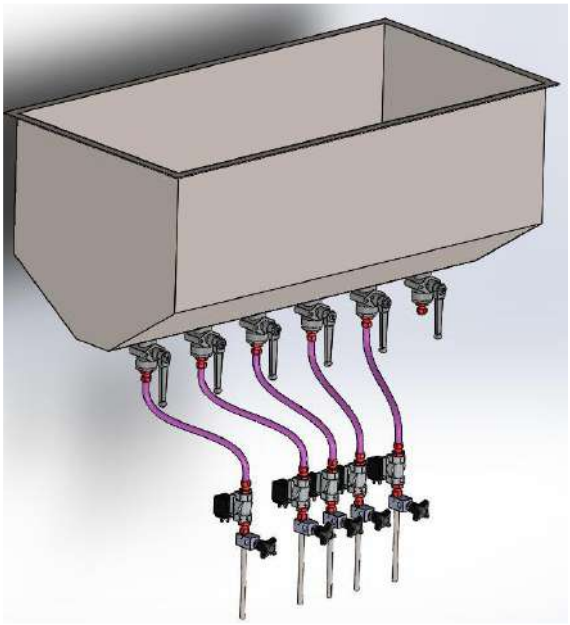




Réservoir :

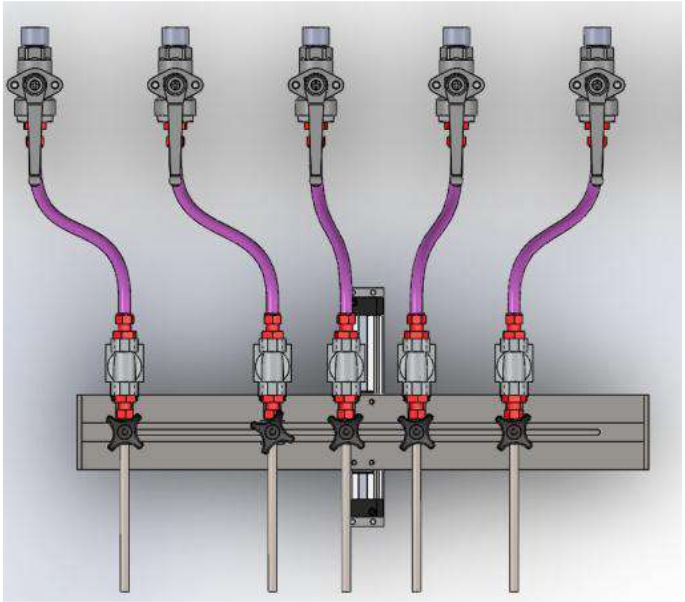
La cuve d'une remplisseuse est le réservoir dans lequel le liquide est accumulé avant d'être envoyé dans les bouteilles. Il s'agit d'un élément critique en termes de nettoyage et de sécurité alimentaire

La cuve de la machine Fill Five Flume est réalisée en acier inox alimentaire AISI 316L. Grâce à sa forme et au matériel de fabrication utilisé, les opérations de nettoyage sont simples et efficaces. L'acier a été utilisé pour toutes les parties en contact avec le produit, en outre, la finition est polie miroir. Les surfaces en contact avec le produit ont également été inclinées pour éviter toute stagnation et assurer un drainage parfait.



Groupe hydraulique de remplissage :

Le but de groupe de remplissage est de transférer la quantité de l'eau dans la bouteille, dans le plus court laps de temps, dans les meilleures conditions sanitaires, avec une réduction maximale des opérations de maintenance et d'assainissement. Nous avons utilisé pour chaque buse de remplissage, une électrovanne commandée par automate, et nous avons placée des flexibles entre l'électrovanne et la vanne manuelle de sécurité.

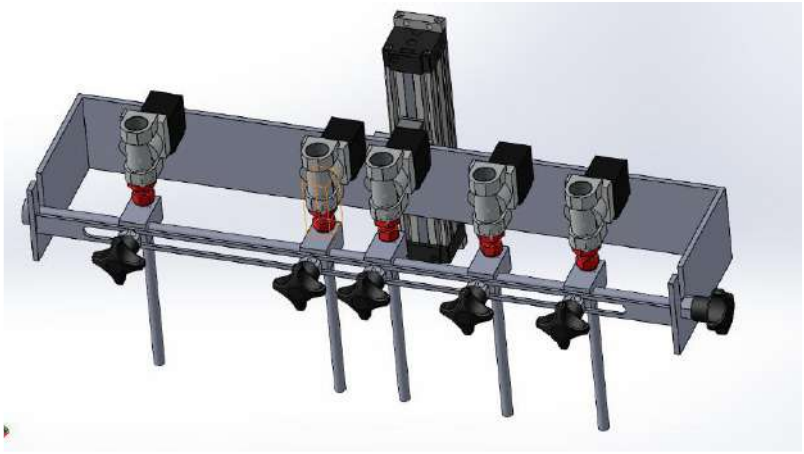


Changement de format de bouteilles :

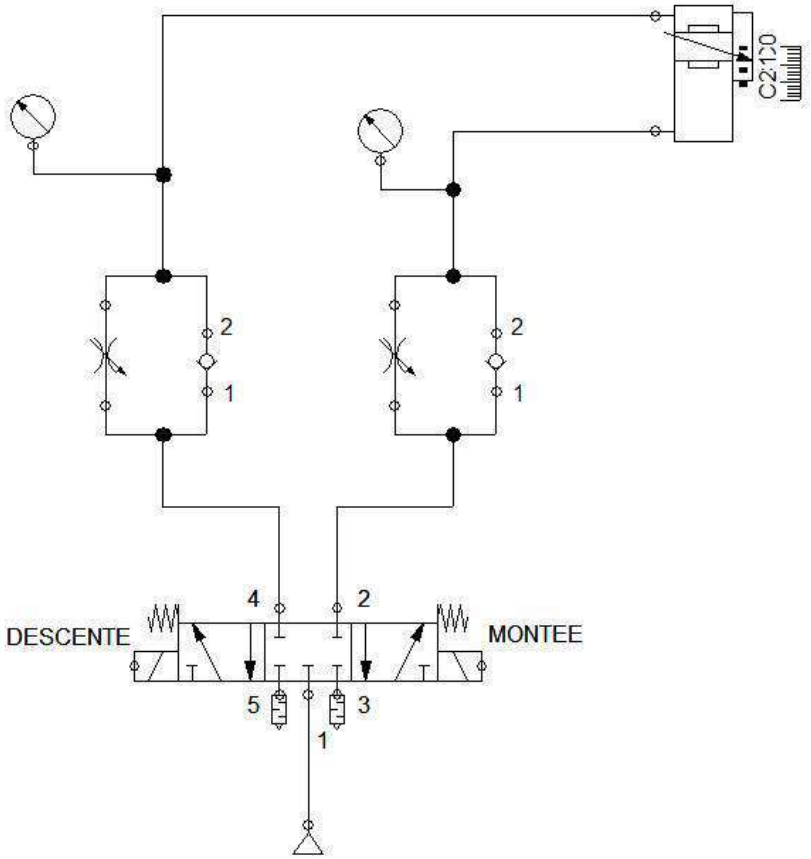
La bouteille sans pour autant changer les becs si on se trouve dans une plage de 100 mm (cela dépend évidemment du type de bouteille à traiter et de la position où sera effectué le niveau).



Pour ce faire, changer la hauteur de la buse nous avons procédé à automatiser cette opération grâce à l'utilisation d'un vérin sans tige. A noter que les niveaux établis peuvent être corrigés en mode automatique.



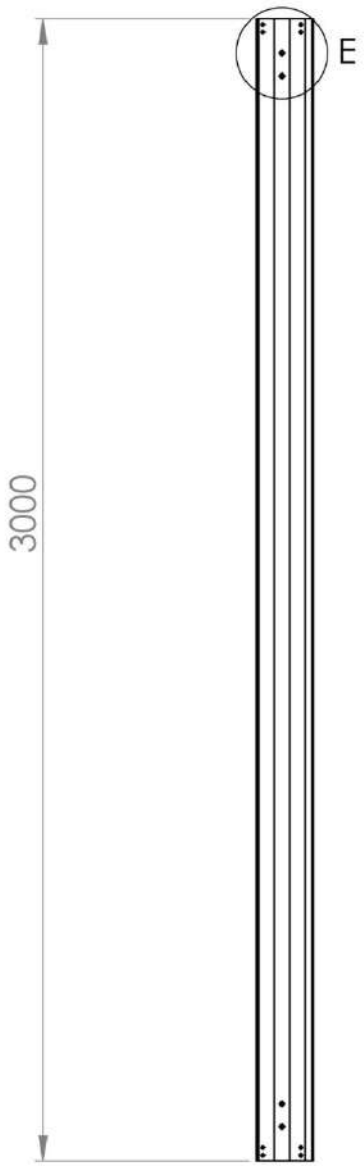
Son schéma pneumatique illustré ci-dessous :



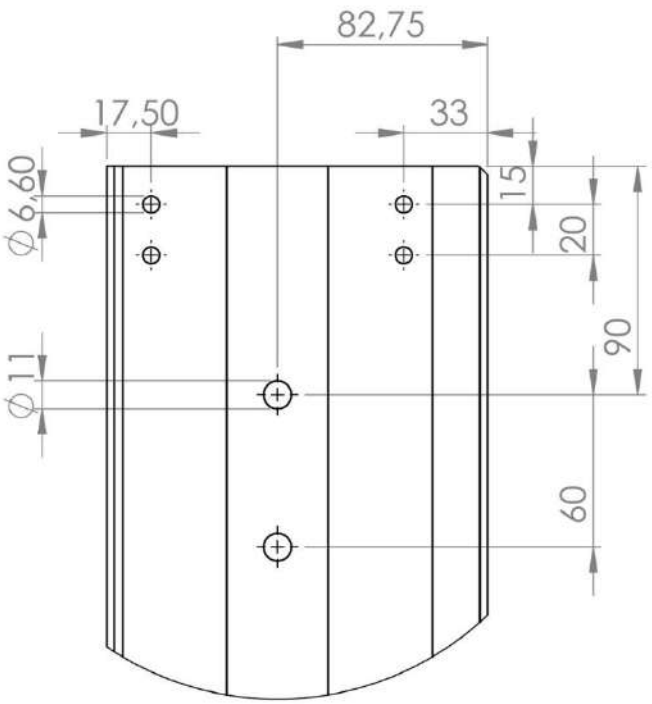
Annexe 4 :

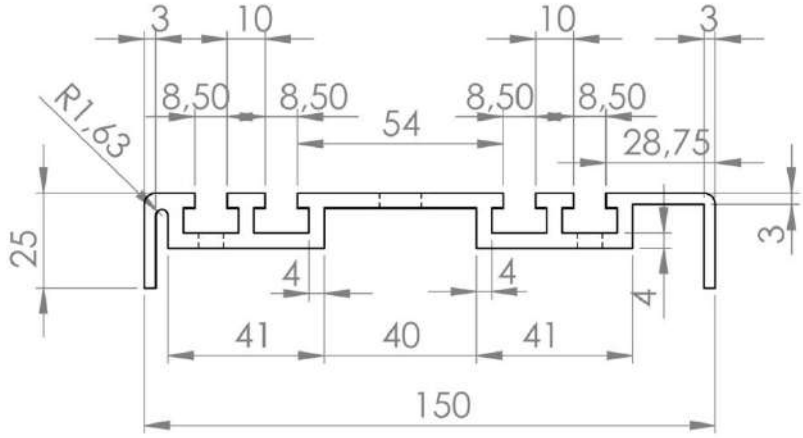
Pour réaliser le système est surtout les pièces de convoyeur, on a ajouté des attachements de la mise en plan des pièces étudiées.

ECHELLE 1 : 20



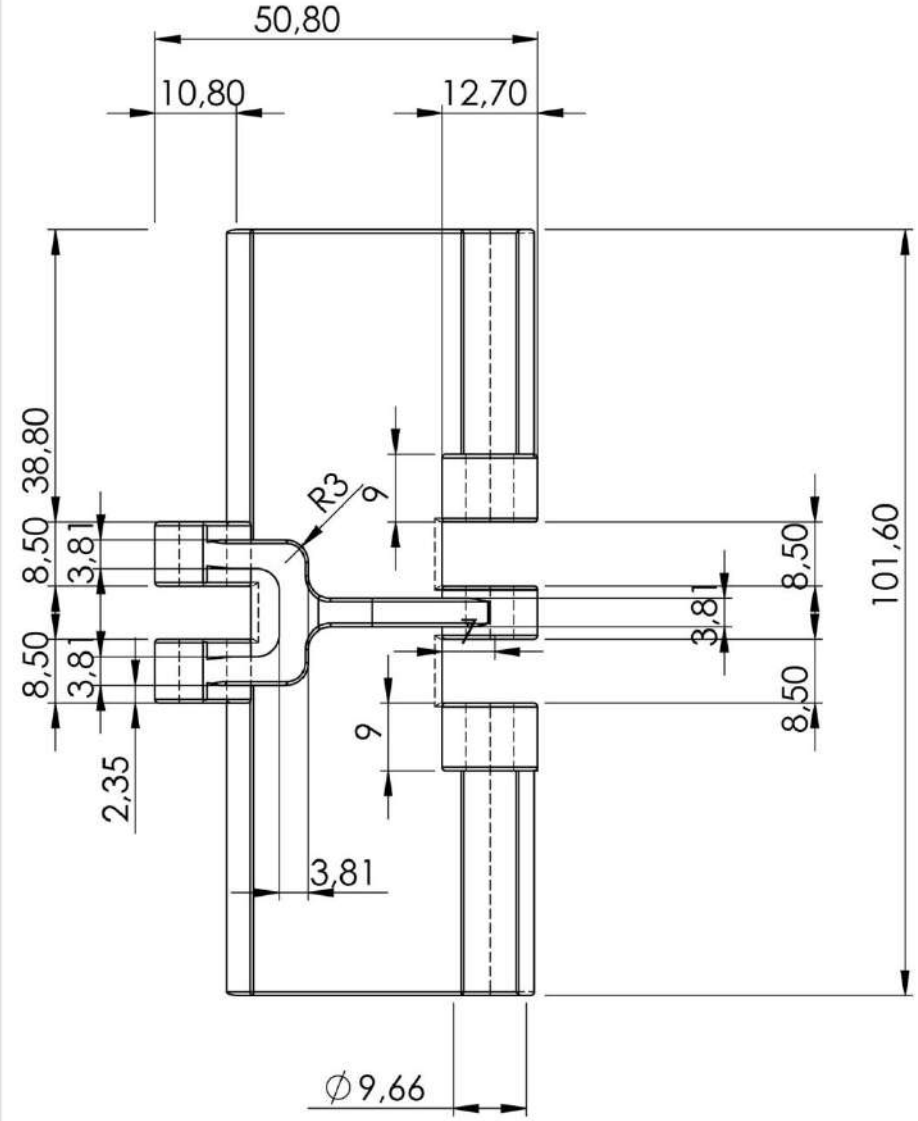
DÉTAIL E
ECHELLE 1 : 3

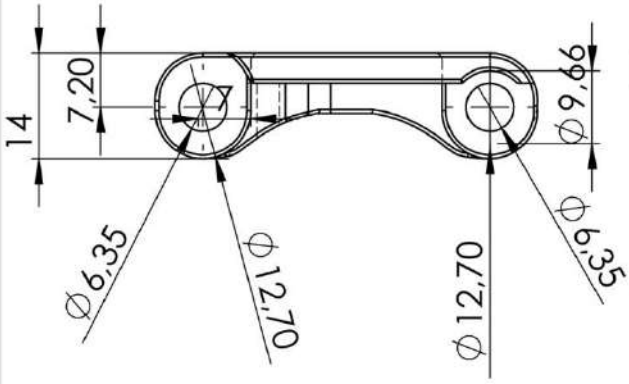


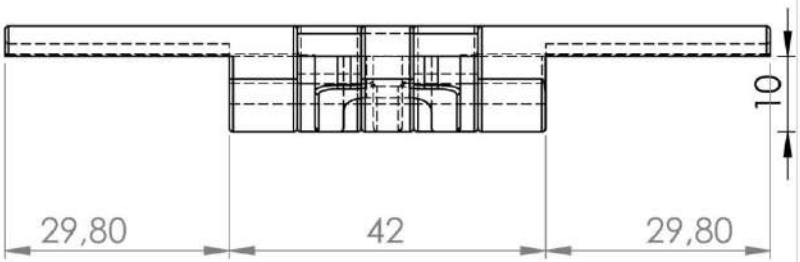


UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

Dessin Technique	**Structure latérale**	Mat: Alliage Aluminium 1060
2eme année MASTER		ECH 1:2
2017-2018	PROJET DE FIN D'ETUDE	

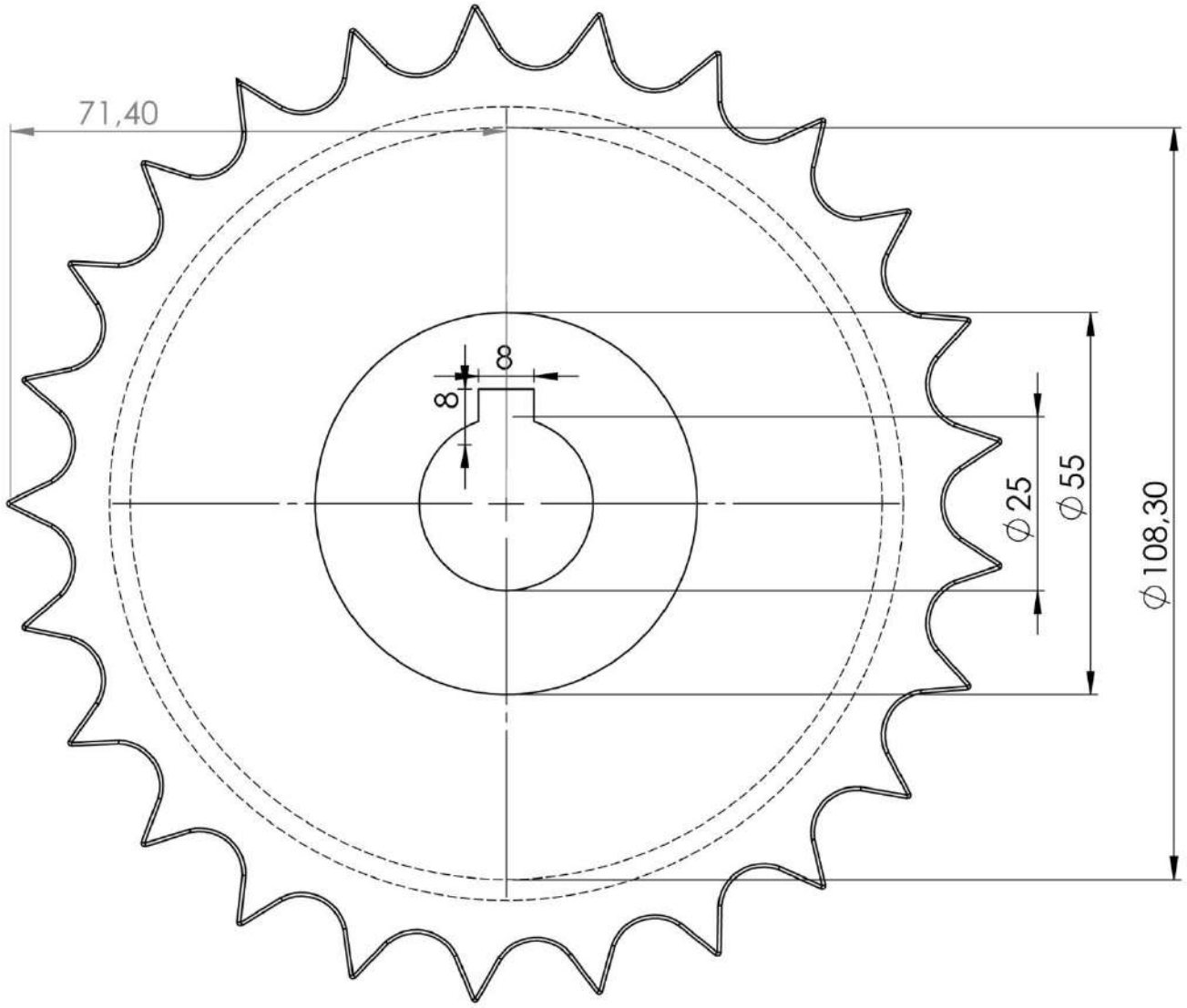


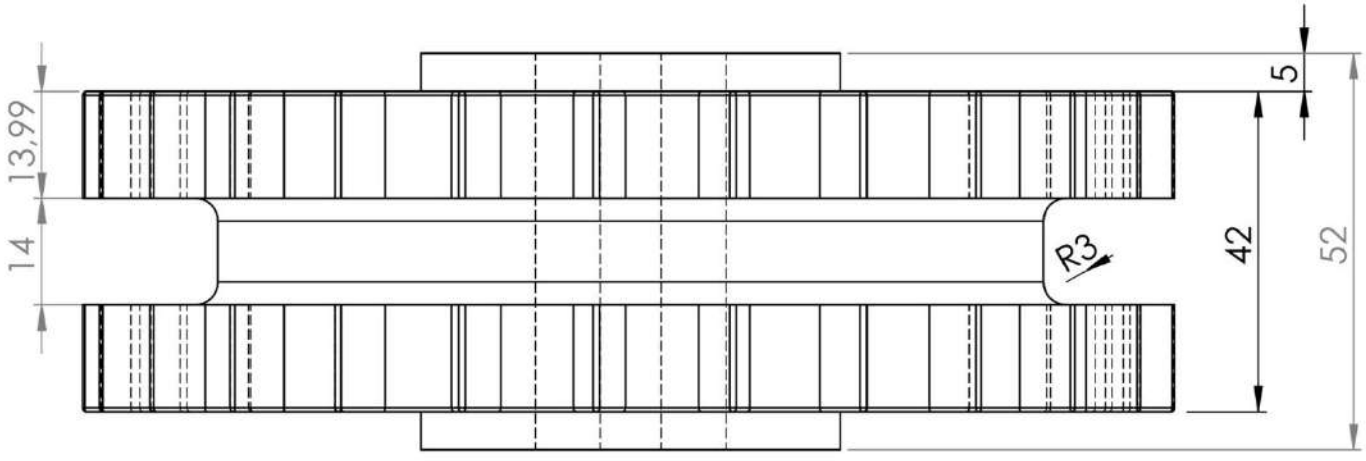




UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

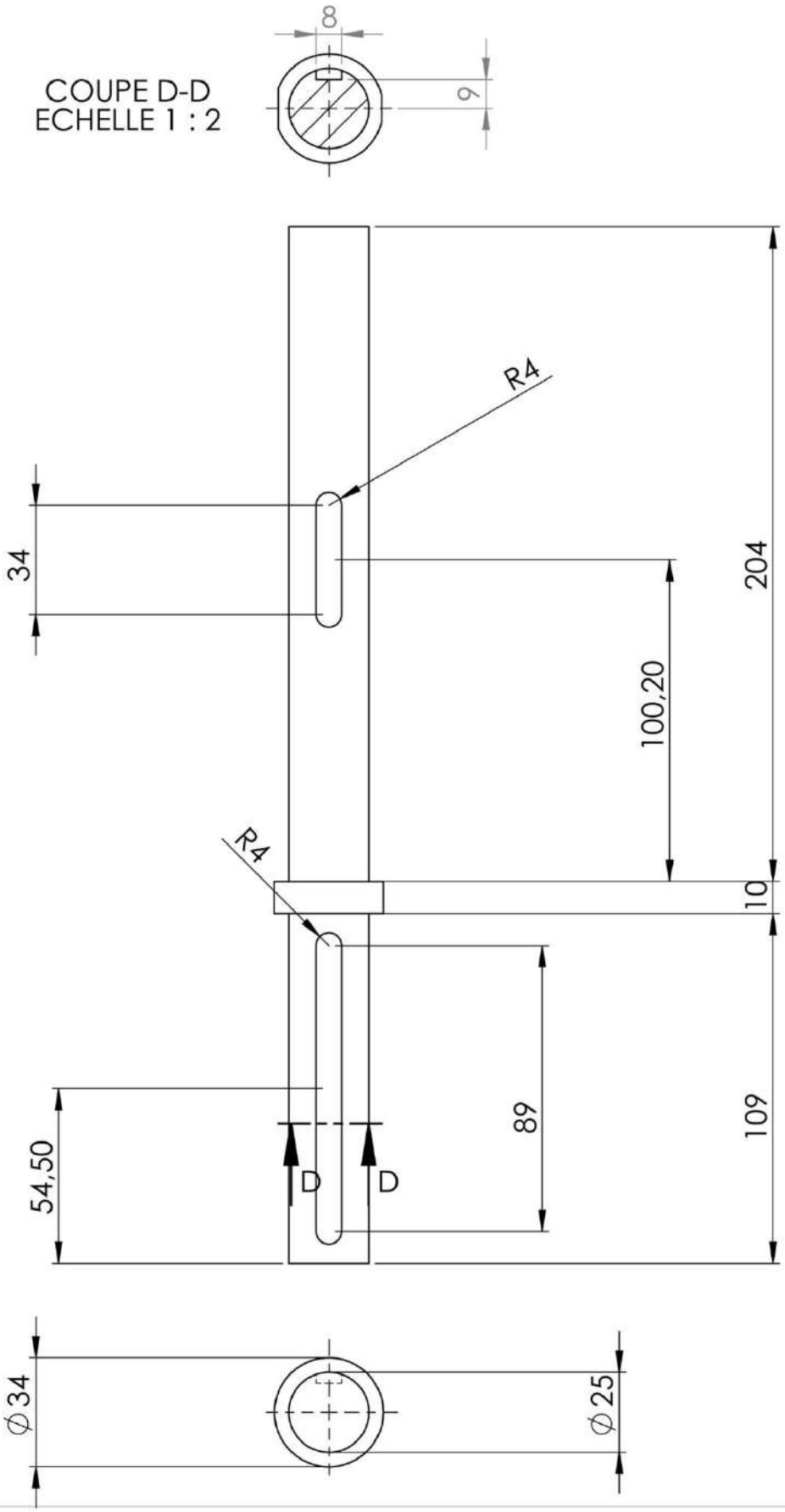
Dessin Technique	**Chaine de traction**	Mat: POM Acétale
2eme année MASTER		ECH 1:1
2017-2018	PROJET DE FIN D'ETUDE	





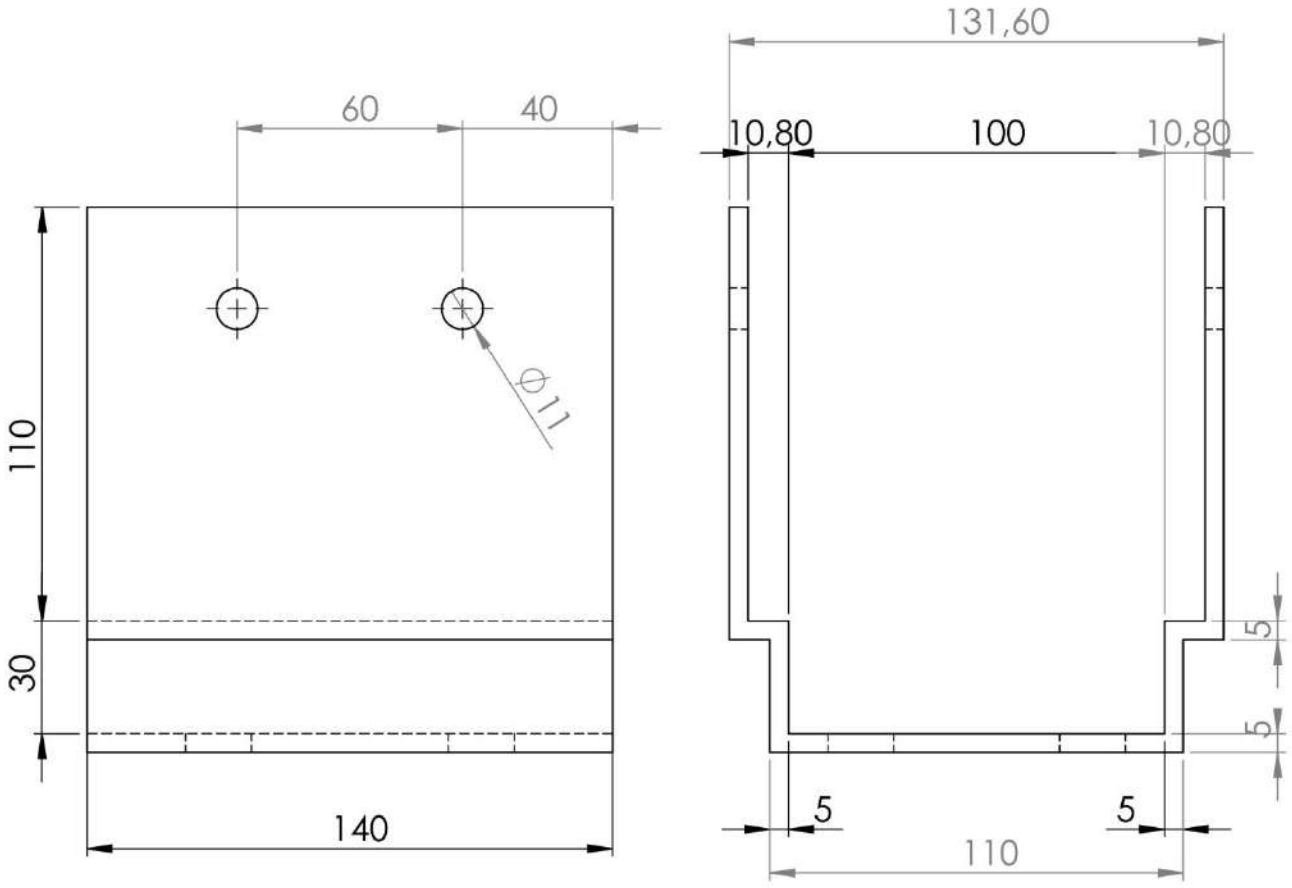
UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

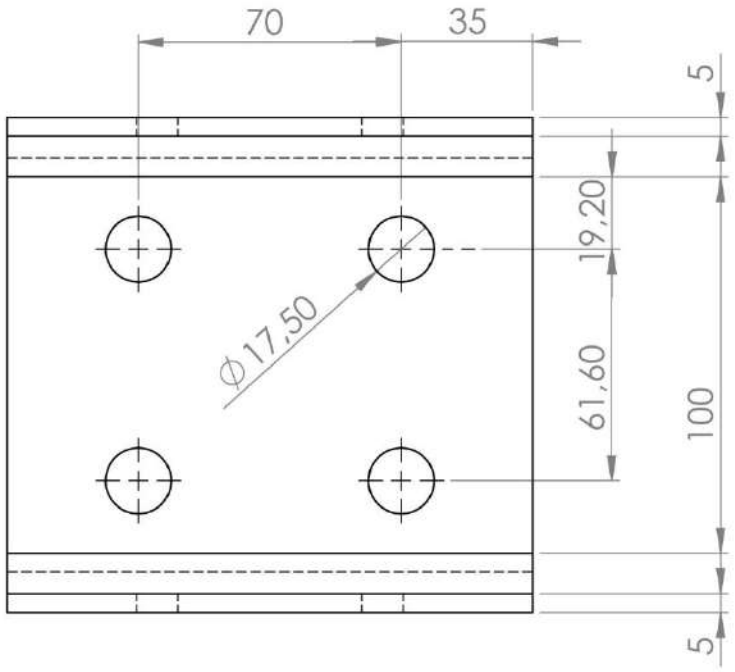
Dessin Technique	**Roue de traction**	Mat: POM acétale
2eme année MASTER		ECH 1:1
2017-2018	PROJET DE FIN D'ETUDE	

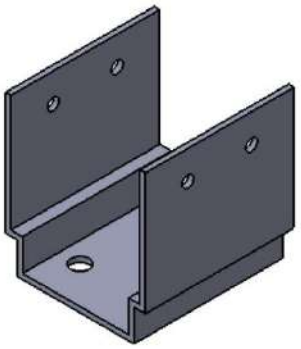


UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

Dessin Technique	**Axe de transmission**	Mat:AISI 304
2eme année MASTER		ECH 1:2
2017-2018	PROJET DE FIN D'ETUDE	







UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

Dessin Technique	**Bride de fixation**	Mat:AISI 304
2eme année MASTER		ECH 1:2
2017-2018	PROJET DE FIN D'ETUDE	