



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Faculté des Sciences et Techniques de Fès  
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'études

Préparé par

**HASSAN Zouhair**  
**MOUNIR Abdelfattah**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

Sujet du PFE : Conception et réalisation d'une  
ligne de remplissage automatisée en eau de  
fleurs d'oranger

Lieu : **MAROC AUTOMATISME ELECTRECITE**  
Réf : 18/IMT15

Soutenu le 30 Juin 2015 devant le jury :

- Pr. CHAMAT Abderrahim (Encadrant FST)
- Mr. AGOUMI Adil (Encadrant MAELEC)
- Pr. BINE EL OUIDANE Hassan (Examineur)
- Pr. SQALLI Houssaini Driss (Examineur)



Année Universitaire 2014-2015

## Résumé

Ce projet concerne la conception et la réalisation d'une ligne de remplissage automatisée en eau de fleurs d'oranger. La première étape se caractérisait par une recherche des solutions technico-technologiques menant à la construction du cahier des charges. Sa satisfaction, elle nécessitait la réalisation de plusieurs vérifications de dimensionnements sous SolidWorks afin de trancher quant à la fiabilité des composants. Le système devait être autonome et doit avoir un comportement systématique. L'automatisation des postes de la ligne de remplissage s'est effectuée au moyen d'un automate Siemens S300 et à l'aide du logiciel STEP 7. La communication, quant à elle, est établie entre le système et l'opérateur à travers un pupitre de Commande/Supervision. Le dernier point abordé dans ce mémoire est l'étude technico-économique, une étape cruciale dans tout projet d'entreprise.

**Mots clés : STEP 7, SolidWorks, WinCC, Ligne de remplissage, Automatisation, Supervision, Conception.**

## Abstract

The current project involves the design and implementation of an automated filling line in water of orange's flowers. The first stage was characterized by a search for technical-technological solutions leading to the construction of the specifications. Satisfy those satisfactions required the implementation of several resistance verifications on SolidWorks to make certain about the reliability of components. The system had to be independent and must have a pattern of behavior. The automation of the filling line systems was carried out using a Siemens S300 PLC and using the software STEP 7. The communication, in turn, is established between the system and the operator through a control / supervision unit. The last point in this thesis is the technical-economic study, a crucial step in any business project.

**Keywords : STEP 7, SolidWorks, WinCC, Filling ligne, Automation, Supervision, Design.**

## Dédicace

*“ A mon père ”*

HASSAN Zouhair

*“ A mes chers parents et à tous ceux qui  
m'ont montrés leurs soutiens ”*

MOUNIR Abdelfattah

# Remerciements

Au terme de notre projet de fin d'études, nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à M. Mustapha IJJAALI, doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, ainsi que tout le cadre administratif.

Nous profitons de l'occasion pour remercier nos chers professeurs pour leurs efforts considérables, spécialement au département du **Génie Industriel** en témoignage de notre sincère reconnaissance.

Nous remercions et nous exprimons notre reconnaissance à notre encadrant académique Mr. CHAMAT Abderrahim pour ses conseils, ses remarques, sa disponibilité et son soutien tout au long de la période du stage.

Nous tenons à présenter nos très sincères remerciements à Mr. AGOUMI Adil, directeur de l'entreprise MAROC AUTOMATISME ELECTRICITE et notre encadrant industriel, d'avoir bien voulu nous accorder ce stage de fin d'étude au sein de son entreprise, d'avoir partagé ses connaissances mais aussi d'avoir montré sans faille son soutien technique et humain.

Nous témoignons notre profonde gratitude aux membres du jury.

Finalement, je remercie particulièrement tout le staff de MAROC AUTOMATISME ELECTRICITE pour leur aide tout au long de la période de notre stage et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail.

# Sommaire

Dédicace .....	i
Remerciements .....	ii
Liste des figures .....	v
Liste des tableaux .....	vii
Liste des acronymes .....	viii
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre 1 : Contexte général du projet .....</b>	<b>2</b>
I.    Présentation de l'organisme .....	3
1.    Maroc Automatismes Electricité : une entreprise polyvalente .....	3
2.    Fiche technique .....	4
3.    Organigramme d'accueil .....	5
4.    Répartition des activités.....	6
5.    Produits proposés.....	6
II.    Cahier des charges.....	7
III.    Présentation du projet .....	9
1.    Savoirs requis .....	9
2.    Description du système .....	9
<b>Chapitre 2 : Etude mécanique de convoyeur principal .....</b>	<b>14</b>
I.    Analyse fonctionnelle interne .....	15
1.    Fonction globale de produit .....	15
2.    Diagramme FAST de la fonction globale :.....	16
II.    Choix des éléments fonctionnels .....	17
1.    Le choix de la chaîne.....	17
2.    Le choix des roues .....	19
3.    Le choix des profils de glissement.....	20
III.    Le choix des éléments de soutien .....	21
1.    Choix des matériaux .....	21
2.    Choix de l'architecture .....	22

IV.	Le choix des Accessoires de guidages .....	24
V.	Etude dynamique .....	25
1.	Etude du non-glissement.....	25
2.	Etude de l'effort de traction.....	27
3.	Choix du motoréducteur .....	29
VI.	Validation des choix.....	30
1.	Dimensionnement de l'arbre de traction.....	31
2.	Vérification de la résistance de la chaîne .....	34
3.	Validation du choix du palier.....	35
4.	Validation de la structure .....	35
5.	Résistance des éléments de soutien .....	43
<b>Chapitre 3 : Automatisation et supervision .....</b>		<b>47</b>
I.	Automatisation.....	48
1.	Outils .....	48
2.	Automatisation système de remplissage .....	51
3.	Automatisation des autres sous-systèmes.....	59
II.	Supervision .....	61
1.	Généralités .....	61
2.	Système de remplissage .....	62
3.	Amélioration du système de remplissage .....	67
4.	Supervision des autres sous-systèmes .....	70
III.	Etude économique .....	71
1.	Introduction.....	71
2.	Estimation du coût de réalisation.....	71
3.	Rentabilité économique du projet .....	71
4.	Retour sur investissement.....	73
Conclusion générale et perspectives .....		74
Webographie et bibliographie .....		76
Annexes .....		77

# Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de MAELEC .....	5
Figure 2 : Répartition des activités de MAELEC.....	6
Figure 3 : Arbre de la RINX40 et ses supports .....	11
Figure 4 : Positionnement des bouteilles lors du remplissage .....	12
Figure 5 : Fonctionnement du carrousel LayCork-3000 .....	13
Figure 6 : Diagramme FAST du convoyeur.....	16
Figure 7 : Dimensions de la chaîne.....	18
Figure 8 : Effet polygonal.....	19
Figure 9: Extrait du catalogue AVE (profil de glissement).....	20
Figure 10: Joint (à gauche) - Bride (à droite) .....	21
Figure 11 : illustration de la structure du convoyeur .....	23
Figure 12 : Accessoires de guidage du convoyeur .....	24
Figure 13 : Guidage en rotation de la roue de traction.....	31
Figure 14: Clavette .....	32
Figure 15: Arbre en flexion.....	33
Figure 16 : Structure latérale du convoyeur .....	36
Figure 17 : Profil structurel central .....	38
Figure 18 : Représentation des contraintes appliquées sur le profil structurel central .....	39
Figure 19 : Déplacements résultants (en haut) et déplacements équivalents (en bas) .....	40
Figure 20 : Module de traction.....	41
Figure 21 : Représentation des contraintes appliquées sur le module de traction .....	42
Figure 22 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite) .....	42
Figure 23 : Bride de soutien.....	44
Figure 24 : Représentation des contraintes appliquées sur la bride de soutien.....	45
Figure 25 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite) .....	46
Figure 26 : Configuration matérielle de l'automate S300 .....	48
Figure 27: Exemple de câblage des Entrées/Sorties API S300 .....	49
Figure 28 : Grafcet système de remplissage .....	54
Figure 29 : Grafcet amélioration système de remplissage.....	56
Figure 30 : Réseau Marche/Arrêt convoyeur sous Step7.....	59
Figure 31 : Réseau Marche/Arrêt distributeur des bouteilles sous Step7 .....	60
Figure 32 : Réseaux Marche/Arrêt carrousel et étiqueteuse sous Step7 .....	60
Figure 33 : Pupitre de supervision .....	61
Figure 34 : Communication entre API et pupitre de commande .....	62
Figure 35 : Vérin d'Entrée/Sortie .....	63
Figure 36 : Cuve principale et conduites.....	64

**Figure 37: Marche et Arrêt de la motopompe.....64**  
**Figure 38 : Motopompe .....65**  
**Figure 39: Arrêt d'urgence.....66**  
**Figure 40 : Vérin de remplissage .....67**  
**Figure 41 : Témoins de présence du vérin .....68**  
**Figure 42 : Modes de fonctionnement.....69**  
**Figure 43: Vue sur les autres sous-systèmes .....70**



# Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Informations générales sur MAELEC.....</b>	<b>4</b>
<b>Tableau 2 : Quelques produits commercialisés.....</b>	<b>7</b>
<b>Tableau 3 : Caractéristiques de la chaîne .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 4: Caractéristiques des roues de traction et de renvoi .....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 5: Valeurs du Facteur de Sécurité .....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 6 : Tensions admissibles par les chaînes.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 7 : Caractéristiques du palier .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 8 : Masses des éléments du convoyeur .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 9 : Masses linéiques des éléments du convoyeur .....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 10: Alliage Aluminium 1060 .....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 11: Abréviations Grafcet amélioration .....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau 12 : Coûts des composants.....</b>	<b>72</b>

# Liste des acronymes

**MAELEC** : Maroc Automatismes Electricité.

**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.

**LED** : Light-Emitting Diode.

**MAD**: Moroccan Dirham.

# Introduction générale

Il serait judicieux de constater que les sociétés marocaines de l'industrie ont de plus en plus tendance à automatiser leurs lignes de production. Cela découle de leur persuasion quant à l'efficacité des systèmes automatisés par rapport aux méthodes traditionnelles employées autrefois.

C'est dans cette optique que s'est inscrit le projet de fin d'études que nous avons réalisé au sein de l'entreprise MAROC ELECTRICITE AUTOMATIQUE, société spécialisée dans la conception et l'automatisation des systèmes industriels. Le sujet s'intitulait : "Conception et Réalisation d'une Ligne de Remplissage Automatique de Bouteilles de l'Eau de fleurs d'Oranger".

L'objectif était la conception et la réalisation d'une ligne de remplissage autonome et qui offre la possibilité du contrôle de la cadence de production. De plus, le système devait respecter les normes agro-alimentaires tout en réduisant les coûts de production. Le système a été réalisé pour le compte de l'entreprise DAR BEL AMRI tout en considérant les spécificités du produit.

Le présent rapport se compose ainsi de la façon suivante :

Le premier chapitre comporte l'organisme d'accueil de MAELEC en plus de la présentation du projet abordé lors de notre stage, ainsi que le cahier des charges relatif au système conçu.

Le deuxième chapitre tourne autour de l'étude mécanique dans laquelle nous allons traiter la conception et l'étude du convoyeur principal, vue l'exigence de son étude.

Le troisième chapitre quant à lui, est consacré à l'automatisation du système en question à travers une analyse approfondie des diverses alternatives existantes. La supervision sera assurée à l'aide d'une interface interactive matérialisée par un pupitre de commande et de contrôle. Ce chapitre s'achève par une étude technico-économique.

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

Ce premier chapitre s'intéresse essentiellement à la présentation générale de l'organisme d'accueil de l'entreprise, à savoir MAELEC, ainsi qu'une brève mise en situation concernant le projet que nous avons réalisé.

## I. Présentation de l'organisme

### 1. Maroc Automatismes Electricité : une entreprise polyvalente

La création de l'entreprise MAROC AUTOMATISME ELECTRECITE (MAELEC) date de l'année 2010. C'est une jeune entreprise polyvalente dédiée à la commercialisation des composants électriques et électroniques.

D'autre part, MAELEC assure la maintenance industrielle à plusieurs entreprises notamment grâce à son staff qualifié composé de techniciens spécialisés et d'ingénieurs, exerçant dans des domaines tels que la mécanique, l'électricité, l'informatique industrielle et l'automatisme. Néanmoins, la fonction principale de l'entreprise reste la conception et la réalisation de systèmes mécatroniques à vocation industrielle. Ce sont des systèmes dont la complexité varie suivant les besoins des clients. Ils peuvent aller d'une simple table tournante jusqu'à des systèmes à plusieurs postes, où chaque poste exécutera une tâche particulière, mais dont l'ensemble des tâches est complémentaire. A titre d'exemple, MAELEC a déjà réalisée une bande rouleuse sous demande d'Ain Saiss, l'un des producteurs leaders au Maroc dans l'industrie de l'eau minérale naturelle. L'entreprise produit occasionnellement des maquettes électroniques, des broyeurs et d'autres produits. Très souvent, MAELEC travaille sur des projets unitaires non répétitifs. Chaque projet présente de nouveaux défis et suppose donc la recherche de solutions à la fois uniques et spécifiques. Ce mode de fonctionnement offre au staff technique une opportunité sans précédent pour développer perpétuellement son savoir-faire et enrichir sans cesse son expérience. Les connaissances acquises serviront par la suite à des réalisations toujours plus performantes aux projets à venir.

Consciente de l'importance de la satisfaction de sa clientèle, MAELEC assure aussi un service après-vente (S.A.V) pour les produits qu'elle réalise. Ce service a pour mission l'accompagnement d'un équipement de production tout au long de sa vie, le service SAV de MAELEC :

- Assure l'entretien préventif, les dépannages et d'autres réparations ;
- Change les composants défectueux ou ajoute d'autres fonctionnalités en cas de besoin ;

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

- Mets en route des installations industrielles.

L'entreprise ne s'arrête pas là. La compétence et l'expérience des opérateurs obtenues durant ces cinq années ont permis l'instauration d'un autre service important, à savoir le service d'automatisation. Ce service offre aux entreprises, n'ayant pas suffisamment de ressources ou désirant simplement améliorer un processus déjà installé, une alternative à l'achat de systèmes neufs. Il est trivial que cette action permet à la fois d'épargner de l'argent et de respecter l'environnement en réduisant l'usage des ressources. Car on le sait bien, un nouveau système requiert beaucoup de composants dont la fabrication affecte d'une manière ou d'une autre les ressources de notre planète. MAELEC, par cette modeste contribution, exprime sa philosophie écologique.

MAELEC devint ainsi un acteur important dans le domaine de l'automatisme et l'instrumentation industrielle au niveau régional et national. Sa décision de couvrir un large éventail de produits et de services reste un choix stratégique propre à elle, la satisfaction des besoins de ses clients en termes de disponibilité et de qualité sa préoccupation majeure et la proposition de solutions innovantes qui garantissent efficacité et productivité sa devise.

## 2. Fiche technique

Le tableau 1 représente quelques informations relatives à la société dans laquelle nous avons effectué notre stage de projet de fin d'étude.

*Tableau 1 : Informations générales sur MAELEC*

<b>Siège</b>	MAELEC
<b>Raison Sociale</b>	Maroc Automatisme Electricité
<b>Secteurs d'activités</b>	Conception, maintenance, automatisme, électricité
<b>Effectif</b>	7 permanents, 3 Freelancer
<b>Capital Social</b>	1 800 000 DH.
<b>Siège Social</b>	N° 96, Appt. 2 Avenue Hassan II Skikina Temara.
<b>Numéros de Téléphone</b>	+212 5 37 64 24 06 / +212 6 62 10 61 51
<b>Fax</b>	+212 5 37 64 24 02

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

Numéro de Registre de Commerce	92203
Identification fiscal	3349481
Patente	27951297
CNSS	9170648

## 3. Organigramme d'accueil

Il est conventionnel qu'un stage s'effectue au sein d'un service bien défini. Or, dans notre cas et vue la particularité de notre projet, nous avons été amenés à inclure plus d'un service tout au long de la période du stage. En effet, la réalisation du projet ne peut se faire en excluant le **Service Chargé d'Affaires** vu son rôle primordial dans le chiffrage des solutions techniques et dans la négociation et la contractualisation avec le client. De même, l'inclusion du **Service Etudes et Conception** reste une nécessité en soit. Enfin, travailler sans la coordination du **Service Réalisation** peut comporter des répercussions irréversibles quant aux résultats souhaités si la communication n'est pas établie entre ce service et celui des études et de la conception. L'organigramme de la société, se présente ainsi de la façon suivante (figure 1) :

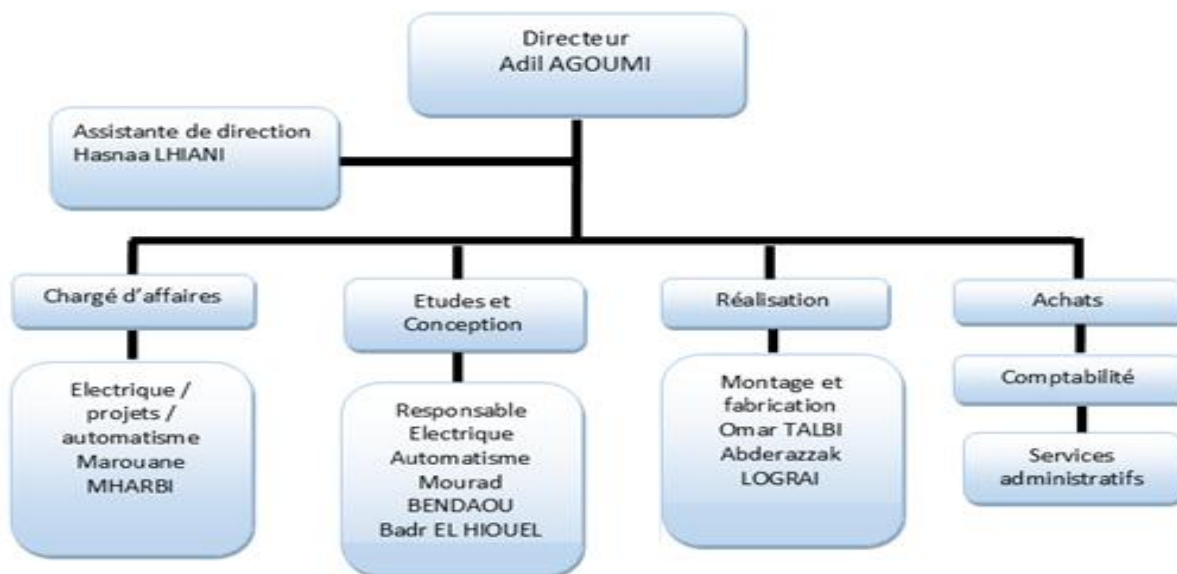
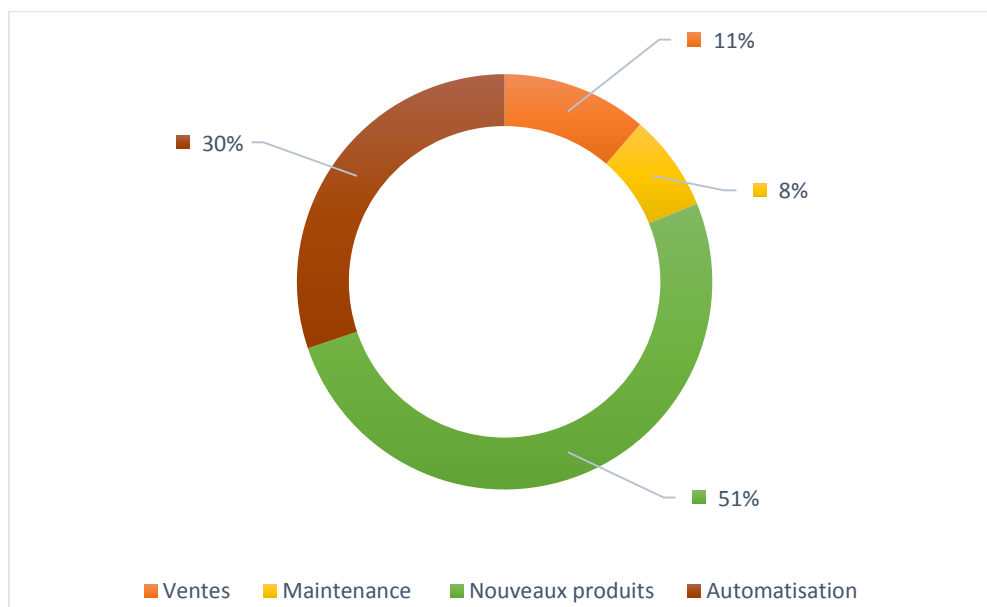


Figure 1 : Organigramme de MAELEC

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

## 4. Répartition des activités

Comme mentionné précédemment, MAELEC est active dans plusieurs domaines. Chacun de ces domaines occupe une place plus au moins importante dans le chiffre d'affaires de l'entreprise. Le graphe ci-dessous met en évidence le pourcentage des quatre activités les plus importantes. En tête du classement, on retrouve les systèmes que MAELEC réalise avec un pourcentage de 51 %, par la suite l'automatisation industrielle avec 30%, après vient la commercialisation de produits tels que les capteurs et les détecteurs que l'entreprise fabrique elle-même et finalement la maintenance avec 8%.



*Figure 2 : Répartition des activités de MAELEC*

## 5. Produits proposés

Maroc Automatisme Electricité propose un large éventail de composants électriques et électroniques de toutes sortes. On peut rencontrer une large gamme de capteurs et de détecteurs, mais aussi :

- Des automates programmables ;
- Des Timers ;
- Des relais ;



# Chapitre 1 : Contexte général du projet

- Des régulateurs ;
- Contacteurs.

Le tableau suivant présente des exemples de quelques produits que l'entreprise met en vente et qu'on peut commander directement sur son site web ([www.maelec.ma](http://www.maelec.ma)). A noter que la durée de livraison dépend du nombre d'articles désirés, du type de ces articles et bien évidemment de la localisation du client.

*Tableau 2 : Quelques produits commercialisés*

Produit	Domaine	Description
Automate SIMATIC S7-400	Automatisme	Alimentation PS407 : 10A WideRange : 120/230V UC/5V DC/10A
Automate SIMATIC S7-300	Automatisme	Alimentation : 24 V DC CPU : 315-2DP avec interface intégrée MPI 128 Ko mémoire de travail 2 INTERFACEDP-MASTER/SLAVE
Régulateur PID	Automatisme	48x24mm Multi Entrées Sortie SSR Alimentation 85-264VAC
Jaguar Inverter + Filter	Electricité	7.5/1 kW 3 Phases, 400V Dual Rated For CT/VT
Bloc de commutation photo-électrique	Détection	Polarisée Retro, M12 DC NO + NC PNP, Sn = 5.5m Corps ABS 50x50x17mm, IP67
Capteur fin de course, standard	Détection	Piston plongeur NO + NC Corps en métal 1 x Entrée PG13.5

## II. Cahier des charges

Au Maroc, il existe plusieurs sociétés spécialisées dans la production et la commercialisation de l'eau de fleurs d'oranger. Ces sociétés désirent toujours l'arrondissement de leurs chiffres d'affaires, elles cherchent en permanence des moyens leur permettant le développement et l'augmentation de la production. Ceci implique naturellement une augmentation de la cadence.

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

---

Ceci dit, ce progrès doit se faire par le biais de mesures organisationnelles ; gestion des stocks, gestion de la production, mais aussi à travers l'équipement en machines capables d'améliorer considérablement les processus de fabrication, souvent traditionnels.

La société Dar Bel Amri, consciente de cette évolution, désirait alors automatiser sa ligne de production quasi-manuelle en se procurant un système de remplissage industriel. Pour se faire, elle contacte la société de conception et d'automatisation MAELEC, avec laquelle elle se convient sur un cahier des charges contenant plusieurs spécifications que le système de remplissage doit satisfaire.

- Avoir un système de production autonome et ayant un comportement systématique ;
- Contrôler la cadence de production ;
- Garantir la qualité du produit pour être conforme aux normes agro-alimentaires ;
- Réduire les coûts de production.

Soulignons que les spécifications bien que significatives et ne donnant qu'une idée globale sur les attentes du client, elles demeurent générales et apportent peu de précisions requises lors de la phase de concrétisation du produit.

L'expression d'un besoin latent ne se manifeste que très rarement lors de passation de commandes. Dans la quasi-totalité des cas, le client se procure un bien afin de satisfaire à un besoin sans réellement s'intéresser aux fonctionnalités intrinsèques. Le client n'en est simplement pas conscient ou dans peu de cas l'admet tacitement. Ainsi, l'identification et la satisfaction de ces besoins non-exprimés mais pourtant cruciaux fera l'objet de contentement chez le client surtout si on sait que la performance n'a guère besoin d'être importante pour venir à bout des espérances de ce dernier.

Ainsi, l'une des tâches vitales consiste à communiquer en permanence avec le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage afin d'apporter des réponses pertinentes aux interrogations rencontrées pendant les phases étude et réalisation.

## III. Présentation du projet

### 1. Savoirs requis

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 devons 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 eau de fleur d'oranger. Il est constitué de plusieurs sous-systèmes ou postes remplissant chacun une fonction bien déterminée. En amont du système on trouve une table tournante (voir Annexe 3) qui rassemble les bouteilles et qui alimente la rinceuse (**RINX40**) via un convoyeur. Par la suite, la rinceuse alimente à son tour le système de remplissage (**Flume Fill Five**) via le même convoyeur. Les bouteilles passent ensuite au carrousel (**LayCork-3000**) pour être injecter en eau de fleur d'oranger et bouchonner. L'étape finale est le passage par

# Chapitre 1 : Contexte général du projet

---

l'étiqueteuse qui met en place les étiquettes sur les bouteilles. Tout transport sur la ligne est assuré par le convoyeur.

## a. La rinceuse RINX40

Le système de nettoyage/rinçage appelé **RINX40** est considéré comme l'entrée de la ligne de production. Il est composé d'un arbre central portant quatre supports de bouteilles, de dix buses suspendues en-dessus de l'axe, de dix brosses rotatives et de dix conduites injectant une goutte de l'eau de fleur d'oranger. L'axe complète son tour en quatre temps. Les bouteilles passent d'abord sous les buses pour être remplies en eau chaude puis l'axe tourne d'un quart de tour pour les positionner devant les brosses rotatives. Ces dernières effectuent un nettoyage de la cavité interne des bouteilles. Ensuite, l'axe effectue un autre quart de tour afin de pouvoir vider les bouteilles. Dans cette étape, elles sont totalement renversées. Par la suite, l'axe effectue un autre quart de tour et les bouteilles arrivent devant des tuyaux qui les injectent en eau de fleur d'oranger. Finalement, avec un dernier quart de tour, les bouteilles regagnent leur position initiale et sont aussitôt remplacées par un autre groupe de dix bouteilles, nécessitant encore un nettoyage. Bien évidemment, toutes ces opérations se font simultanément. Les étapes du nettoyage/rinçage sont :

- Première étape : introduction sous les buses et remplissage en eau chaude ;
- Deuxième étape : introduction des brosses rotatives à l'intérieur des bouteilles ;
- Troisième étape : vidange des bouteilles par gravité ;
- Quatrième étape : jet d'une goutte concentrée d'eau de fleur d'oranger sur les couronnes des bouteilles.

La figure 3 présente une construction 3D sous SolidWorks de l'axe avec ses quatre supports :

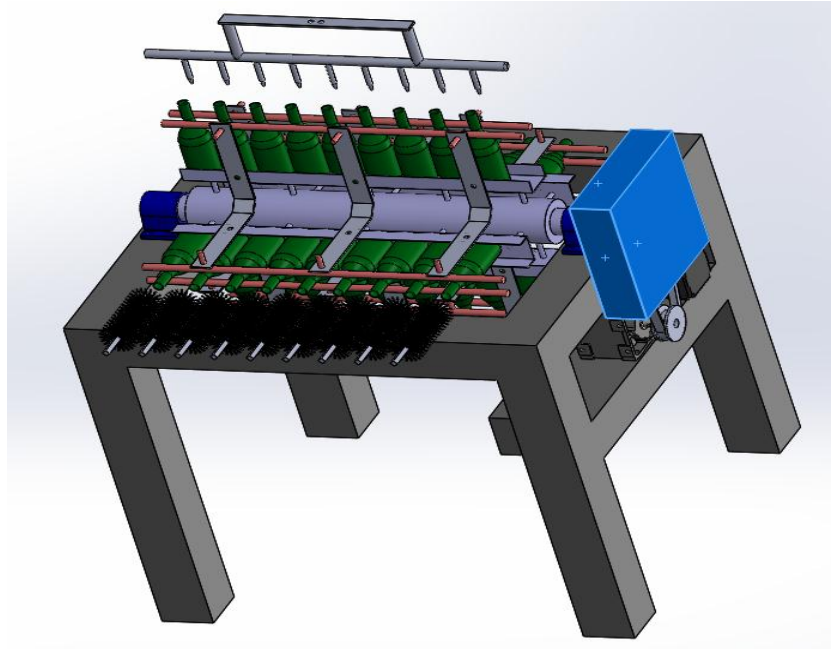


Figure 3 : Arbre de la RINX40 et ses supports

Les bouteilles qui quittent la **RINX40** et se dirigent vers le poste suivant, à savoir le **FFF (Flume Fill Five)**, via le convoyeur. La conception retenue pour l'axe de la **RINX40** permet entre autres d'obtenir dix bouteilles propres pour chaque quart de tour ; le contrôle de cette durée permet, en partie, le contrôle de la cadence de production.

### b. Le système de remplissage FFF (Flume Fill Five)

Après l'obtention des bouteilles propres, ces dernières sont mises sur le convoyeur 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, d'un réservoir 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 4) :

## Chapitre 1 : Contexte général du projet



*Figure 4 : 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.

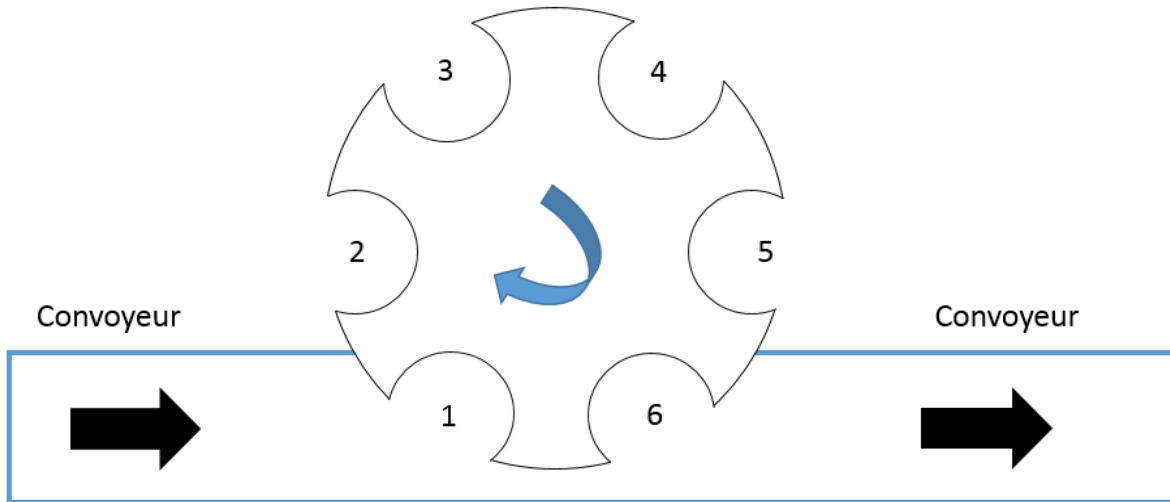
Enfin, les vérins de blocages sont positionnés de sorte à ce qu'ils déterminent l'emplacement du remplissage. Ils sont soit en position avant, empêchant le passage des bouteilles vers le **LayCork-3000** soit en position arrière, laissant ainsi la voie libre à celles-ci. La distance séparant les deux vérins est égale à **5\*Diamètre** en plus d'une petite marche de sécurité pour s'assurer de la prise en charge des bouteilles.

**(Pour plus de détails techniques, consulter annexe 3)**

### c. Le carrousel LayCork-3000

Une fois que les bouteilles sont remplies, elles sont transportées vers une table tournante appelée carrousel **LayCork-3000** 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 5, représente un schéma simplifié du **LayCork-3000** :

# Chapitre 1 : Contexte général du projet



*Figure 5 : Fonctionnement du carrousel LayCork-3000*

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, dernière position sur le **LayCork-3000**. 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 concentrée d'eau de fleur d'oranger ;
- Le positionnement du bouchon lors du passage sous la tête d'approvisionnement ;
- La mise en position finale du bouchon par le biais de la Capsuleuse.

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 première et troisième 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'enpaculeuse. 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.

# Chapitre 2 : Etude mécanique de convoyeur principal

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.



# Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

## Préambule

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.

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.

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 à chaînes 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 chaînes.

## **I. 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 ;

# Chapitre 3 : Automatisation et supervision

- La matière d'œuvre entrante : Bouteille à l'entrée ;
- La matière d'œuvre sortante : Bouteille à la sortie.

## 2. Diagramme FAST de la fonction globale :

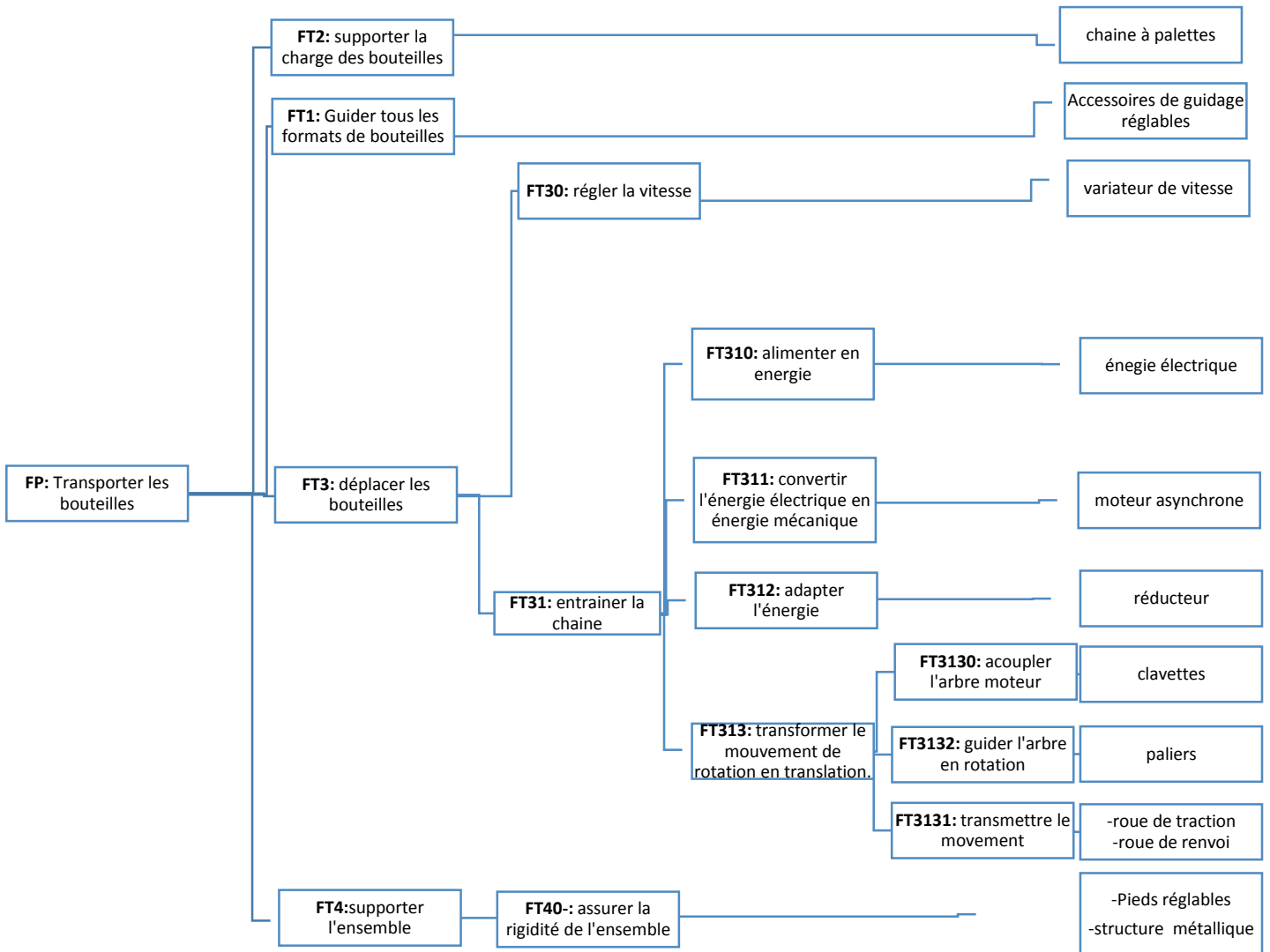


Figure 6 : Diagramme FAST du convoyeur

### II. Choix des éléments fonctionnels

#### 1. Le choix de la chaîne

L'entreprise AVE Transmisiones Mecánicas est l'une des entreprises ayant obtenu une certification ISO 22000. De par sa certification, AVE est réputée pour la qualité de ses produits qu'on peut consulter dans son catalogue.

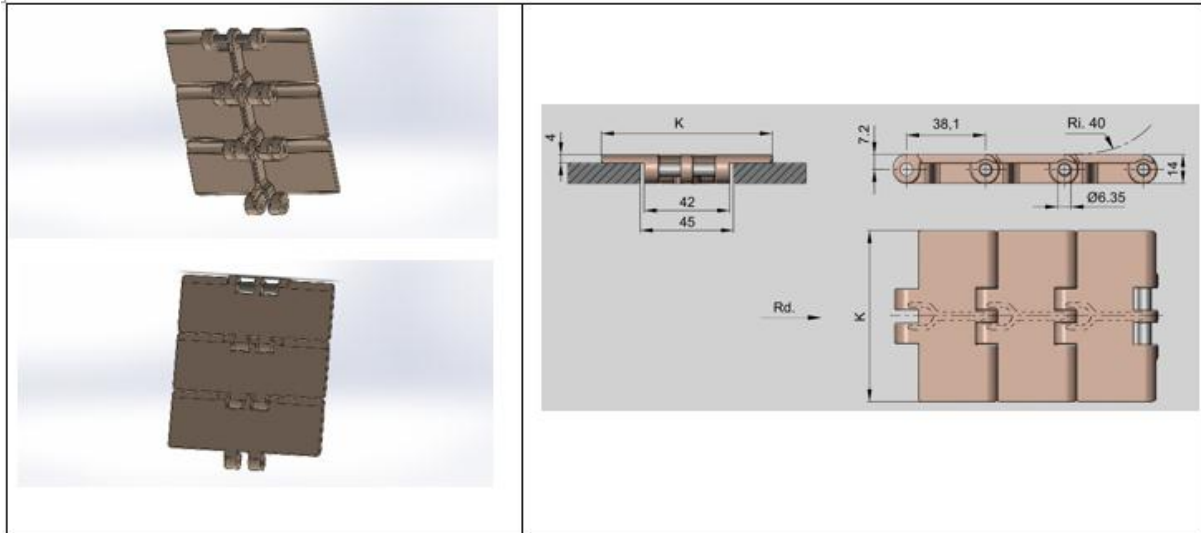
En effet, l'entreprise propose un grand éventail de produits ; particulièrement les convoyeurs à chaînes. Les chaînes peuvent aller des plus standards à des chaînes innovantes et brevetées. Ces chaînes ont fait leurs preuves dans les secteurs industriels utilisant des bouteilles en verre. À titre d'exemple, 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 chaînes 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.

On conclue que les chaînes en Acétal sont la solution la plus adaptée pour la construction de notre convoyeur. De plus, les chaînes en inox sont onéreuses pour une performance quasi-identique, ce qui nous donne plus de raisons quant au choix de la matière des chaînes. Les mensurations de la chaîne que nous avons sélectionnée sont présentées dans la figure 7.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision



*Figure 7 : 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 :

*Tableau 3 : Caractéristiques de la chaîne*

Caractéristique	Valeur
K (largeur de la chaîne)	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

# Chapitre 3 : Automatisation et supervision

## 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.

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.

➤ **Effet polygonal :**

Pendant la rotation de la roue, la chaîne est à son point d'engagement et de désengagement 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.

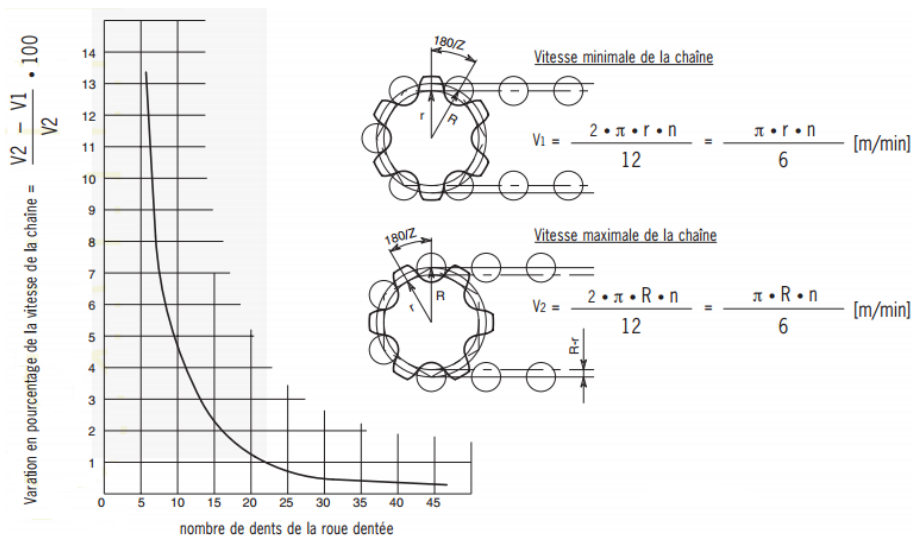


Figure 8 : Effet polygonal

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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**.

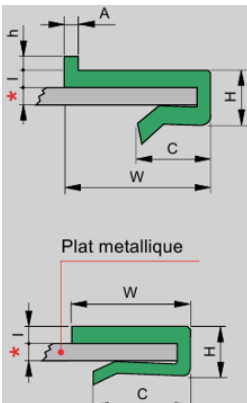
Toutefois, on remarque qu'il existe quatre nuances pour cette roue selon le diamètre de l'arbre. Pour le moment, on choisit la roue avec un **DF = 25 mm** qu'on s'assurera de sa validité lors de la vérification de la résistance de l'arbre. De la même manière, en consultant le catalogue, on sélectionne 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.

*Tableau 4: Caractéristiques des roues de traction et de renvoi*

Caractéristique	Roue de traction	Roue de renvoi
Diamètre extérieur	153.0 mm	153.0 mm
Nombre de dents	25 dents	---
Masse	0.6 Kg	0.9 Kg
Diamètre de l'arbre	25 mm	25 mm

### 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.



COLOR / COLOUR COULEUR / FARBE	W	H	C	I	A	h	L	Kg/m	COD.
Verde / Green / Vert / Grün	20	9	13	3	2,5	2,5	50	0,12	P20275
Negro / Black / Noir / Schwarz									P30275
Verde / Green / Vert / Grün	25	9	13	3	2,5	2,5	50	0,12	P20271
Negro / Black / Noir / Schwarz									P30271

COLOR / COLOUR COULEUR / FARBE	W	H	C	I	A	h	L	Kg/m	COD.
Verde / Green / Vert / Grün	20	10,5	14,5	3	-	-	50	0,11	P20269
Verde / Green / Vert / Grün	25	10,5	20	3	-	-	50	0,12	P20274
Negro / Black / Noir / Schwarz									P30274

*Figure 9: Extrait du catalogue AVE (profil de glissement)*

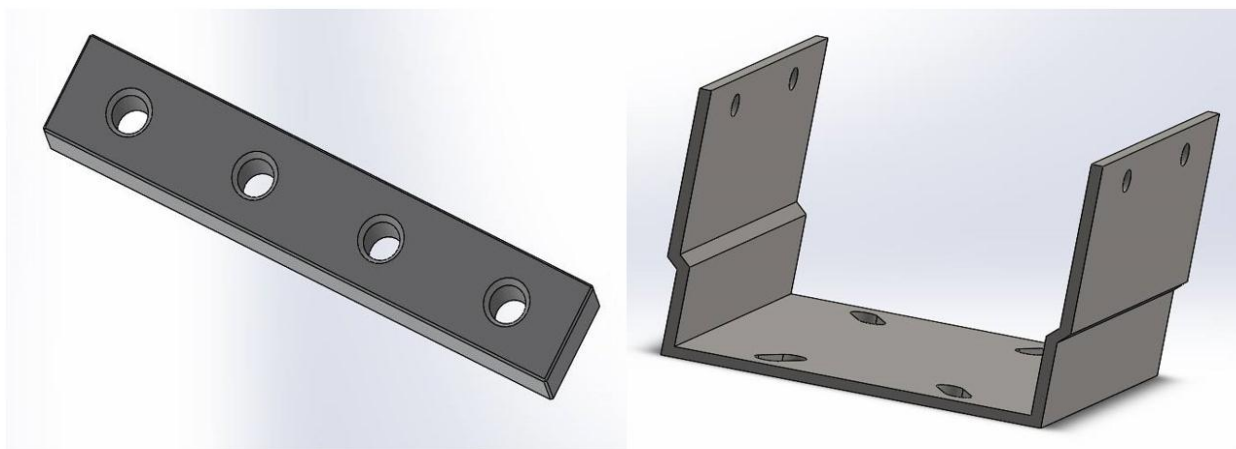
### III. Le choix des éléments de soutien

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.

Les joints de liaisons (voir figure 10) 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.



*Figure 10: Joint (à gauche) - Bride (à droite)*

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

En ce qui concerne la bride de soutien (voir figure 10), 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.

La bride a été réalisée aux locaux de MAELEC en utilisant l'acier inoxydable vu l'importance de cette pièce et la disponibilité de ce matériau dans le stock.

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 présentes dans les profils latéraux afin d'assurer un alignement nécessaire pour le guidage de la chaîne.



## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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 total 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 11 représente une modélisation sous le logiciel de conception mécanique SolidWorks de la structure de support en entier :



*Figure 11 : 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.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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.

### IV. 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 efficacité 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 12, représente le système de guidage, modélisé sous SolidWorks, monté sur les profils structuraux :

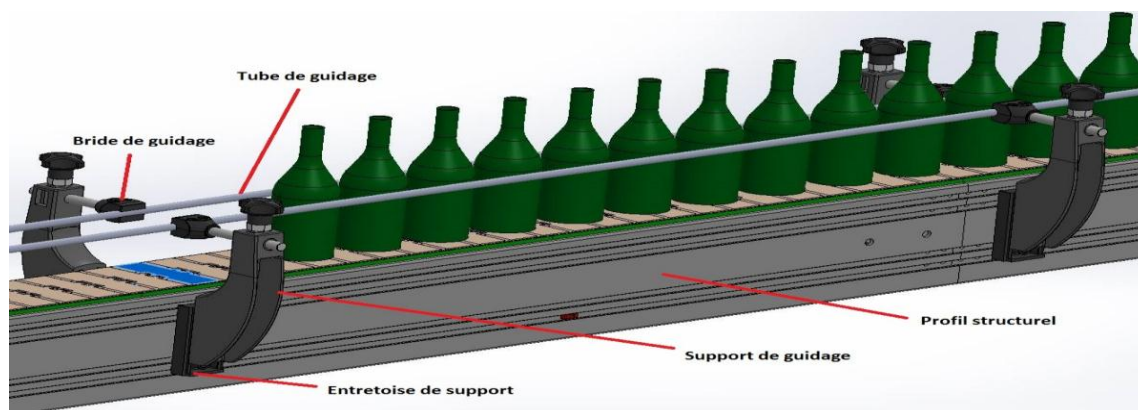


Figure 12 : Accessoires de guidage du convoyeur

### V. Etude dynamique

Cette partie a pour objectifs de trouver le dimensionnement adéquat de la motorisation et 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.

#### Hypothèses :

- Le coefficient de frottement au contact de la bouteille en verre avec la chaîne en acétal :  $\mu_p = 0,16$  ;
- Le coefficient de frottement au contact de profil de glissement en polyéthylène avec la chaîne en acétal :  $\mu_G = 0,17$  ; [HabaCHAIN®Slat and Conveyor Chains-Engineering Guide page : 52-53]
- L'accélération de la pesanteur :  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  ;
- L'entraxe du convoyeur :  $L = 4 \text{ m}$  ;
- La masse des bouteilles transportées par le convoyeur en pleine charge :  $m_b = 63.6 \text{ Kg}$  ;
- Le couple de démarrage est supposé constant ;
- La vitesse maximale de fonctionnement du convoyeur :  $V_{\max} = 25.2 \text{ m/min}$  ; (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.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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, si 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.

### 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 chaîne du convoyeur.

### Calcul de l'accélération

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

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

$\vec{\alpha}$ : 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 :

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

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

$$\text{Donc } R = P / \cos(\varphi)$$

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

Ce qui donne une accélération de  $|\alpha| = 9.81 \cdot 0.16 = 1.57 \text{ m/s}^2$  quel que soit la forme des bouteilles.

Ainsi, l'accélération de notre convoyeur ne doit pas dépasser l'accélération maximale  $\alpha_{\max} = 1.57 \text{ m/s}^2$ .

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### 2. Etude de l'effort de traction

Cette partie s'intéresse à la détermination des caractéristiques du moteur permettant l'entraînement 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 : [HabaCHAIN®Slat and Conveyor Chains-Engineering Guide page (Tensile force) : page 44] :

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

$m_b$  = masse totale de bouteilles [kg/m] ;

$m_c$  = masse linéique de la chaîne [kg/m] ;

$F_T$  = force de traction [N] ;

$L$  = longueur de convoyeur ;

$\mu_G$  = Coefficient de friction entre la chaîne et le profil de glissement ;

$\mu_P$  = Coefficient de friction entre la chaîne et la bouteille en verre ;

$g$  = Accélération de la pesanteur.

D'après l'équation précédente, on obtient :  $F_T = 218.567 \text{ N}^{(*)}$  avec :

$$*F_T = [(2 \times 0.95 \times 4 + 63.6) \times 0.17 + 63.6 \times 0.16] \times 9.81 = 218.567 \text{ N}$$

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 5 indique les valeurs de  $F_S$  selon les applications les plus fréquentes.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

Tableau 5: Valeurs du Facteur de Sécurité

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	F <sub>s</sub>
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

Dans notre cas le facteur de service est :  $F_s = 1 \times 1,2 \times 1,3 \times 1 = 1,56$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :  $F_N = 341 \text{ N}^{(*)}$

$$*F_N = 218,567 \times 1,56 = 341 \text{ N}$$

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 :  $C_N = 26,085 \text{ N}^{(*)}$

$$*C_N = 341 \times (0,1532/2) = 26,085 \text{ N.m}$$

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 chaîne. La puissance est alors déterminée grâce à la formule suivante :

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

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

Avec le rendement global :  $\eta = \eta_c \times \eta_p$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :  $C_r = 28.59 \text{ N.m}^{(*)}$

$$*C_r = \frac{26.085}{0.92 \times 0.98} = 28.931 \text{ N.m}$$

### 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.

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.

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 :

$$V_{\max} = R_{\text{roue}} \cdot \omega_{\max}$$



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

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :  $\omega_{\max} = 5.5 \text{ rad/s}^{(*)}$

$$*\omega_{\max} = \frac{0.42}{0.0765} = 5.5 \text{ rad/s}$$

Ainsi, la fréquence de rotation vaut :  $N_{\max} = 52.42 \text{ tr/mn}$

$$\text{Avec : } N = \frac{\omega \cdot 60}{2\pi}$$

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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 chaîne. La puissance est alors déterminée grâce à la formule suivante :

$$P = C_r \cdot \omega_{max}$$

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient : **P = 0.157 KW (\*)**

$$*P = 29 * 5.5 = 0.160 KW$$

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 :

<b>Réf. : LS71L Mb 2201</b>
<b>Puissance : KW2 = 0.25 kW</b>
<b>Couple de sortie : <math>M_s = 31 \text{ N.m}</math></b>
<b>Vit. De sortie <math>N_s = 56.3 \text{ Tr/mn}</math></b>
<b>Rapport de réduction <math>i = 25</math></b>

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.

## VI. 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



## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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 13.

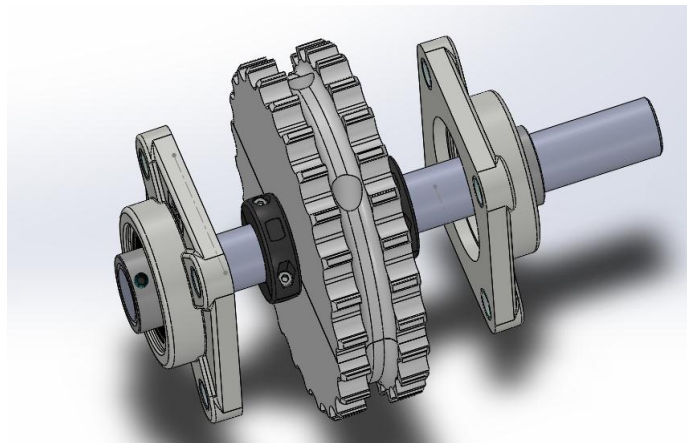


Figure 13 : Guidage en rotation de la roue de traction

#### a. Hypothèses

- L'arbre principale encaisse un moment de torsion  $M_t = T = 31\,000\text{ N.mm}$  ;
- 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  $K_t \approx 5.4$ ;
- La limite élastique en traction de l'acier inox (acier doux) AISI 304  $R_{eg} \approx 240\text{ MPa}$ .

#### 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:

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

$$\tau_{max} = \frac{M_t(max)}{I_0} \cdot R = \frac{M_t(max)}{\frac{\pi \cdot d^4}{32}} \cdot \frac{d}{2} = \frac{16 \cdot M_t(max)}{\pi \cdot d^3}$$

$\tau_{max}$ : Contrainte maximale tangentielle ( MPa ) ;

$M_t(max)$ : Moment de torsion maximale (N.mm) ;

$I_0$ : Moment quadratique polaire de la section (S) (mm<sup>4</sup>) ;

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

$(I_0/R)$ : module de torsion (mm<sup>3</sup>) ;

$d$  : diamètre de l'arbre;

On doit vérifier le critère de résistance :

$$\tau_{max} \leq \frac{R_{eg}}{s \cdot k_t}$$

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

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 :

- $a = 8\text{mm}$  ;
- $b = 7\text{mm}$  ;
- $d = 25\text{mm}$  ;
- $j = d-3 = 25-3 = 22 \text{ mm}$ .

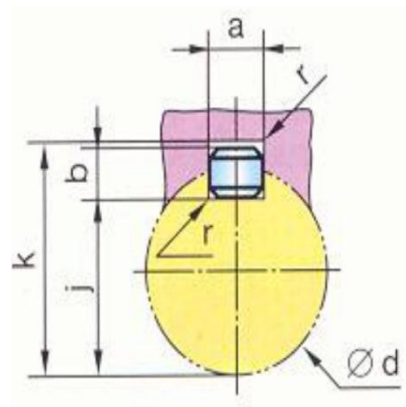


Figure 14: Clavette

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### 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.

Calcul de la force de flexion appliquée à l'arbre de traction :

On utilise la formule de calcul suivante :

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

**F :** Effort de traction (N) ;

**R :** Rayon de l'arbre e ;

**T :** Couple à la sortie du motoréducteur.

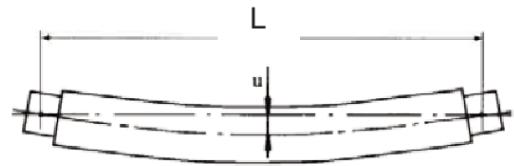


Figure 15: Arbre en flexion

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

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

En remplaçant les valeurs numériques, on trouve :

$$u = 0.050 \text{ mm}^{(*)}$$

$$*u = \frac{2480 \cdot 180^3}{76,8 \cdot 195000 \cdot 19175} = 0.050 \text{ mm} \ll 2.5 \text{ mm}$$

**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/mm<sup>2</sup>). (Pour Inox :E=195000 N/mm<sup>2</sup>) ;

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

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.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### 2. Vérification de la résistance de la chaîne

Après avoir trouvé le couple maximal que le moteur peut fournir, il nous faut vérifier la résistance de la chaîne aux efforts développés par 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.

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

Où  $Rr$  est le rayon de la roue.



En remplaçant les valeurs numériques, on trouve :

$$F = 274.5 \text{ N}^{(*)}$$

$$*F = \frac{T}{R} = \frac{31}{0.0765} = 405.22 \text{ N}$$

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

Tableau 6 : Tensions admissibles par les chaînes

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

La tension admissible pour la chaîne en **LF 820** que nous avons utilisé est  $F_{adm} = 3200 \text{ N}$

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

On remarque ainsi que la condition de résistance est largement satisfaite ( $F_{adm} \gg 405.22 \text{ N}$ ).

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

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### 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 défini par sa charge Radiale **Rd = 3820 N**, 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 :

*Tableau 7 : Caractéristiques du palier*

Caractéristique	Spécification
diamètre intérieur	25 mm
Charge radiale admissible	13 KN
Corrosion	Non
Graisseur	1/4 UNF
Matériau roulement/Fixation	Acier Inox 304
Corps	<b>PBT (PolyButylène Téréphthalate)</b>
Température de fonctionnement	-35 à 102°C

### 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 nous 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.**

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### 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 16)

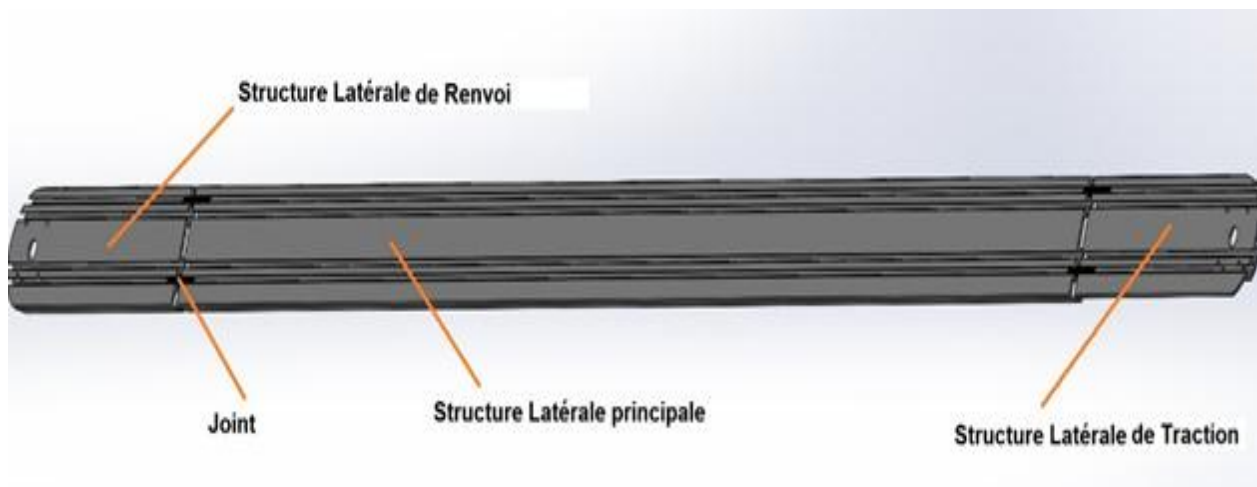


Figure 16 : Structure latérale du convoyeur

### Données du problème :

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

Tableau 8 : Masses des éléments du convoyeur

L'élément	Masse en Kg
Roue de Traction	0.6
Roue de Renvoi	0.9

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

Accessoires de guidages :	<b>0.483</b>
Entretoise	0.06
Support	0.283
Bride	0.14
Palier	0.35
Arbre de Traction	1
Arbre de Renvoi	0.78
Moteur	<b>18</b>

De la même manière, le tableau 9 ne contenant que les masses linéiques :

*Tableau 9 : Masses linéiques des éléments du convoyeur*

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

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 :**

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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.

Tableau 10: Alliage Aluminium 1060

<b>Nom</b>	Alliage Aluminium 1060
<b>Type du modèle</b>	Linéaire élastique isotropique
<b>Critère de ruine par défaut</b>	Contrainte de Von Mises max
<b>Limite d'élasticité</b>	27.5742 MPa (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Limite de traction</b>	68.9356 MPa (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Module d'élasticité</b>	6.9e+010 N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficient de Poisson</b>	0.33
<b>Masse volumique</b>	2700 kg/m <sup>3</sup>
<b>Module de cisaillement</b>	2700 MPa (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Coefficient de dilatation thermique</b>	2.4e-005 /Kelvin

### b. Simulation pour la structure principale

#### ➤ Définition du modèle géométrique :

Nous schématisons le profil structural 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.

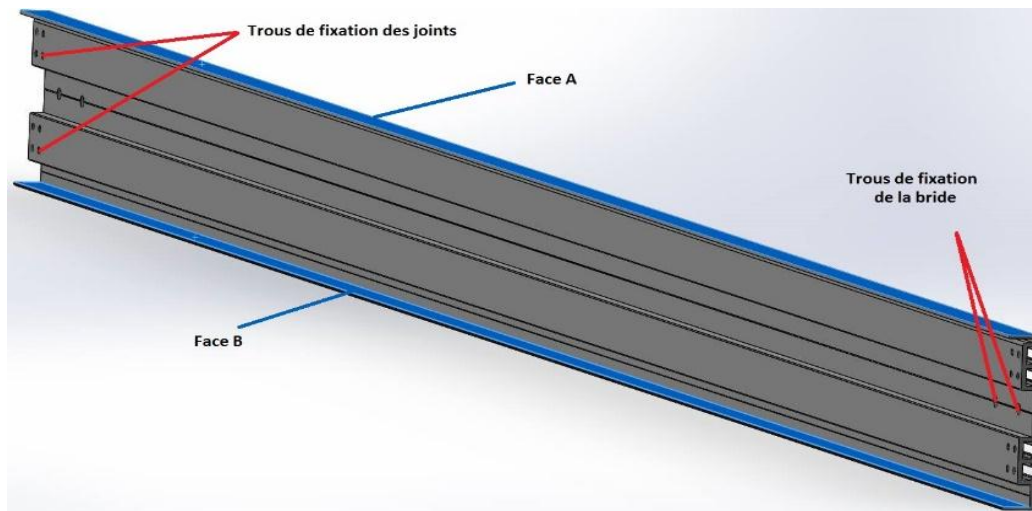


Figure 17 : Profil structural central

#### ➤ Les actions extérieures :



## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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  $P_1 = 251.5 \text{ N}$ . En ce qui concerne la Face B, elle subit un poids total de  $P_2 = 17.5 \text{ N}$ .

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

### ➤ 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 :

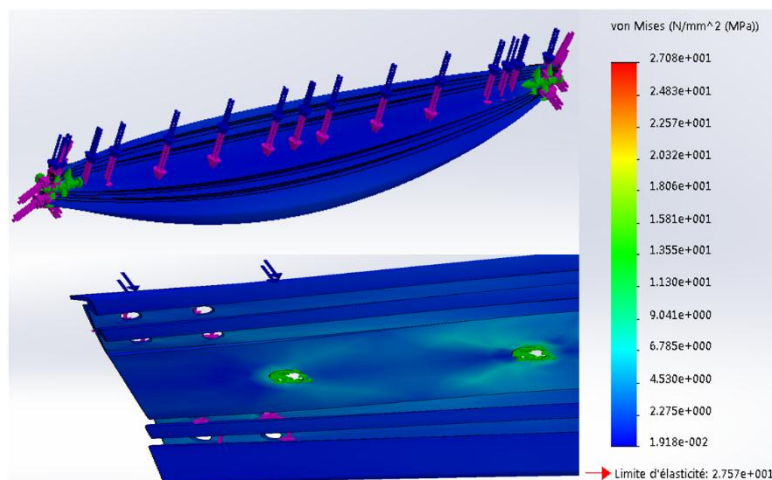


Figure 18 : Représentation des contraintes appliquées sur le profil structurel central

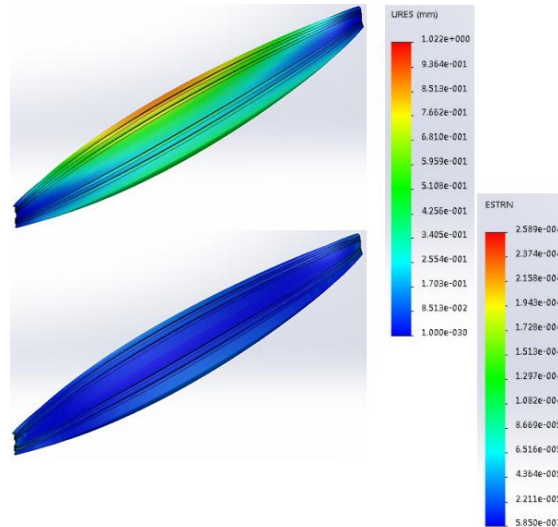
Le tableau suivant illustre les valeurs numériques de la contrainte minimale et de la contrainte maximale :

Type contrainte	Contrainte min.	Contrainte Max.
-----------------	-----------------	-----------------

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

contrainte de Von Mises	0.017390 N/mm <sup>2</sup> (MPa)	27.0916 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
-------------------------	----------------------------------	---------------------------------

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



*Figure 19 : 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	0.541721 mm
ESTRN: Déformation équivalente	4.29238e-007 mm	0.000154156 mm

### c. La résistance de modules de traction et de renvoi

➤ **Définition du modèle volumétrique :**

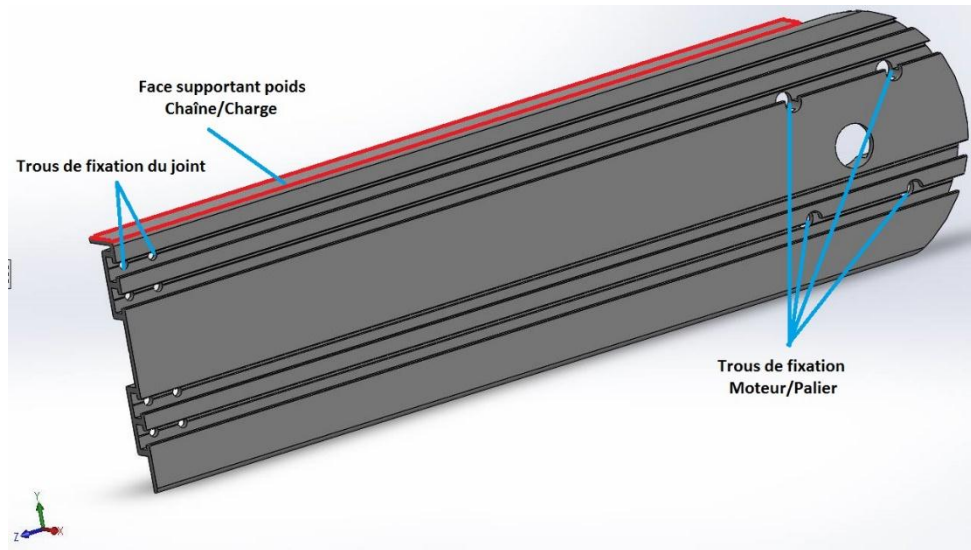


Figure 20 : Module de traction

➤ **Les actions extérieures :**

Le profil structural 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  $P_1' = 84 \text{ N}$ . 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 :

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

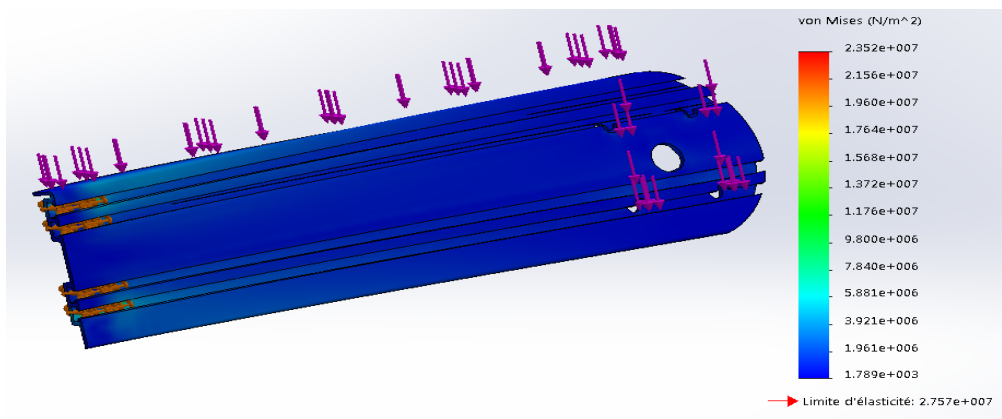


Figure 21 : Représentation des contraintes appliquées sur le module de traction

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 <sup>2</sup> (MPa)	23.5175 N/mm <sup>2</sup> (MPa)

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

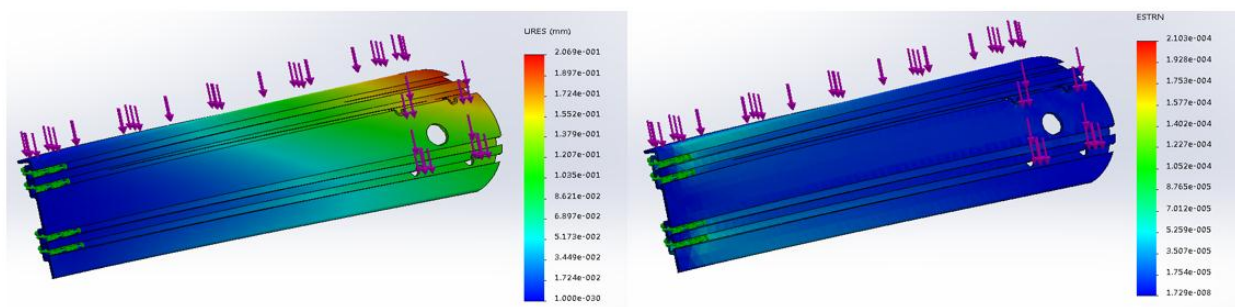


Figure 22 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite)

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

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

### 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 0.6 millimètres (0.541721 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

### **Représentation du modèle géométrique :**

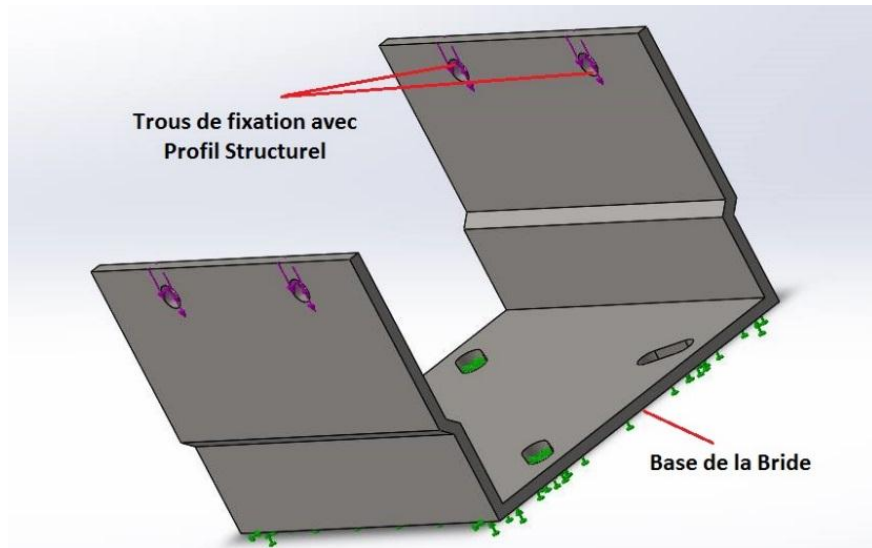


Figure 23 : Bride de soutien

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

**Nom du matériau :** AISI 304

**Type de modèle :** Linéaire élastique isotropique

**Critère de ruine par défaut :** Critère de Von Mises max.

**Limite d'élasticité :**  $2.06807e+008$  N/m<sup>2</sup>

**Limite de traction :**  $5.17017e+008$  N/m<sup>2</sup>

**Module d'élasticité :**  $1.9e+011$  N/m<sup>2</sup>

**Coefficient de Poisson :** 0.29

**Masse volumique :** 8000 kg/m<sup>3</sup>

**Module de cisaillement :**  $7.5e+010$  N/m<sup>2</sup>

**Coefficient de dilatation thermique :**  $1.8e-005$  /Kelvin

➤ **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.

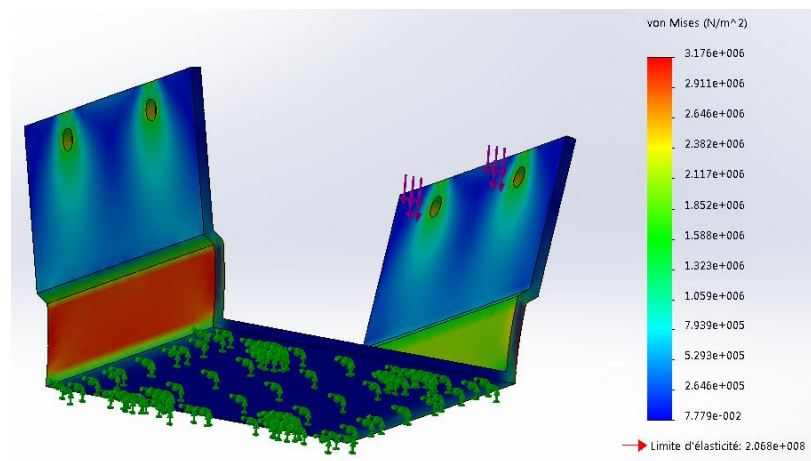
## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### ➤ 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 24 : 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	7.77871e-008 N/mm <sup>2</sup> (MPa)	3.17553 N/mm <sup>2</sup> (MPa)

Les déplacements résultants (à gauche) et les déformations équivalentes (à droite) sont présentés par les figures 25 :

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

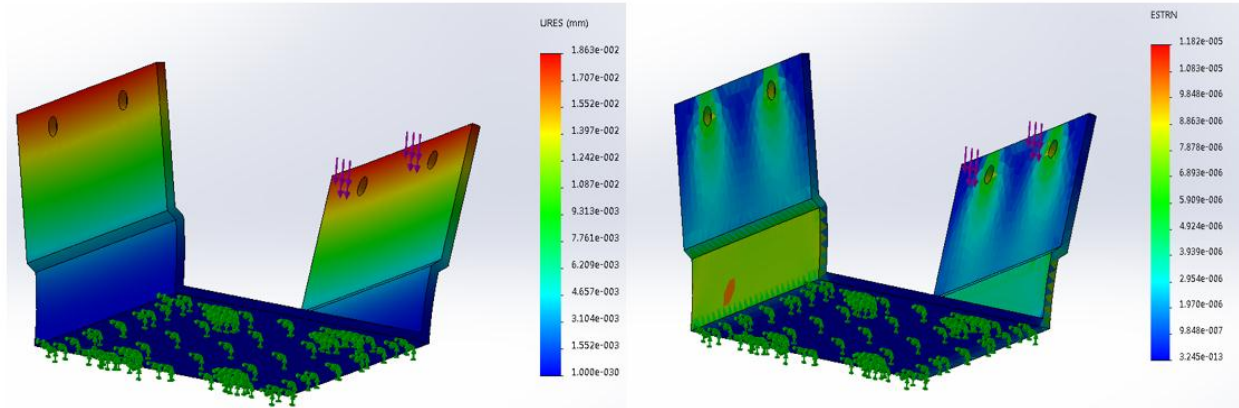


Figure 25 : Déplacements résultants (à gauche) et déformations équivalentes (à droite)

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

Nom	Min.	Max.
URES : Déplacement résultant	0mm	0.018627 mm
ESTRN: Déformation équivalente	3.24475e-013 mm	1.18173e-005 mm

### 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 seules informations que nous avons sous la main étaient le matériau et les dimensions géométriques de la bride, et nous devons 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 échéant nous recommençons avec une valeur supérieure jusqu'à trouver une épaisseur convenable.



## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

Dans ce chapitre, nous pencherons sur l'automatisation et la supervision de la ligne de remplissage. Cela en détaillant les différents programmes que nous avons réalisés ainsi qu'en proposant des modifications pour améliorer le système. Par la suite, une étude économique sera faite.

## I. Automatisation

### 1. Outils

#### a. Automate Programmable Industriel

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 :

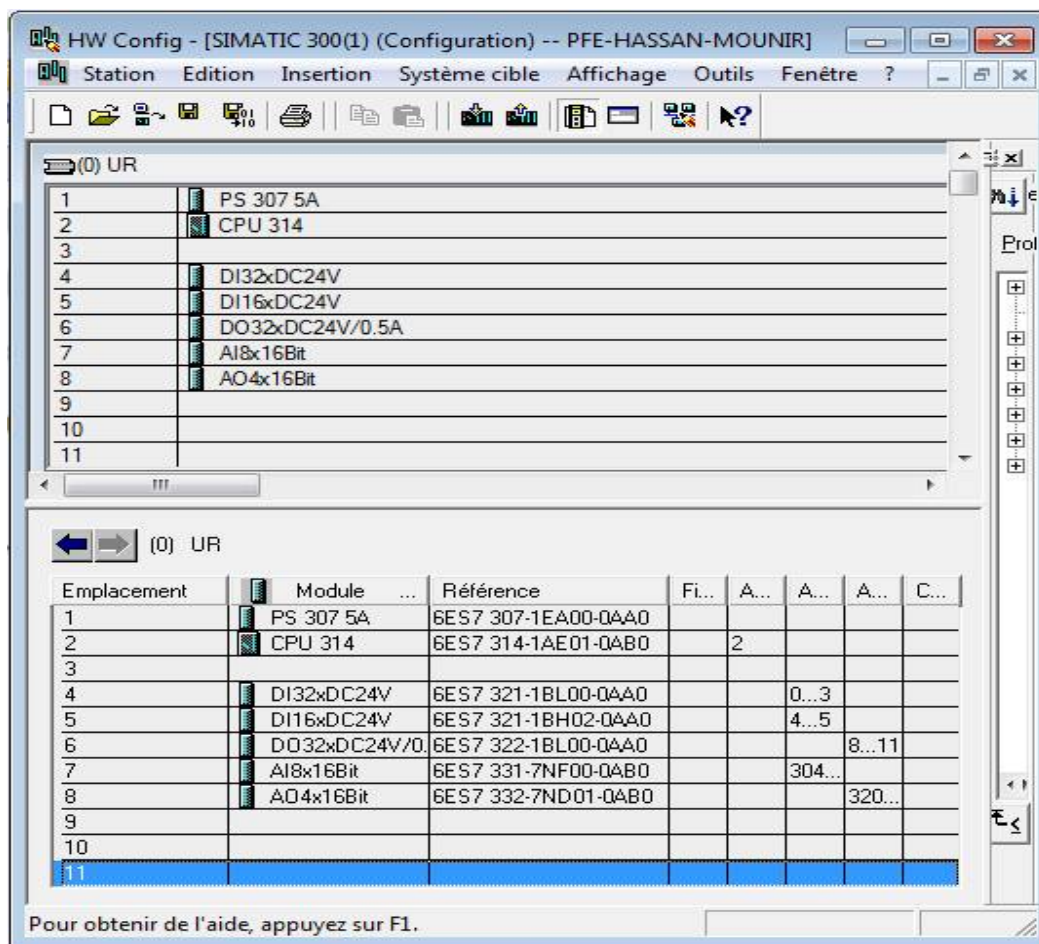


Figure 26 : Configuration matérielle de l'automate S300

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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.

### b. 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 27 montre un exemple du câblage.

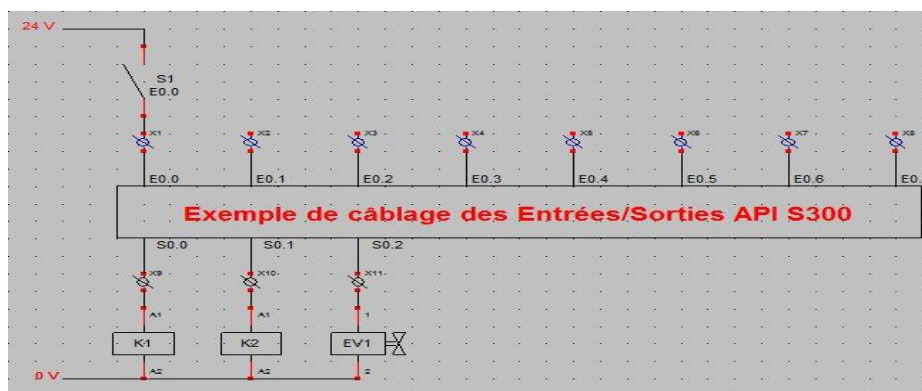


Figure 27: Exemple de câblage des Entrées/Sorties API S300

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

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.

### c. Langage de programmation

#### **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:

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

#### **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.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

Puisque nous avons étudié le GRAFCET durant notre formation, notre choix s'est logiquement porté sur lui. 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, l'entreprise accueillante exigeait une programmation sous Ladder, langage de programmation graphique. Pour ce faire, nous avons tout d'abord écrit les programmes en GRAFCET puis nous les avons traduits sous le langage Ladder.

Les préférences de l'entreprise découlent de sa volonté à vouloir faciliter une éventuelle maintenance. De plus, les techniciens qui seront confrontés à des pannes auront à traiter avec des notions d'électronique avec lesquels ils sont déjà familiarisés.

### 2. 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 placé un poste de rinçage, en aval, l'injection en eau de fleurs d'oranger 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

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

distributeurs et d'un compresseur commun. L'ensemble est supporté par un châssis et est traversé par un convoyeur qui parcourt toute la ligne.

### a. 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 4 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.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

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 disparaîtra. D'autre part, le vérin d'entrée sera à son tour mis 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.

### b. Représentation du système de remplissage

Il existe plusieurs façons par lesquelles on peut décrire le fonctionnement de ce système. Et puisque le grafset 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.

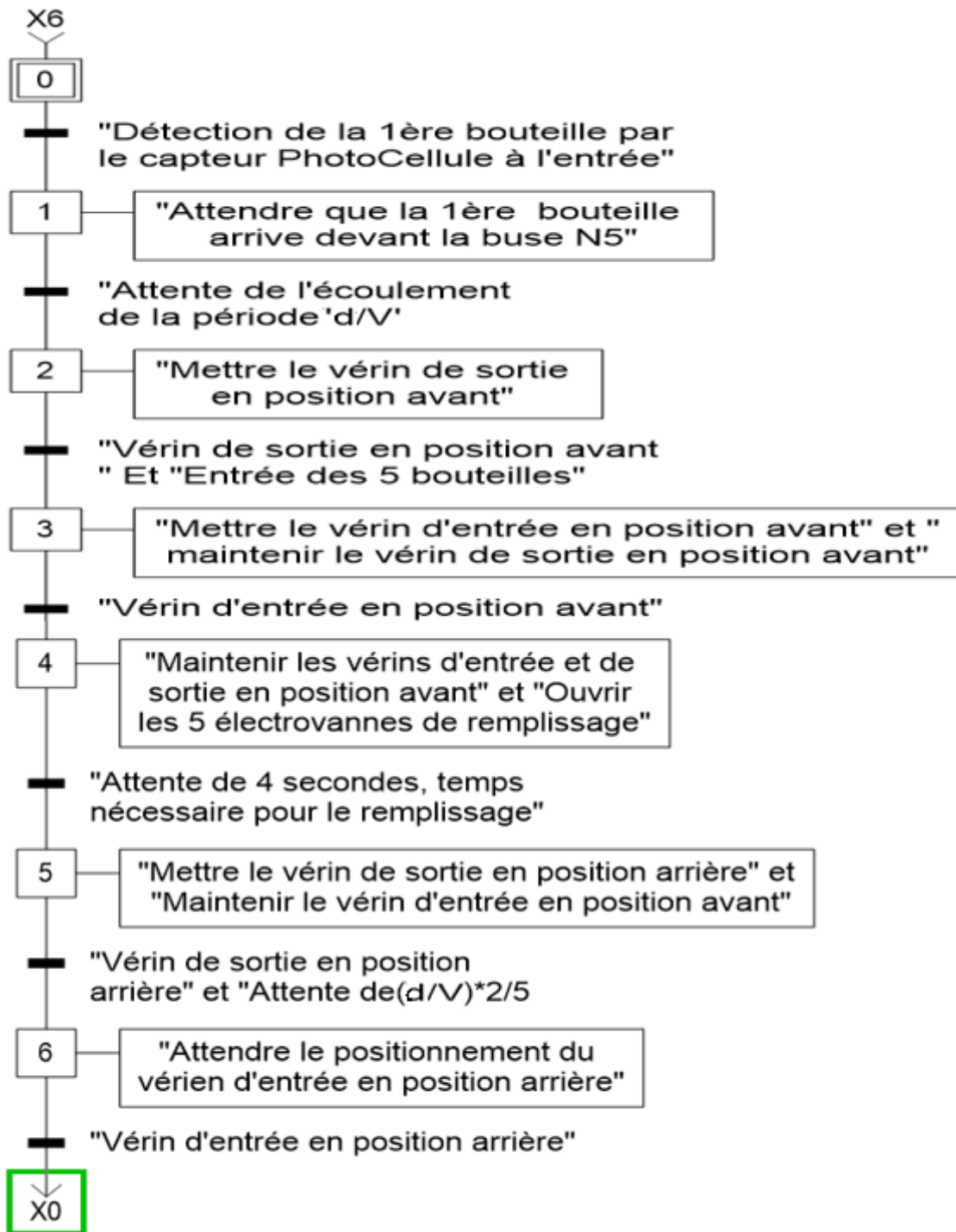


Figure 28 : Grafset système de remplissage



## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

### c. Amélioration du système de remplissage

Sur le Grafset précédent, on remarque que le système assure le remplissage d'un seul type de bouteille. Or, il est courant qu'on veuille utiliser le même système pour remplir des bouteilles de tailles différentes.

Soucieux de l'amélioration continue de notre produit, nous avons pensé à apporter des modifications au niveau de la conception afin de prendre en considération d'autres types de bouteilles.

En effet, jusqu'au là, le système de remplissage ne prenait en considération que des bouteilles de **25cl** dont le temps de remplissage est de **4 secondes**. Ces bouteilles ont un diamètre et une hauteur bien définis. C'est sur ces deux paramètres que nous nous sommes basés pour choisir la distance entre les axes des buses de remplissage d'une part et la hauteur de ces dernières par rapport au convoyeur d'autre part.

Ainsi, pour pouvoir agir sur ces paramètres, il faut modifier la conception en ajoutant davantage d'actionneurs et par la suite ajouter des programmes qui prennent en considération ces modifications.

Comme les bouteilles de tailles différentes possèdent des hauteurs différentes, il faut mettre au point un actionneur qui assure la modification de la position des buses par rapport au convoyeur avec précision. Pour ce faire, il n'y a pas mieux qu'un vérin sans tige qui permet une bonne manipulation de la position verticale grâce notamment à la puissance pneumatique déployée.

D'autre part, les bouteilles ne possédant pas le même diamètre, il va falloir mettre en œuvre un mécanisme qui agit sur la distance entre les entraxes des buses selon le type de bouteille à remplir. La forme approximative du mécanisme étant conçue, nous l'avons dessiné sous SolidWorks mais nous sommes toujours en recherche d'un mécanisme plus adapté.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

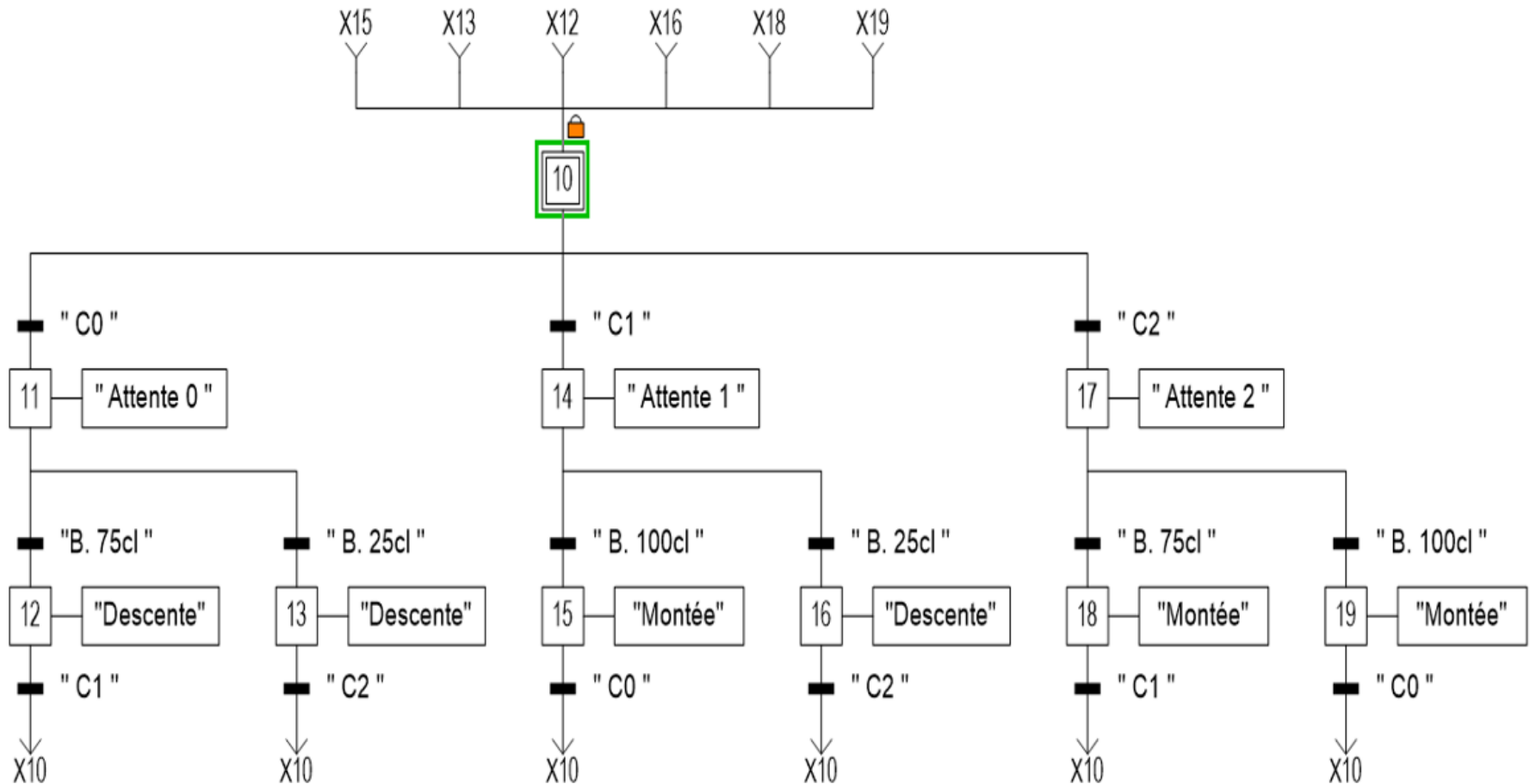


Figure 29 : Grafset amélioration système de remplissage

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

Le tableau suivant présente les significations des différentes abréviations utilisées dans ce Grafcet.

*Tableau 11: Abréviations Grafcet amélioration*

Abréviations	Signification
C0	Position 0 du vérin de remplissage
C1	Position 1 du vérin de remplissage
C2	Position 2 du vérin de remplissage
B. 25cl	Remplissage bouteille 25cl
B. 75cl	Remplissage bouteille 75cl
B. 100cl	Remplissage bouteille 100cl
Attente 0	Attente dans la position 0
Attente 1	Attente dans la position 1
Attente 2	Attente dans la position 2
Montée	Montée du vérin de remplissage
Descente	Descente du vérin de remplissage

A chaque fois où l'on désire changer le calibre des bouteilles qu'il faut remplir, nous devons apporter des modifications sur le niveau des buses de remplissage. En effet, chaque type de bouteille nécessite un positionnement qui lui y est propre.

Dans cette amélioration nous nous sommes focalisés sur trois calibres à savoir des bouteilles de **25 cl**, **75 cl** et **100 cl**. Et comme il est décrit par le Grafcet, le vérin de remplissage peut prendre trois positions "**C0**", "**C1**" et "**C2**" associées respectivement au remplissage des bouteilles de volume de **100 cl**, de **75 cl** et de **25 cl**.

Initialement, l'opérateur sélectionne le type de bouteille qu'il souhaite remplir, on vérifie par la suite la position actuelle des buses de remplissage. Cette information est vitale dans la mesure qu'elle affecte directement la décision vis-à-vis du changement ou de la conservation de cette position. A titre d'exemple, si l'opérateur choisit de remplir des bouteilles de **25 cl** et que

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

les buses sont dans la position "C0" ou "C1", on agit sur le vérin pour le ramener à la position "C2". Si, au contraire, les buses sont déjà dans la position "C2", aucun agissement n'est effectué sur le vérin et le remplissage se fait suivant la chronologie indiquée précédemment. Le vérin de remplissage reste dans cette position tant que l'opérateur ne change pas le type de bouteille à remplir.

Le cas échéant, lorsqu'il souhaite modifier le type de bouteille à remplir, on vérifie la position des buses afin de savoir s'il faut faire monter ou faire descendre le vérin. Le Grafset traite les trois cas possibles que nous pouvons rencontrer : le vérin dans la position "C0", dans la position "C1" ou dans la position "C2".

Dans le premier cas, dépendamment du choix de l'opérateur, on fait descendre le vérin soit à la position "C1" soit à la position "C2". De même, si la position initiale est "C2", on fait monter le vérin soit à la position "C0" soit à la position "C1". En raisonnant de manière identique, si le vérin est en position "C1" et toujours selon la volonté de l'opérateur, le vérin est déplacé en haut vers la position "C0" ou en bas vers la position "C2".

Dans tout ce qui précède nous avons traité le fonctionnement en mode automatique qui ne prend en considération que trois positions. Cependant, se contenter uniquement du mode automatique peut constituer dans certains cas des problèmes de fonctionnement.

Imaginons que lors du fonctionnement, un arrêt d'urgence venait à se produire et que le vérin de remplissage est dans une position intermédiaire. Le vérin serait bloquer après l'acquiescement et le mode automatique ne pourrait pas se mettre en œuvre.

Ou encore si l'on veuille remplir un type de bouteille autre que ceux déjà invoqués ; le mode automatique serait alors incapable de réaliser cette fonction puisque le vérin ne peut prendre que les trois positions de base.

C'est dans cette optique que nous avons décidé de mettre au point un autre mode, plus flexible, à savoir le mode manuelle. Il se caractérise par la possibilité de faire monter ou de faire descendre le vérin en maintenant pressé les boutons correspondants.

### 3. Automatisation des autres sous-systèmes

#### a. Convoyeur

La figure 30 représente le réseau consacré au fonctionnement du convoyeur.

Réseau 28 : MARCHÉ / ARRÊT CONVOYEUR

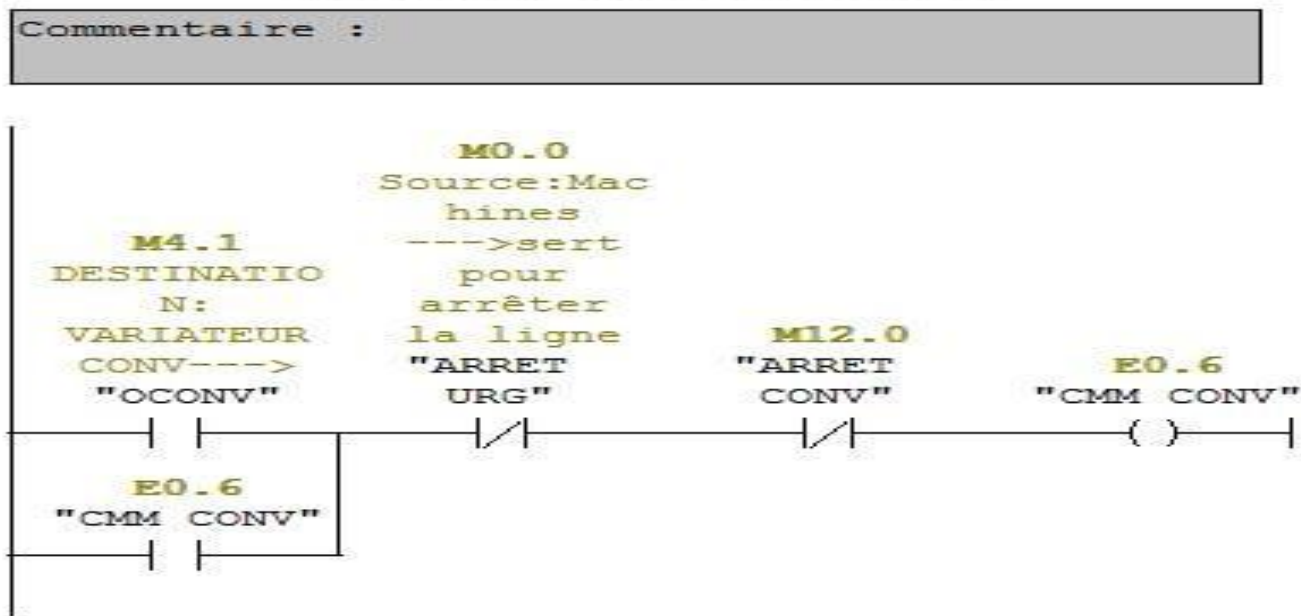


Figure 30 : Réseau Marche/Arrêt convoyeur sous Step7

Comme le montre la figure 30 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 31 représente le réseau consacré au fonctionnement du distributeur de bouteilles.

# Chapitre 3 : Automatisation et supervision

## Réseau 29 : MARCHE / ARRÊT DISTRIBUTEUR DES BOUTEILLES

Commentaire :

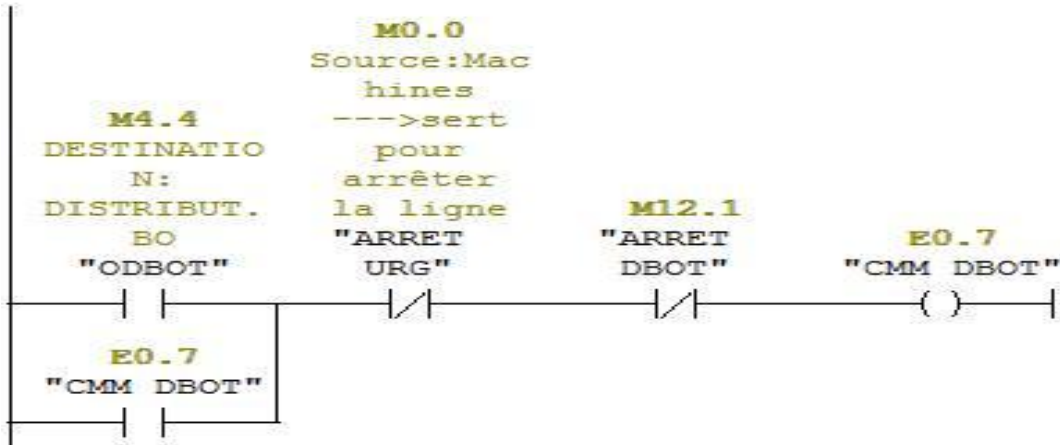


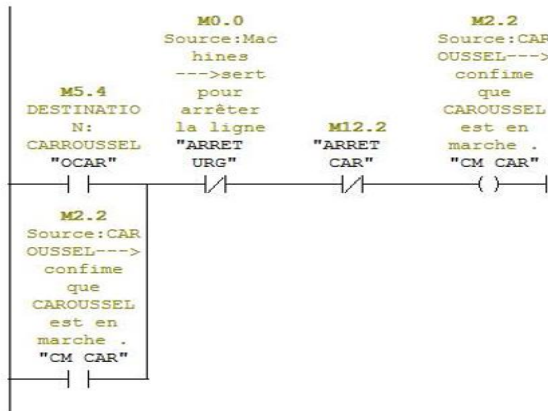
Figure 31 : Réseau Marche/Arrêt distributeur des bouteilles sous Step7

Comme le montre la figure 31 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 convoyeur de l'étiqueteuse

La figure 32 représente le réseau consacré au fonctionnement du carrousel et le convoyeur de l'étiqueteuse.

#### Réseau 30 : MARCHE / ARRÊT ETOILE (CAROUSSEL)



#### Réseau 32: MARCHE / ARRÊT CONVOYEUR ETIQUETEUSE

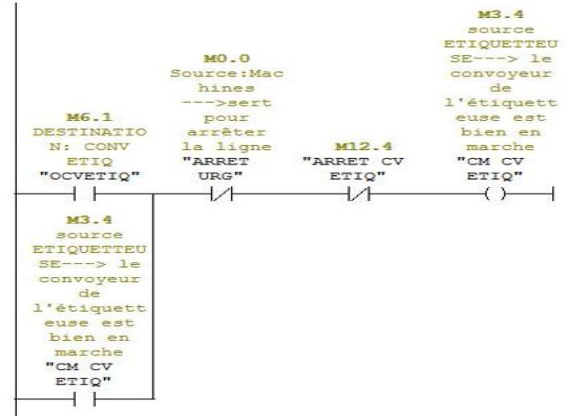


Figure 32 : Réseaux Marche/Arrêt carrousel et étiqueteuse sous Step7

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

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.

### II. Supervision

#### 1. Généralités

La supervision, le contrôle et le suivi du système de remplissage se fait par le biais du pupitre de supervision (Nom : Station SIMATIC HMI(1), type : MP 377 15" Touch 1.0.1.0) dont lequel nous avons programmé, à l'aide du logiciel **WinCC Flexible**, un menu contenant plusieurs vues (fenêtres). Les vues comprennent des informations de natures différentes. En effet, on peut y retrouver des témoins qui s'activent lors de l'activation des détecteurs associés, des tableaux de l'historique des arrêts d'urgence et même des boutons de Marche/Arrêt des différents actionneurs présents dans le système.

L'intérêt majeur de cette interface graphique réside dans la simplicité de la maintenance par les techniciens de maintenance. La visualisation de l'ensemble du système de remplissage sur un pupitre de supervision en plus de la disponibilité d'historique des pannes ne peuvent que mener à un diagnostic plus précis et plus efficace, donc nécessairement à une réparation plus rapide. La figure suivante est une photo du pupitre que nous avons utilisé lors de notre projet :



*Figure 33 : Pupitre de supervision*

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

La figure suivante nous confirme que la communication est bel et bien établie entre le pupitre et l'automate, dans le cas d'une communication incomplète, le pupitre n'aura aucun intérêt.

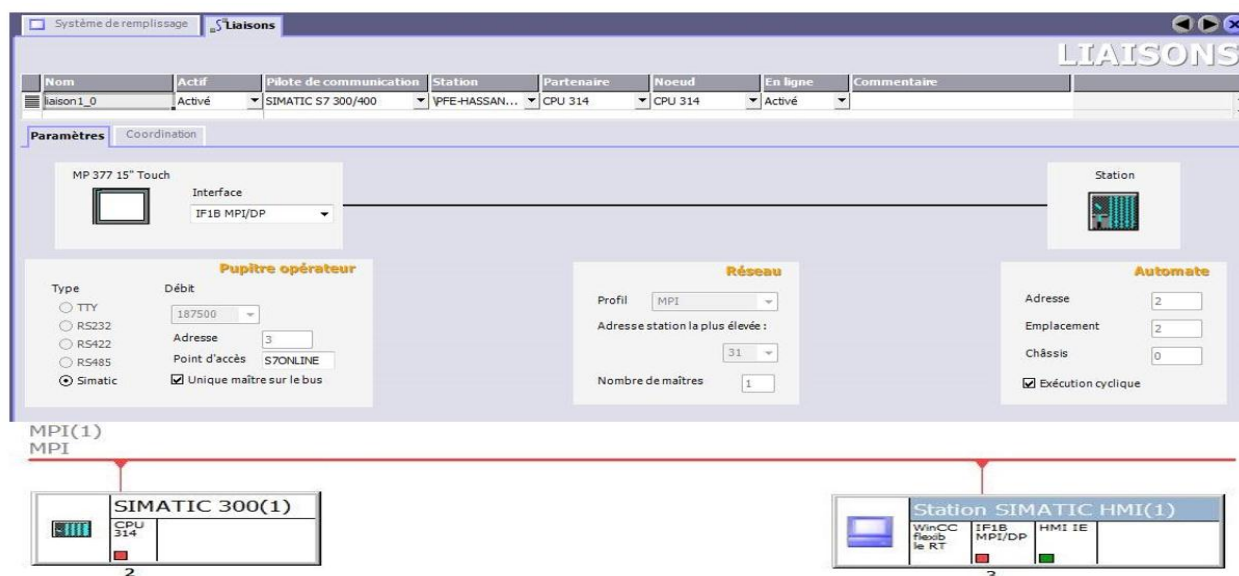


Figure 34 : Communication entre API et pupitre de commande

### 2. Système de remplissage

Afin de suivre avec efficacité le système de remplissage, nous lui avons consacré une vue indépendante des autres vues réservés aux autres sous-systèmes. Cette vue comporte les illustrations de la plupart des composants présents physiquement dans le système et permet de contrôler/commander l'état de ces derniers en temps réel.

#### a. Vérins d'entrée et de sortie

Ce sont des vérins montés en parallèle avec le convoyeur et qu'on positionne en bas de cette vue. Pour pouvoir afficher les informations relatives à ceux-ci, à savoir leurs positions, on utilise des témoins. En effet, on désire savoir si les vérins sont en position avant ou en position arrière, pour ce faire un témoin est associé à chacun des quatre capteurs de position des vérins. A titre d'exemple, lorsque l'un des vérins est en position avant, le témoin indiquant sa position avant s'allume. Ce principe est aussi valable pour la position arrière. Enfin, lorsque le vérin est en position intermédiaire on aura aucune information sur la position de sa tige vue que l'on possède aucun capteur qui permet le suivi de la tige lors de son déplacement. La schématisation des vérins et la visualisation de ses positions se fait de la manière suivante :





*Figure 35 : Vérin d'Entrée/Sortie*

### b. Réservoir et conduites

Le réservoir est un autre élément clé dans la supervision du système de remplissage. C'est grâce à lui que l'alimentation en eau chaude est assurée, action indispensable au fonctionnement de la ligne de production.

Nous avons donc pensé à schématiser le réservoir avec les conduites qui lui y sont attachées. En amont les conduites sont reliées à la motopompe et en aval elles sont reliées aux buses. Lorsque l'eau s'écoule dans les conduites, elles sont en bleu, par contre lorsque l'eau ne s'écoule plus, celles-ci sont en blanc. Cette option bien qu'évidente, assure un suivi plus explicite de l'écoulement de l'eau.

D'autre part, le réservoir est muni d'un capteur qui sert à déterminer le niveau actuel de l'eau. Pour visualiser ceci, on le dote d'une jauge qui indique en pourcentage le niveau de remplissage du réservoir. Le réservoir, la jauge associée et les conduites sont représentés comme suit :

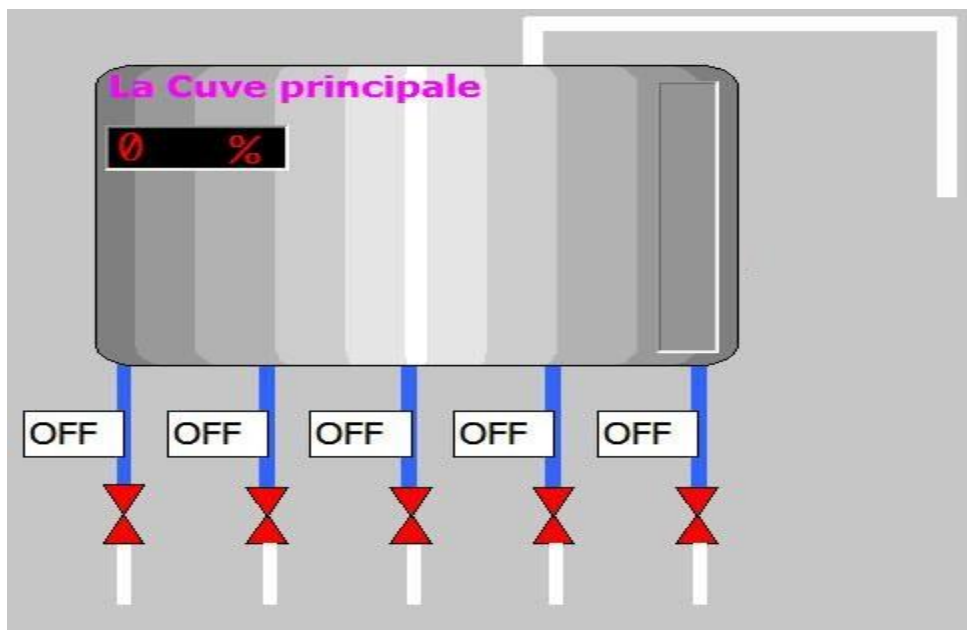


Figure 36 : Cuve principale et conduites

### c. Motopompe

Dans cette vue, la motopompe est placée à côté du réservoir et c'est bien compréhensible puisque son fonctionnement ne dépend que de lui. La motopompe s'active pour pomper de l'eau vers le réservoir uniquement quand ce dernier atteint une limite inférieure de remplissage, autrement la motopompe reste inactive. Par ailleurs, nous avons ajouté à la motopompe une fenêtre contenant deux boutons Arrêt/Marche, un afficheur d'ampérage et un bouton d'aide à travers lequel la plaque signalétique est affichée.



Figure 37: Marche et Arrêt de la motopompe

Le bouton de Marche est dédié au démarrage de la motopompe tandis que le bouton d'Arrêt sert à l'arrêt. Ils sont schématisés par des icônes facilement déchiffrables par l'opérateur. L'afficheur d'ampérage nous informe sur le courant que la motopompe dépense du secteur.

Finalement, le bouton d'aide, sous forme de point d'interrogation, contient une image de la plaque signalétique originale de la motopompe. La raison qui nous a amené à prendre cette décision est la détérioration des plaques signalétique des moteurs avec le temps. C'est un

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

phénomène très récurrent qui provoque souvent des pertes de temps afin de retrouver l'une des caractéristiques du moteur.

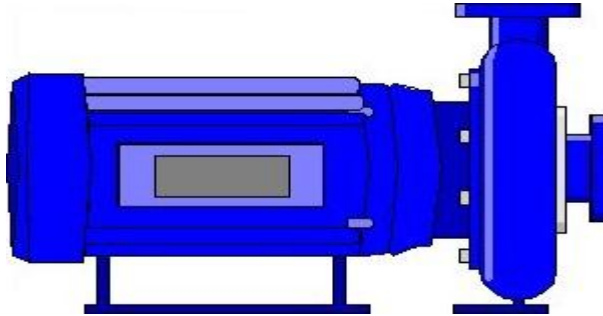


Figure 38 : Motopompe

### d. Electrovannes

Les électrovannes que nous avons utilisés dans le système de remplissage sont toutes des électrovannes tout ou rien normalement fermées. Grâce à la commande électrique, il est possible d'agir sur l'écoulement de l'eau. Le nombre des électrovannes présentes dans ce système s'élève à six ; cinq d'entre elles sont situées entre les conduites du réservoir et les buses de remplissage et une dernière entre la motopompe et la source d'eau.

Toujours pour une meilleure visualisation, les électrovannes changent de couleur selon leurs états. En effet, lorsqu'elles sont fermées les électrovannes sont en blanc, tandis qu'elles deviennent vertes lorsqu'elles sont ouvertes.

Il est à noter que l'électrovanne assurant le remplissage du réservoir est la seule à pouvoir commander à partir du pupitre de commande.

### e. Tableau

Les renseignements sur l'action que le système exécute sont indispensables, c'est pour cette raison que nous avons inséré un tableau inspiré du grafcet qui permet le suivi du système de remplissage. Ce tableau comprend les étapes clés par lesquelles passe le système de remplissage pour effectuer la tâche désirée. Chaque étape est caractérisée par une case dont laquelle est inscrit une description brève de cette dernière. Il est sans rappeler que l'ordre chronologique des étapes est respecté et est croissant du haut vers le bas.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

La case de chaque étape change de couleur et clignote quand celle-ci est active. En effet, lorsque l'étape n'est pas active la case est en blanc, au contraire lorsque l'étape est active la case devient bleu turquoise.

Le tableau peut servir plusieurs causes. Toutefois, sa vocation principale reste la possibilité d'un diagnostic rapide dans le cas d'un blocage du système. L'automaticien peut ainsi retourner au tableau pour détecter la transition dont laquelle s'est produite une anomalie, qui empêche son franchissement, sans pour autant consulter le programme initial. Car, on le sait tous, analyser un programme qui contient des dizaines de réseaux est très souvent délicat, ajoutons à cela la perte de temps non-négligeable afin de remédier au blocage.

### f. Arrêt d'urgence/Acquittement/Initialisation

Le bouton d'acquittement, le bouton d'initialisation et le bouton d'arrêt d'urgence sont les seuls boutons qui sont présents dans toutes les vues du programme, même dans la vue d'accueil.

Nous avons fait le choix de toujours afficher le bouton d'urgence en raison de son intérêt majeur. En effet, l'opérateur doit être capable, en permanence, d'arrêter le système si une urgence venait à se produire.

Par la suite, lorsque les défauts sont surmontés/réglés, il est primordial d'avoir sous la main un bouton dont la fonction est de les acquitter. Néanmoins, le bouton peut servir aussi à acquitter un arrêt d'urgence ou encore une alarme. Le bouton d'initialisation quant à lui a pour rôle d'initier le système soit lorsque celui-ci vient de subir un acquittement, soit lors du début du cycle de production.

Ainsi, il est plus commode de pouvoir effectuer

l'initialisation qu'elle que soit la vue sur laquelle on s'y trouve. Le bouton d'arrêt d'urgence est représenté ci-contre.



Figure 39: Arrêt d'urgence

### 3. Amélioration du système de remplissage

#### a. Vérin de remplissage et capteurs associés

Le vérin de remplissage est un actionneur qui sera monté sur le poste de remplissage et qui assurera le déplacement vertical des buses de remplissage en fonction du type de bouteille présent sur le convoyeur. Cet élément est schématisé comme suit :



*Figure 40 : Vérin de remplissage*

Par ailleurs, la vue offre la possibilité de consulter toutes les caractéristiques du vérin par un simple clic sur l'image de ce dernier. Ces caractéristiques délivrent des informations sur son type, ses dimensions et voire même les positions de ses capteurs. La consultation de ces informations peut s'avérer très utile dans plusieurs situations.

D'autre part, la connaissance de la position du vérin est assurée par trois témoins qui indiquent si ce dernier est dans la position 0, 1 ou 2. Ces témoins sont représentés sur la vue en bas du vérin.

A chaque fois où un témoin prend la couleur verte cela signifie que le vérin est bien dans la position correspondante à celui-ci. Les témoins sont représentés sur la vue de la manière suivante :



*Figure 41 : Témoins de présence du vérin*

### b. Mode de fonctionnement/Arrêt

Il est possible de sélectionner le mode avec lequel on désire opérer. En effet, nous avons placé dans cette vue un bouton du mode automatique, un autre pour le mode manuel ainsi qu'un bouton d'arrêt. Chacun des trois boutons est doté d'une LED qui clignote lorsque le mode associé est activé. De plus, deux autres boutons de descente et de montée sont attribués au mode manuel afin d'assurer le déplacement du vérin.

Le mode automatique, quant à lui, nécessite une information sur le type de bouteille qu'on souhaite remplir. C'est pour cette raison que nous avons placé trois boutons correspondants aux trois types, en plus d'un bouton de Ré-sélection servant à switcher d'un type vers à un autre.

Enfin, en ce qui concerne le bouton d'arrêt, son rôle réside dans l'arrêt du mode de fonctionnement actuel. Les boutons des deux modes de fonctionnement ainsi que le bouton d'arrêt sont contiguës dans cette vue et sont représentés de la manière suivante :



Figure 42 : Modes de fonctionnement

### c. Tableau

Dans une même perceptive et à l'instar de la vue du système de remplissage, la vue du vérin de remplissage contient également un tableau composé de cases servant essentiellement à faciliter le suivi des états du vérin en plus d'une mention du temps de remplissage des bouteilles.

En effet, le tableau comprend cinq cases dont deux s'intéressent au mouvement vertical du vérin ; la case de descente du vérin devient verte lorsque celui-ci effectue une descente et la case de montée fait de même lorsqu'il effectue une montée. De même, pendant le remplissage des bouteilles, la case associée prend la couleur verte jusqu'à la fin de cette opération.

D'autre part, une case est réservée au choix de bouteille à remplir et elle clignote en bleu et rouge alternés tant que l'opérateur n'ait pas sélectionné le type qu'il souhaite remplir. On gardera le même mode de clignotement pour la case qui indique le blocage du vérin dans une position autre que les trois positions "C0", "C1" et "C2". Le clignotement disparaît dès lors que le vérin atteint l'une de ces positions.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

### d. Erreurs

Il se peut que l'on commette des erreurs de sélection lors de la manipulation, des erreurs de différentes natures. Parmi celles-ci la sélection d'un mode alors qu'un autre est déjà en marche. Dans ce cas, un message d'erreur apparaît et nous informe que l'on ne peut sélectionner qu'un mode à la fois. Avec la même logique, la sélection de deux types de bouteille simultanément n'est guère possible ; on voit ainsi apparaître un autre message d'erreur stipulant qu'il faut choisir le remplissage d'un seul type de bouteille.

### 4. Supervision des autres sous-systèmes



Figure 43: Vue sur les autres sous-systèmes

Dans cette vue/fenêtre dédiée aux autres sous-systèmes de ligne, on peut retrouver des témoins qui indiquent s'il y a des erreurs au niveau de l'étiqueteuse et de son convoyeur, du convoyeur et du distributeur de la Capsuleuse. Comme on peut retrouver des témoins qui confirment le bon fonctionnement d'un organe. De même on retrouve aussi des boutons de marche et d'arrêt pour les différents actionneurs.



### III. Etude économique

#### 1. Introduction

Dans cette partie, nous allons élaborer une étude technico-économique du projet. Ceci dit, nous détaillerons les coûts de réalisation des différents modules du système afin d'obtenir le coût de réalisation global, la rentabilité et le retour sur investissement.

#### 2. Estimation du coût de réalisation

Voir tableau 12.

#### 3. Rentabilité économique du projet

La société MAELEC propose la réalisation de la ligne de remplissage des bouteilles en eau de fleurs d'oranger avec un prix T.T.C de **1.000.000,00 MAD**. D'autre part, le coût de revient approximatif de ce projet est estimé à **581.915,00 MAD** ce qui laisserait une marge de bénéfice de **418.085,00 MAD** ; **c'est le gain chiffrable**.

Le prix de vente fixé par MAELEC est un prix compétitif par rapport aux autres systèmes de remplissage déjà existants sur le marché, grâce notamment aux méthodes d'optimisation adoptées par l'entreprise. De plus MAELEC bénéficiera d'un contrat de maintenance avec Dar Bel Amri.

**Gain chiffrable= prix de vente – cout de revient =418.085,00 MAD**

Par ailleurs, la réalisation de projets pareils constituera une base solide pour le personnel pour des projets à venir. L'expérience acquise ne peut que développer le savoir-faire et les habilités du staff de MAELEC ; **c'est le gain non-chiffrable**.

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

Tableau 12 : Coûts des composants

	Description	Coût unitaire (TTC)	Quantité	Coût total (TTC)
Matériel électricité / automatisation	Capteur TOR	400	9	3600
	Photo cellule	800	1	800
	Capteur analogique [0,10V]	650	2	1300
	Electrovanne	1200	6	7200
	Automate Siemens S300	42000	1	42000
	variateurs de vitesse	1800	3	5400
	Pupitre de commande, Station SIMATIC HMI MP37715"	12000	1	12000
	Bouton poussoir	45	15	675
	Disjoncteur bipolaire (10 A)	350	4	1400
	Fusibles	20	4	80
	Contacteur	320	3	960
	Voyants lumineux	40	5	200
	<b>Total Instrumentation</b>			<b>75615</b>
Convoyeur principal	Convoyeur			82500
	Motoréducteur	2500	1	2500
	<b>Total convoyeur</b>			<b>85000</b>
Table tournante	tube carrée (AINSI 304):40*40*1,5	1200	2	2400
	Plateau tournant	3000	1	3000
	Bride	1500	1	1500
	Motoréducteur	3500	1	3500
	<b>Total Table Tournante</b>			<b>10400</b>
	Barres en ANSI304 :60*40*1,5	800	1	800
	tube carré en ANSI 304 :40*40*1,5	600	1	600
	Tôle 316l pliée	4000	1	4000
	Tôle 304	5100	1	5100
	Flexibles	240	5	1200
	vannes manuelles	450	6	2700
	<b>Installation pneumatique</b>			<b>35800</b>
	vérins pneumatique simple effets	2600	3	7800
	Compresseur	20000	1	20000
	Installation	8000	1	8000
	<b>Installation hydraulique</b>			<b>10000</b>
<b>Total Poste de remplissage</b>			<b>60200</b>	
Poste de dosage Capsulage	Distributeur automatique de bouchons	110000	1	110000
	Doseuse	4200	1	4200
	étoile d'entrée	6500	1	6500
	crapuleuse pneumatique	12000	1	10000
	<b>Budget poste de dosage-capsulage</b>			<b>130700</b>
	<b>Budget Etiqueteuse</b>			<b>55000</b>
	<b>Budget Rinceuse</b>			<b>145000</b>
	<b>Consommables</b>			<b>20000</b>
	<b>Coût total pour le projet</b>			<b>581915</b>

## Chapitre 3 : Automatisation et supervision

---

### 4. Retour sur investissement

L'entreprise Dar Bel Amri de sa part, pourra réduire les pertes en termes de matière première notamment les bouteilles défectueuses. Ainsi, elle aura fait un grand pas vers une meilleure organisation et se donnera la possibilité de certification de ses produits puisqu'elle aurait respecté les normes agro-alimentaires mises en vigueur au Maroc.

Cependant, le gain le plus flagrant est la diminution de la charge salariale. L'installation d'une ligne de production automatique réduira considérablement le nombre du personnel requis pour assurer la production. Au lieu de **24** salariés avec un salaire de **2.000 MAD** mensuel chacun, l'entreprise n'aura besoin que d'une personne pour charger les bouteilles sur la table tournante, d'un surveillant et d'un électromécanicien.

Donc ce projet sera bénéfique au-delà du 22 mois pour Dar Bel Amri, en effet :

- Salaire mensuel s'élève à **2.000 MAD**;
- Automatisation remplacera **24** salariés ;
- Charge salariale mensuelle totale s'élève à **48.000 MAD** ;
- Le point mort de ce projet est de **21 mois**.

### Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une automatisation de la ligne de remplissage à l'aide de l'API S300 et une supervision. Nous avons expliqué les différents programmes que nous avons établis sous Step7 et WinCC Flexible.

Finalement, une étude technico-économique est élaborée afin d'estimer le coût du projet, la rentabilité et retour sur investissement.

# Conclusion générale et perspectives

### Conclusion générale

Pour clore le présent rapport concernant la conception et la réalisation d'une ligne de remplissage automatisée en eau de fleurs d'oranger au sein de la société Maroc Automatismes Electricité, nous présenterons la synthèse de notre stage.

Au début de notre stage nous étions amenés à définir, en collaboration avec le staff de l'entreprise, les besoins et les spécifications prescrits dans le cahier des charges. Par la suite, nous avons mené une recherche approfondie afin d'exhiber toutes les solutions techniques réalisables.

Une étude mécanique des différentes machines constituant la ligne de remplissage a été élaborée afin de déterminer les dimensions des différentes structures présentes dans les sous-systèmes. Nous avons aussi décrit la démarche que nous avons suivie pour le choix du convoyeur parcourant la ligne. Des vérifications ont été faites pour s'assurer de la validité des dimensions choisis auparavant à l'aide du logiciel **SolidWorks**.

D'autre part, le choix des capteurs, des actionneurs, de l'automate et d'autres éléments nécessaires au fonctionnement de la ligne de remplissage n'était pas arbitraire.

Pour l'automatisation du système, nous avons choisi un automate Siemens S300 que nous avons programmé sur le logiciel de programmation STEP 7. Une fois que l'automatisation est mise au point, on utilise un pupitre de supervision (Nom : Station SIMATIC HMI(1) de type : **MP 377 15" Touch 1.0.1.0**) qui permettrait entre autre à l'opérateur un suivi et un contrôle permanent.

Enfin, une étude économique a été réalisée pour déterminer la rentabilité du projet pour la société MAELEC d'une part et le retour sur investissement que pourrait enregistrer l'entreprise Dar Bel Amri d'autre part.

## Conclusion générale et perspectives

---

### **Perspectives**

Notons que la conception de la majorité des machines constituant la ligne de remplissage est presque achevée. A titre d'exemple, le convoyeur peut d'ores et déjà transporter les bouteilles et le montage du poste de remplissage en est à ses fins.

Pour la partie automatisation, nous avons testé quelques programmes comme celui qui gère le fonctionnement du carrousel ainsi que celui des électrovannes de remplissage.

Les tests sur les autres systèmes nécessiteraient le montage de la ligne de production en complet afin de pouvoir s'assurer définitivement de leurs états de marche.

# Webographie et bibliographie

[0] **Catalogue Constructeur de convoyeurs AVE, disponible sur le site:**

[http://www.ave-chains.com/download/AVE\\_general2014.zip](http://www.ave-chains.com/download/AVE_general2014.zip)

[1] <https://mall.industry.siemens.com>

[2] **HabaCHAIN Engineering Guide habasit:**

<http://www.habasit.com/en/getToolDownloadFile.htm?DocId=8077&language=2>

[3] **Documentation technique groupe Arbor-Faber, disponible sur le site :**

<http://www.faber.fr/v2/index.php?page=docu>

[4] **CAD files 2D/3D :**

<http://www.solidcomponents.com/>

[5] **Documentation des vérins et accessoires, disponible sur le site :**

<http://www.festo.com/>

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

[7] ALAIN R. , 1999, *Analyse et maintenance des automatismes industriels*, Ellipses.

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

[9] BELMAJDOUB F., 2014, *Cours d'automatisme*, FES, Faculté des Sciences et Techniques

[10] Auteur Gilbert Drouin, Michel Gou, Pierre Thiry et Robert Vinet 1988. *Éléments de machines, 2e édition revue et augmentée*. Presses internationales Polytechnique

[11] Daniel Spenlé. Edition 1995-1996, *Guide Du Calcul En Mécanique - Pour Maîtriser La Performance Des Systèmes Industriels*.

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

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

[14] Claude Barlier, René Bourgeois, 2010, *Ingénierie & Mécanique : Conception et dessin Broché*.

# Annexes :

# 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 :  $Q_v = 0.0825 \text{ l/s}$

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

**V=25.2 m/mn**



# Annexe 2 :

## Fiche de conception de Table tournante

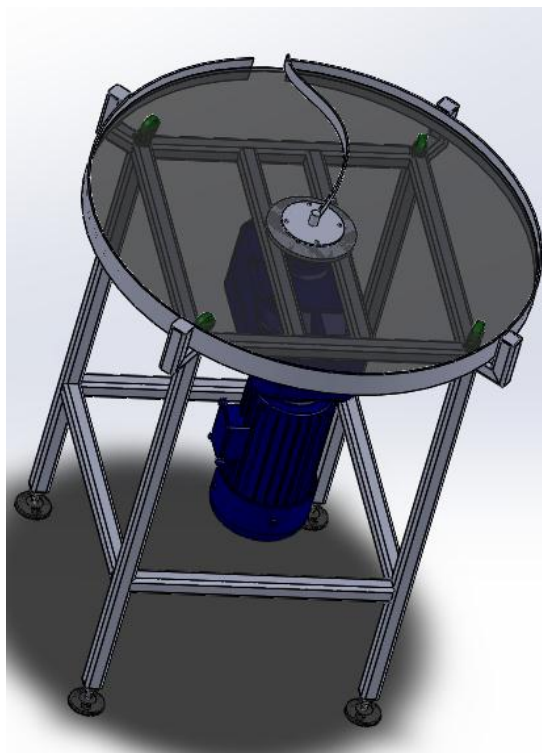
### Présentation :

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 couteux 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'innox

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 forment une structure rigide.

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

### **Architecture :**

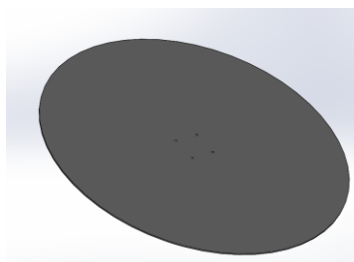
Nous avons conçu la structure mécanosoudée, avec un design simple en même temps en maîtrisant les différents efforts appliqués sur cette structure, en garantissant la plus grande flexibilité dans la maintenance de la machine, ce qui permet une meilleure ergonomie aux personnels qui placent les bouteilles 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 ;

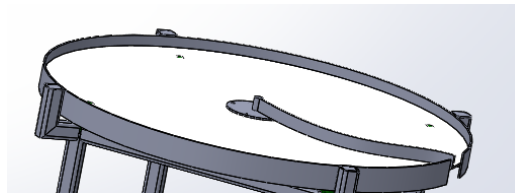
Notre choix des Roulettes d'appuis est des roulettes, pour éviter tout glissement du plateau et qui supporte une masse de 40 kg chacun.



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 est 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'entraînement de cette table, dont les caractéristiques suivantes :

- Puissance :  $P_{KW2} = 0.18 \text{ kW}$
- Couple de sortie :  $M_s = 187 \text{ N.m}$
- Vit. De sortie  $N_s = 5.05 \text{ Tr/mn}$
- Rapport de réduction  $i = 279$

# Annexe 3 :

## Systeme de remplissage FFF :

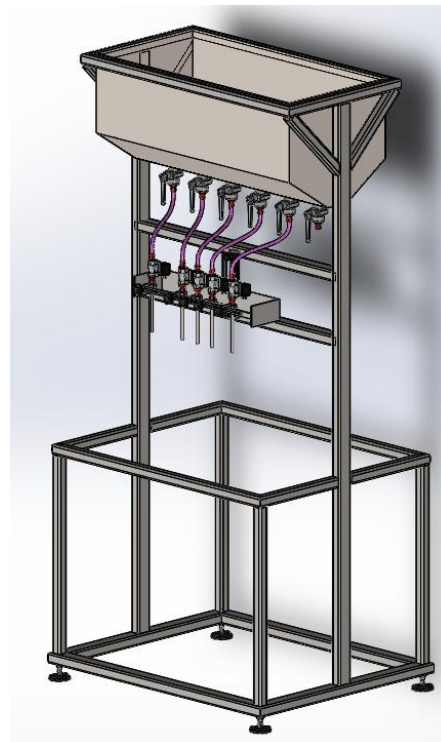
### Présentation :

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.

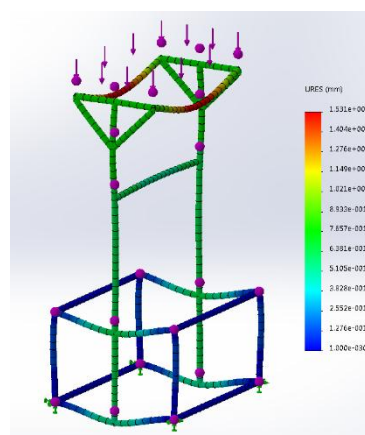
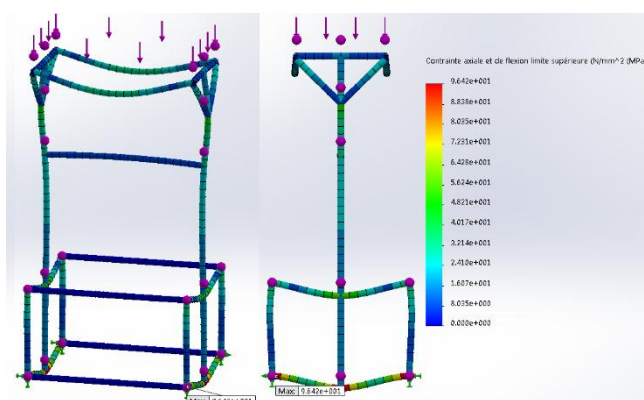
En gardant le système fonctionnel la prise en compte de l'exploitation-maintenance dans la conception, nous a conduits à réduire le système au minimum des composant :

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



### Structure Métallique :

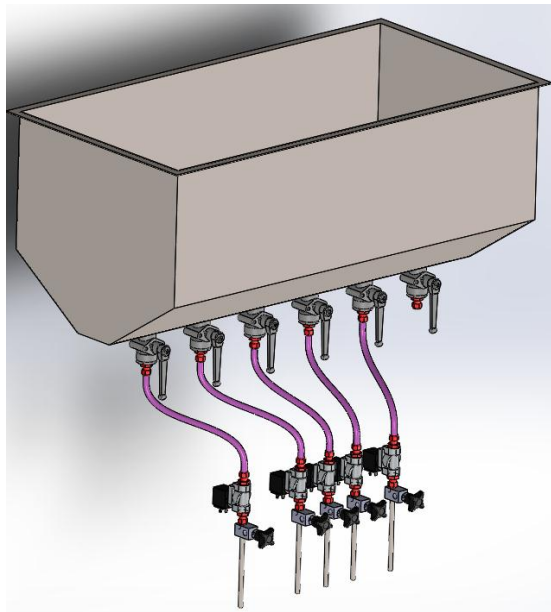
Le bâti: encombrement réduit et fonctionnel pour le système de remplissage, le bâti constitue un élément critique car si mal conçu. Réalisé en acier inox, il a une forme simple et sa résistance est validée par une étude statique sous SolidWorks, ci-dessous les résultats de cette étude (la contrainte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



### **Réservoir :**

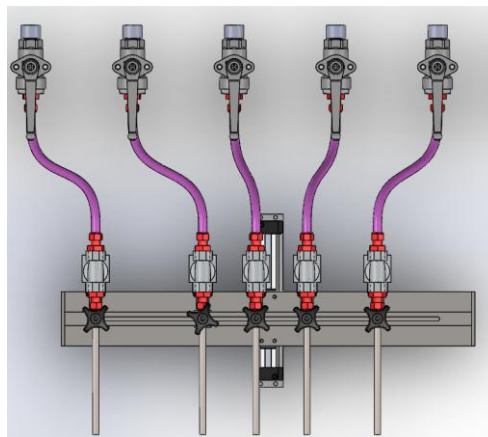
La cuve d'une remplisseuse est le réservoir dans lequel le liquide est accumulé avant d'être envoyé dans les bouteilles. Il s'agit d'un élément critique en termes de nettoyage et de sécurité alimentaire

La cuve de la machine Fill Five Flum 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.

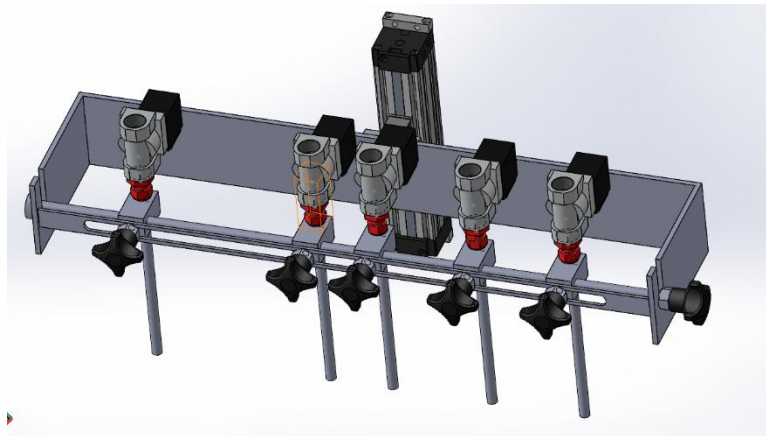


### Changement de format de bouteilles :

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 :

