

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الآلية و الهندسة الكهربائية  
Département Automatique et Electrotechnique



## Mémoire de Master

Présenté par

BENALI Younes

&

KHELFOUNI Mohamed El Habib

*Etude complète d'une ligne de production bouteilles Nestlé*

Proposé par : Mme. Ikram Kaoula

M. Naïm Belghait

Année Universitaire 2022-2023



## ***Remerciements***

On tient à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné courage, santé, souffle et patience pour accomplir ce travail. On tient à exprimer toute nos reconnaissances à notre promotrice, **Madame Kaoula**.

On la remercie de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé. Nos sincères remerciements vont à tous le personnel de **Nestlé Waters Algérie** en particulier **les opérateurs** qui nous ont toujours accueillie avec beaucoup de gentillesse et de patience particulier notre encadreur **Mr. Belhait Naim** qui grâce à lui nous a guidés et soutenus au cours de ce stage.

On souhaite également remercier tous les enseignants du département d'automatique et électrotechnique, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de nos études. Nos remerciements les plus vifs vont aussi à Messieurs, le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Enfin nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à notre famille Benali et Khelfouni et surtout nos parents qui sont la source de cette réussite pour leur soutien moral et financier.

# **Dédicaces**

## **Dédicaces de Younes**

Je dédie ce travail à toute ma famille et à tous ceux qui ont cru en moi jusqu'au bout, ce travail n'aurait pu aboutir sans leur soutien et je dédie ce travail à moi-même pour avoir toujours continué à travailler dur et d'avoir jamais baissé les bras malgré dans les situations difficiles parcourus.

Je termine cette dédicace à mes frères, ma maman et mon papa et spécialement à Mohamed qu'on appelle chaleureusement "Biyou" dans la famille.

## **Dédicaces de Habib**

Je souhaite dédier ce modeste travail à mes chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes cursus, ma famille et mes amis qu'a tous mes chers.

## ملخص

مع التطور التكنولوجي الحاصل، أصبحت الصناعة الحديثة تعتمد بشكل أساسي على الآليات المبرمجة وذلك لتحقيق توفير في الجهد وزيادة في الإنتاجية. وسيتم في هذا المشروع دراسة هذا الأمر بشكل عام تمت دراسة عمل خط إنتاج مياه معدنية داخل وحدة إنتاج مياه من نبع مياه نستله، ويتكون هذا الخط من ستة آلات رئيسية، تمكن من إنتاج حتى 28000 زجاجة في الساعة. تتمحور مهمتنا في دراسة ومحاكاة عمل هذه الآلات الستة في خط الإنتاج. بدأنا بدراسة وظيفية لجميع الآلات ، ثم طورنا نموذج الذي يصف عملية تشغيل وحالة الإنتاج لهذه الآلات

**الكلمات المفتاحية:** الآليات المبرمجة، خط إنتاج، محاكاة ،عملية تشغيل ،حالة الإنتاج

---

## Résumé

Dans ce mémoire, nous avons étudié le fonctionnement d'une ligne de production d'eau minérale au sein de l'unité de production d'eau de source Nestlé waters. Cette ligne contient 06 machines principales qui assurent des sorties jusqu'à 28 000 bouteilles par heure. Notre travail consiste à étudier et simuler les 06 machines de la ligne de la production. Pour cela, nous avons commencé par une étude fonctionnelle de toute les machines, par la suite, nous avons élaboré un modèle décrivant le fonctionnement du mode production de ces machines. Et à la fin, nous avons simulé un programme de chaque machine qui sera implanté dans l'automate S7-300 à l'aide du logiciel TIA-Portal.

**Mots clés :** API, IHM, Simulation, Ligne de production, TIA-Portal

---

## Abstract

In this project, we studied the operation of a mineral water production line within the Nestlé waters production unit. This line contains 06 main machines which produce up to 28,000 bottles per hour. Our work consists in studying and simulating the 06 machines of the production line. To do this, we began with a functional study of all the machines, and then developed a GRAFCET model describing how these machines operate in production mode. Finally, we simulated a program for each machine, which will be implemented in the S7-300 PLC using TIA-Portal software.

**Key Words:** PLC, HMI, Simulation, Production line, TIA-Portal

# Table des matières

---

---

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Présentation de la chaine de production</b>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 L'entreprise Nestlé Waters.....	2
I.2.1 Activité de l'entreprise.....	2
I.2.2 Position de l'entreprise.....	3
I.3 Présentation de la chaine de production.....	3
I.3.1 Mise en bouteille.....	3
I.3.2 Matières premières.....	4
I.3.3 Eléments principaux de la chaine de production.....	5
I.4. Conclusion.....	8
<b>Chapitre II : Fonctionnement de la chaine de production</b>	
II.1 Introduction.....	9
II.2 Alimentateur de préforme.....	9
II.2.1 Eléments constitutants.....	9
II.2.2 Principe du fonctionnement.....	10
II.2.3 Organigramme du processus de l'alimentateur de préforme.....	11
II.3 Souffleuse.....	12
II.3.1 Fiche technique de la machine.....	12
II.3.2 Eléments constitutants de la machine.....	12
II.3.3 Principe du fonctionnement de la souffleuse.....	14
II.3.4 Organigramme du processus de la souffleuse.....	14
II.4 Remplisseuse.....	16
II.4.1 Fiche technique de la machine.....	16
II.4.2 Eléments constitutants de la machine.....	17
II.4.3 Cycle de nettoyage de la machine.....	17
II.4.4 Principe du fonctionnement de la machine.....	18

II.4.5 Organigramme du processus de la Remplisseuse.....	19
II.5 Etiqueteuse.....	20
II.5.1 Fiche technique de la machine.....	20
II.5.2 Eléments constituant de la machine.....	21
II.5.3 Principe du fonctionnement de la machine.....	22
II.5.4 Organigramme du processus de l'étiqueteuse.....	23
II.6 Fardeleuse.....	25
II.6.1 Fiche technique de la machine.....	26
II.6.2 Eléments constituant de la machine.....	26
II.6.3 Principe du fonctionnement de la machine.....	27
II.6.4 Organigramme du processus de la Fardeleuse.....	28
II.7 Palettiseur.....	30
II.7.1 Fiche technique de la machine.....	30
II.7.2 Eléments constituant de la machine.....	30
II.7.3 Poseuse de poignets.....	32
II.7.4 Principe du fonctionnement de la machine.....	32
II.7.5 Organigramme du processus du Palettiseur.....	32
II.8 Banderoleuse.....	34
II.8.1 Fiche technique de la machine.....	35
II.8.2 Eléments constituant de la machine.....	35
II.8.3 Machine étiquetage de palettes.....	36
II.8.4 Principe du fonctionnement de la machine.....	37
II.8.5 Organigramme du processus de la Banderoleuse.....	37
II.9 Conclusion.....	39

### **Chapitre III : Modélisation par l'outil Grafset**

III.1 Introduction.....	40
III.2 Capteurs et actionneurs.....	40
III.2.1 Capteurs.....	40
III.2.2 Actionneurs.....	43

III.2.3 Pré-actionneurs.....	45
III.3 Grafcet et modélisation de la ligne de production.....	46
III.3.1 Introduction.....	46
III.3.2 Modélisations.....	46
III.4 Conclusion.....	56
<b>Chapitre IV : Programmation de la chaine de production</b>	
IV.1 Introduction.....	57
IV.2 Systèmes généralisés.....	57
IV.2.1 Objectifs.....	57
IV.2.2 Structure d'un système généralisés.....	57
IV.3 Automate programmable industriel.....	58
IV.3.1 Description de la gamme S7.....	58
IV.3.2 Structure d'un API S7-300.....	58
IV.3.3 Critères de choix d'un API S7-300.....	60
IV.4 Logiciel TIA-Portal.....	60
IV.4.1 Utilité.....	60
IV.4.2 Langage de programmation.....	61
IV.5 Elaboration du programme de la chaine de production.....	61
IV.5.1 Souffleuse.....	62
IV.6 Conclusion.....	66
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliographies.....</b>	<b>68</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>71</b>



## Liste des figures

---

---

<b>Figure I.1:</b> Préforme PET.....	4
<b>Figure I.2:</b> Film d'étiquette Nestlé.....	5
<b>Figure I.3:</b> Emplacement des machines de la chaîne.....	6
<b>Figure II.1:</b> Alimentateur de préforme.....	9
<b>Figure II.2:</b> Eléments constituant de l'alimentateur de préforme.....	9
<b>Figure II.3:</b> Organigramme de l'alimentateur de préforme.....	11
<b>Figure II.4:</b> Eléments constituant de la machine.....	13
<b>Figure II.5:</b> Organigramme de la souffleuse SBO 14/20.....	15
<b>Figure II.6 :</b> Le chemin suivi par les vérins dans la machine.....	17
<b>Figure II.7 :</b> Organigramme de la remplisseuse.....	19
<b>Figure II.8 :</b> Etiqueteuse Rollquattro Evo.....	20
<b>Figure II.9 :</b> Eléments constituant de la machine.....	21
<b>Figure II.10 :</b> Organigramme de la machine Etiqueteuse Rollquattro Evo.....	25
<b>Figure II.11:</b> Machine Fardeuse Evo Film.....	26
<b>Figure II.12 :</b> Organigramme de la machine Fardeuse Evo Film.....	29
<b>Figure II.13 :</b> Machine Palettiseur Pallinear.....	30
<b>Figure II.14 :</b> Eléments constituant du Palettiseur Pallinear.....	31
<b>Figure II.15 :</b> Poseuse de poignées Twin-Pack.....	32
<b>Figure II.16 :</b> Organigramme de la machine Palettiseur Pallinear.....	34
<b>Figure II.17 :</b> Machine Robopac Genesis Cube.....	35
<b>Figure II.18 :</b> Etiquetage de palettes EXCode.....	37
<b>Figure II.19 :</b> Organigramme de la machine Banderoleuse.....	39
<b>Figure III.1 :</b> Capteur photoélectrique SICK.....	40
<b>Figure III.2 :</b> Capteurs de sécurité PILZ.....	41
<b>Figure III 3 :</b> Capteur de température.....	41
<b>Figure III.4 :</b> Capteur de distance à ultrasons.....	42
<b>Figure III.5 :</b> Capteurs de pression.....	42
<b>Figure III.6 :</b> Débitmètre.....	42
<b>Figure III.7 :</b> Vérin pneumatique.....	43

<b>Figure III.8 :</b> Servomoteur.....	43
<b>Figure III.9 :</b> Moteur électrique.....	44
<b>Figure III.10:</b> Vanne Modulante.....	44
<b>Figure III.11:</b> Pompe à vide.....	45
<b>Figure III.12 :</b> Symbolisation d'un GRAFCET.....	46
<b>Figure III.13 :</b> Grafcet de l'alimentateur de préforme.....	47
<b>Figure III.14 :</b> Grafcet de la machine souffleuse.....	48
<b>Figure III.15 :</b> Grafcet de la machine remplisseuse.....	50
<b>Figure III.16 :</b> Grafcet de la machine étiqueteuse.....	51
<b>Figure III.17 :</b> Grafcet de la machine fardeuse.....	53
<b>Figure III.18 :</b> Grafcet de la machine Palettiseur.....	54
<b>Figure III.19 :</b> Grafcet de la machine Banderoleuse.....	56
<b>Figure IV.1 :</b> Structure d'un système automatisé.....	58
<b>Figure IV.2 :</b> Structure d'un API S7-300.....	59
<b>Figure IV.3 :</b> Vue général de la ligne de la production.....	61
<b>Figure IV.4 :</b> Déclaration des variables.....	62
<b>Figure IV.5 :</b> Programme principal de la souffleuse.....	63
<b>Figure IV.6 :</b> Dilatation préforme à partir du Four.....	63
<b>Figure IV.7 :</b> Soufflage PET après leur dilatation.....	64
<b>Figure IV.8 :</b> Bouteille formé vide.....	64
<b>Figure IV.9 :</b> Vue modèle général de la souffleuse.....	65
<b>Figure IV.10 :</b> Fonctionnement de la machine avec sortie des bouteilles.....	65
<b>Figure IV.11 :</b> Défaut partie refroidissement de la machine.....	66

## Liste des tableaux

---

---

<b>Tableau II.1:</b> Eléments constituant de l'alimentateur de préforme.....	10
<b>Tableau II.2:</b> Fiche technique de la machine SBO 14/20.....	12
<b>Tableau II.3:</b> Fiche technique de la machine Eurotronica FM-S.....	16
<b>Tableau II.4 :</b> Fiche technique de la machine Rollquattro Evo.....	20
<b>Tableau II.5:</b> Fiche technique de la machine Fardeuse Evo Film.....	26
<b>Tableau II.6:</b> Fiche technique de la machine Palettiseur Pallinear.....	30
<b>Tableau II.7:</b> Fiche technique de la machine Banderoleuse Genesis Cube.....	35
<b>Tableau III.1 :</b> Capteurs et actionneurs de l'alimentateur.....	47
<b>Tableau III.2 :</b> Capteurs et actionneurs de la souffeuse.....	48
<b>Tableau III.3:</b> Capteurs et actionneurs de la remplisseuse.....	49
<b>Tableau III.4:</b> Capteurs et actionneurs de l'étiqueteuse.....	50
<b>Tableau III.5:</b> Capteurs et actionneurs du fardeuse.....	52
<b>Tableau III.6:</b> Capteurs et actionneurs du palettiseur.....	53
<b>Tableau III.7:</b> Capteurs et actionneurs du banderoleuse.....	55

## Liste des Abréviations

---

---

**API:** Automate Programmable Industriel

**CIP:** Clean in Place

**COP :** Clean Out Place

**CPU:** Central Processing Unit

**FBD:** Function Block Diagram

**GRAFCET :** Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions

**IFM:** Internal Flash Memory

**IHM :** Interface Homme-Machine

**LD:** Ladder Diagram

**LED:** light-emitting diode

**PET :** Polyéthylène Téréphtalate

**PLC :** Programmable Logique Controller

**RTD:** Resistance Temperature Detector

**SBO14/20 :** Souffleuse Bi-Orienté « 14moules/20fours »

**ST:** Structured Text

**TIA Portal:** totally integrated automation portal.

**Win CC:** Windows Controller Centre

# Introduction générale

---

---

L'automatique est une branche de l'ingénierie qui traite du contrôle et de l'automatisation des processus physiques, tels que la production industrielle, la robotique, l'aérospatiale et la fabrication de véhicules.

L'un des outils les plus couramment utilisés en automatique est l'automate programmable industriel (API), qui est un ordinateur spécialisé dans le contrôle des processus industriels. Les API sont programmables et peuvent être utilisés pour contrôler des machines, des robots, des convoyeurs et d'autres équipements industriels. L'utilisation des API offre de nombreux avantages dans l'industrie, notamment une augmentation de l'efficacité, de la qualité et de la sécurité des processus.

Nestlé Waters Algérie est une filiale du groupe suisse Nestlé (division eau), qui regroupe ses activités dans les eaux en bouteille, qui a investi dans les toutes dernières innovations technologiques et cela pour s'assurer une place de choix dans le marché commercial.

Cette unité conditionne de l'eau minérale dans des bouteilles en plastique qui sont à l'origine des préformes qui passeront par des étapes pour être transformées en bouteilles, c'est dans ce contexte qu'a germé cette idée de contribuer à la conception de cette station, notamment d'assisté à l'étude et la simulation de procédé de la chaîne de production, qui sera l'objet de notre projet de fin d'études.

Pour ce faire, nous avons décomposé notre travail en quatre principales parties, où chaque partie constitue :

- Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'entreprise et la chaîne de production.
- Le deuxième chapitre portera sur la description et le principe de fonctionnement de la chaîne de production.
- Le troisième chapitre portera sur la modélisation par l'outil GRAFCET.
- Le dernier chapitre sera consacré à donner une description de l'API S7-300 et faire une simulation par TIA-Portal.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale viendra clôturer notre mémoire.

## **I.1 Introduction**

L'embouteillage des liquides est un processus important dans l'industrie alimentaire et des boissons, ainsi que dans d'autres secteurs tels que la pharmacie et la cosmétique. Il s'agit du processus de remplissage de liquides dans des bouteilles, des récipients ou des emballages pour la distribution ou la vente.

Les machines d'embouteillage sont souvent utilisées dans les grandes usines pour un remplissage rapide et précis des bouteilles, tandis que le remplissage manuel peut être utilisé pour des quantités plus petites ou des produits artisanaux.

C'est pourquoi nous avons opté pour l'entreprise « Nestlé Waters » qui représente un leader sur le marché mondial de l'agro-industrie en termes de technologie et performance des équipements.

## **I.2 L'entreprise Nestlé Waters**

Nestlé Waters est une division de Nestlé, la plus grande entreprise alimentaire au monde, qui se concentre sur la production et la commercialisation d'eau en bouteille. Nestlé Waters est l'un des principaux producteurs d'eau en bouteille au monde, avec une présence dans plus de 190 pays.

### **I.2.1 Activités de l'entreprise**

Nestlé Waters est engagé dans une stratégie de croissance durable et responsable, qui vise à minimiser son impact environnemental tout en offrant des produits de qualité à ses consommateurs. L'entreprise travaille à réduire la quantité de plastique utilisée dans ses bouteilles, à augmenter l'utilisation de matériaux recyclés, à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à promouvoir la gestion durable de l'eau.

En plus de sa production d'eau en bouteille, Nestlé Waters est également impliqué dans des projets de conservation de l'eau et de la biodiversité, en partenariat avec des organisations environnementales et des communautés locales. Elle investit également massivement dans la recherche et le développement pour proposer des solutions innovantes et durables.

## **I.2.2 Position de l'entreprise**

La création d'une usine passe d'abord par le choix d'un terrain compatible avec notre activité industrielle. Dans notre cas, on en parle de L'embouteillage d'eau qui nécessite une disponibilité d'une source d'eau minérale qui devrait être la plus proche possible de l'usine pour une question d'économies du coût et transport.

L'emplacement d'usine doit respecter des normes imposées par la loi, c'est pour cela que l'usine doit se situer dans des zones qui devraient satisfaire des critères spécifiques qui sont différents de celles des autres industries.

L'unité de production Nestlé waters Algérie se situe géographiquement dans la commune de Blida et plus précisément dans la localité de SIDI EL KEBIR à 450m d'altitude.

L'entreprise et le groupe SIDI EL KEBIR se sont associés en Mai 2005 pour créer la SPA Source « Taberkachent » avec 51% des actions est détenue par l'entreprise.[1]

## **I.3 Présentation de la chaîne de production**

Une chaîne de production est un système d'assemblage de produits ou de marchandises qui implique plusieurs étapes de fabrication ou de transformation, où chaque étape peut être effectuée par une personne ou une machine spécialisée, et où les produits en cours de fabrication se déplacent d'une étape à l'autre jusqu'à leur achèvement final. Cela permet une production efficace en série et en grande quantité.

### **I.3.1 Mise en bouteille**

Pour obtenir une bouteille d'eau consommable, on passe par plusieurs étapes. Tout d'abord, les bouteilles sont à l'origine des préformes. Ces dernières sont basculées à une machine où elles sont chauffées puis soufflées pour obtenir une bouteille vide prête au remplissage avec de l'eau minérale.

Ces bouteilles sont déplacées directement avec les étoiles de transfert aux remplisseuses pour être remplies, après le remplissage, la bouteille est capsulée ou bouchonnée.

Ensuite, les bouteilles seront mises sur un convoyeur mécanique jusqu'à une machine qui se charge de coller l'étiquette sur les bouteilles qui sont pleines, bouchées. Après, un passage vers une dateuse qui comme son nom l'indique, permet de mettre la date et l'heure à la sortie des bouteilles qui sont marqués grâce au laser.

Puis, la fardeuse regroupe les bouteilles en lots, six bouteilles généralement et sont entourées d'un film en plastique qui est ensuite thermo-rétracté puis vers un twin-pack pour l'application des poignées autoadhésives sur les fardeaux.

Finalement, les fardeaux sont alors regroupés en palettes et placés sur une feuille de carton intercalaire entre chaque couche et le houssage des palettes se fait à partir de gaines plastiques thermo-rétractables.

### I.3.2 Matières premières

Les matières premières utilisées chez l'entreprise subissent des processus de transformation pour produire les produits finaux tels que la bouteille.

#### I.3.2.1 Préforme PET

Les préformes de type PET sont des demi-produits utilisés dans l'industrie de la fabrication de bouteilles en plastique.

Le mot « PET » est l'acronyme de **Polyéthylène téréphtalate**, qui est un polymère thermoplastique largement utilisé pour la production de bouteilles, de conteneurs et d'autres produits similaires.



**Figure I.1:** Préforme PET [2]

Les PET sont des tubes creux préformés qui sont chauffés et étirés pour produire des bouteilles en plastique. Les préformes sont généralement fabriquées par moulage par injection, où la matière première est injectée dans un moule pour former une préforme de la forme souhaitée.



### **I.3.2.2 Bouchons**

Les bouchons sont des dispositifs de fermeture utilisés pour sceller les contenants tels que les bouteilles. La machine capsuleuse est utilisée pour appliquer des bouchons sur des bouteilles ou des contenants. Les bouchons utilisés par ces machines peuvent varier en fonction du type de bouteille ou de contenant et du type de produit à l'intérieur.

### **I.3.2.3 Film d'étiquette**

Les films d'étiquettes sont des supports imprimés qui sont collés sur des bouteilles ou des emballages pour fournir des informations sur le produit, telles que le nom de la marque, les ingrédients, les valeurs nutritionnelles et les instructions d'utilisation.



**Figure I.2:** Film d'étiquette Nestlé

Chez Nestlé Waters, les films d'étiquettes sont utilisés pour fournir des informations sur les produits et les marques de la société, ainsi que pour communiquer des messages de développement durable et de responsabilité sociale.

### **I.3.3 Éléments principaux de la chaîne de production**

La (figure I.3) montre la chaîne de production et l'emplacement des machines utilisés :

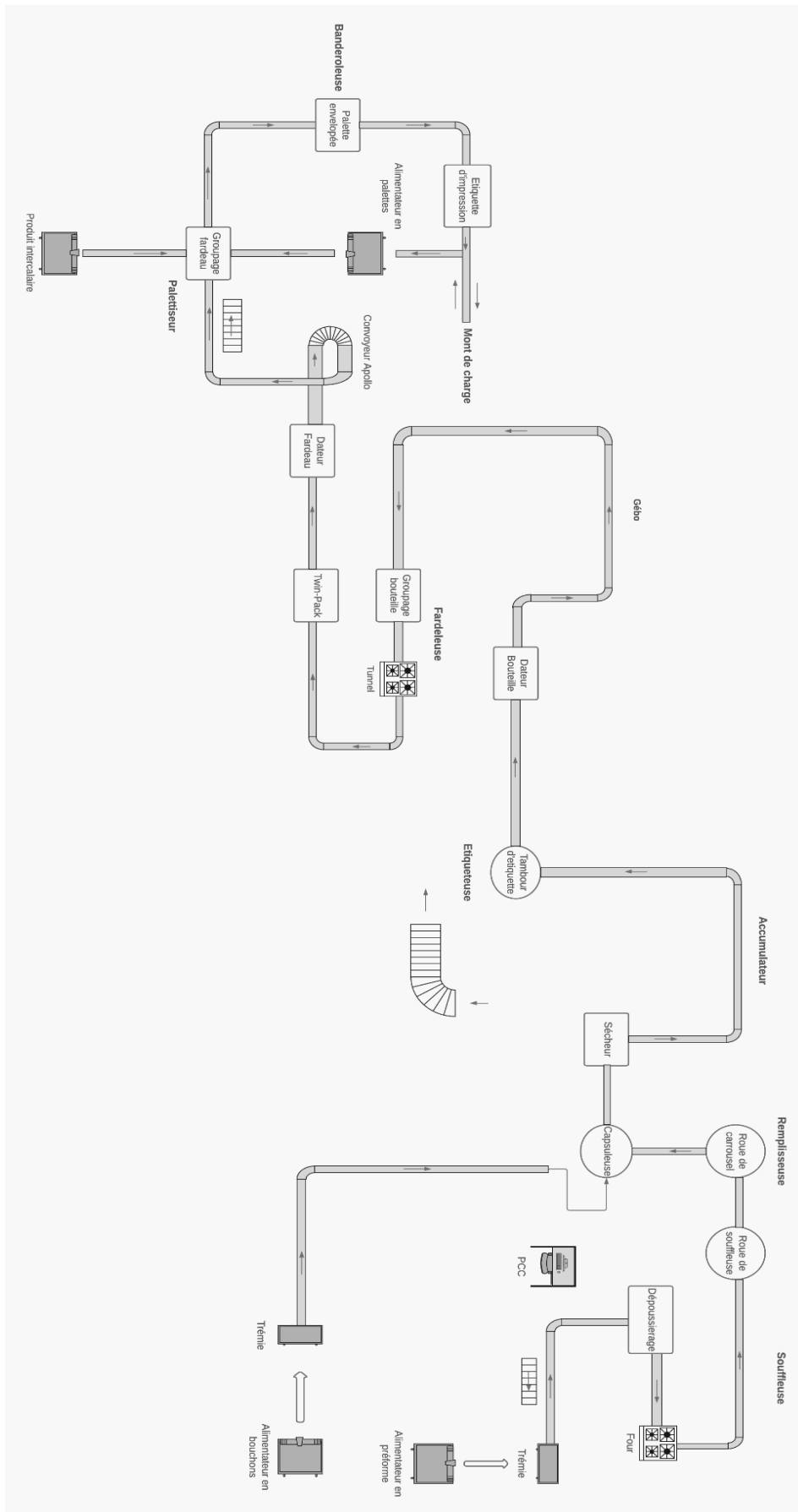


Figure I.3: Emplacement des machines de la chaîne [3]

### **I.3.3.1 Distributeur préforme**

L'alimentation préforme alimente en continu la souffleuse en préformes orientées cols en haut. La trémie reçoit les préformes en vrac et les dirige vers la colonne élévatrice

Cette dernière les convoie vers l'ensemble rouleaux orienteurs qui les aligne et les oriente cols en haut. Ces préformes sont ensuite envoyées par la rail d'alimentation vers le poste de soufflage.[4]

### **I.3.3.2 Souffleuse**

La souffleuse est destinée à fabriquer les bouteilles à partir des préformes qui passent dans un four pour les chauffer de manière contrôlée. Une fois la température répartie, les préformes passent au poste de soufflage où elles vont subir les trois actions, à savoir : étirage, pré-soufflage et soufflage afin de prendre la forme du moule.[4]

### **I.3.3.3 Remplisseuse**

La remplisseuse est une machine automatisée qui peut avoir différents nombres de becs, alignés au-dessus d'un convoyeur à chaîne à palettes charnières. Une fois la bouteille sortie de la souffleuse, elle passe au poste de remplissage où elle va être remplie.[4]

### **I.3.3.4 Capsuleuse**

La capsuleuse est une machine utilisée pour fermer hermétiquement les bouteilles d'eau avec des bouchons.[4]

### **I.3.3.5 Convoyeurs**

Toutes les machines sont reliées entre elles par des convoyeurs commandés automatiquement pour communiquer les informations afin d'informer les automatismes qui commandent la synchronisation de la ligne.[4]

### **I.3.3.6 Sécheur**

Le sécheur a pour but d'éliminer l'humidité résiduelle des bouteilles d'eau, afin de préparer les bouteilles pour l'étape suivante du processus de production, telle que l'étiquetage.

### **I.3.3.7 Etiqueteuse**

L'étiqueteuse est une machine utilisée pour appliquer des étiquettes sur les bouteilles d'eau. Elle est conçue pour coller rapidement et précisément les étiquettes sur

les bouteilles en mouvement, en garantissant l'alignement correct des images et des informations sur l'étiquette.[4]

#### **I.3.3.8      Dateur**

Le dateur permet d'imprimer la date de fabrication ou la date de péremption sur les bouteilles d'eau.

#### **I.3.3.9      Fardeleuse**

La fardeleuse est une machine utilisée pour regrouper les bouteilles d'eau en packs ou en fardeaux pour faciliter leur manipulation et leur transport.[4]

#### **I.3.3.10     Poseuse de poignets**

Machine automatique pour l'application des poignées autoadhésives sur les fardeaux.

#### **I.3.3.11     Palettiseur**

Le palettiseur est une machine pour empiler et ranger les packs de bouteilles d'eau sur des palettes. Il est conçu pour déplacer automatiquement les packs de bouteilles et les déposer en ordre sur une palette, en fonction d'un modèle prédéfini.[4]

#### **I.3.3.12     Banderoleuse**

La banderoleuse permet d'envelopper les palettes de packs de bouteilles d'eau avec du film plastique pour les maintenir ensemble pendant le transport.[4]

### **I.4    Conclusion**

Ce chapitre nous a donné une vue d'ensemble sur l'entreprise Nestlé Waters qui utilise des technologies les plus récentes en matière de production pour améliorer en minimum de temps la qualité qui est assuré par une ligne de production composée de plusieurs unités qui transforme la matière première (eau de source et la préforme) en un produit prêt à être commercialisé.

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons étudier le principe de fonctionnement de chaque machine, en identifiant les différents éléments constituant des machines utilisés afin de comprendre leur fonctionnement.

## II.2 Alimentateur de préforme

L'alimentateur de préforme est un équipement industriel conçu pour alimenter la souffleuse en préformes PET. Il dispose d'un système de contrôle avancé pour garantir une performance optimale et une production de haute qualité, des composants facilement accessibles pour permettre une maintenance rapide et efficace.[4]



Figure II.1: Alimentateur de préforme. [4]

### II.2.1 Éléments constitutants

L'alimentateur de préforme (figure II.2) contient les principaux éléments suivants :

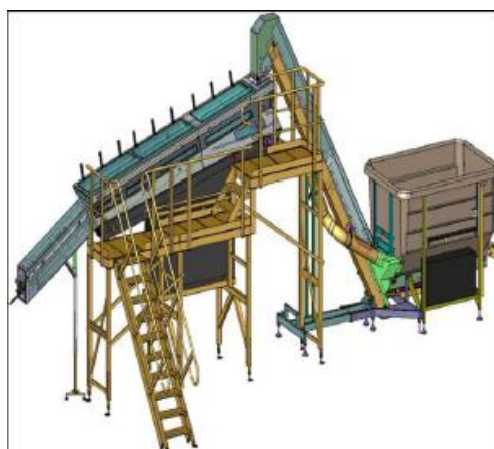


Figure II.2: Éléments constitutants de l'alimentateur de préforme.[4]

Eléments	Utilités
Trémie	Un réservoir conique ou en forme de pyramide inversée utilisés pour stocker les préformes en plastique avant leur alimentation dans l'alimentateur de préforme.
Colonne élévatrice	Un équipement de manutention qui permet de déplacer les préformes en vrac, verticalement à travers une structure de support en utilisant un mécanisme de levage.
Rouleaux orienteurs	Un dispositif mécanique utilisé pour orienter les objets dans une direction spécifique, équipés de rainures, de picots ou d'autres dispositifs de maintien pour permettre la rotation des objets.
Rail d'alimentation	Un chemin guidé qui est utilisé pour transporter les préformes dans une direction spécifique.

**Tableau II.1:** Eléments constituant de l'alimentateur de préforme. [4]

## II.2.2 Principe du fonctionnement

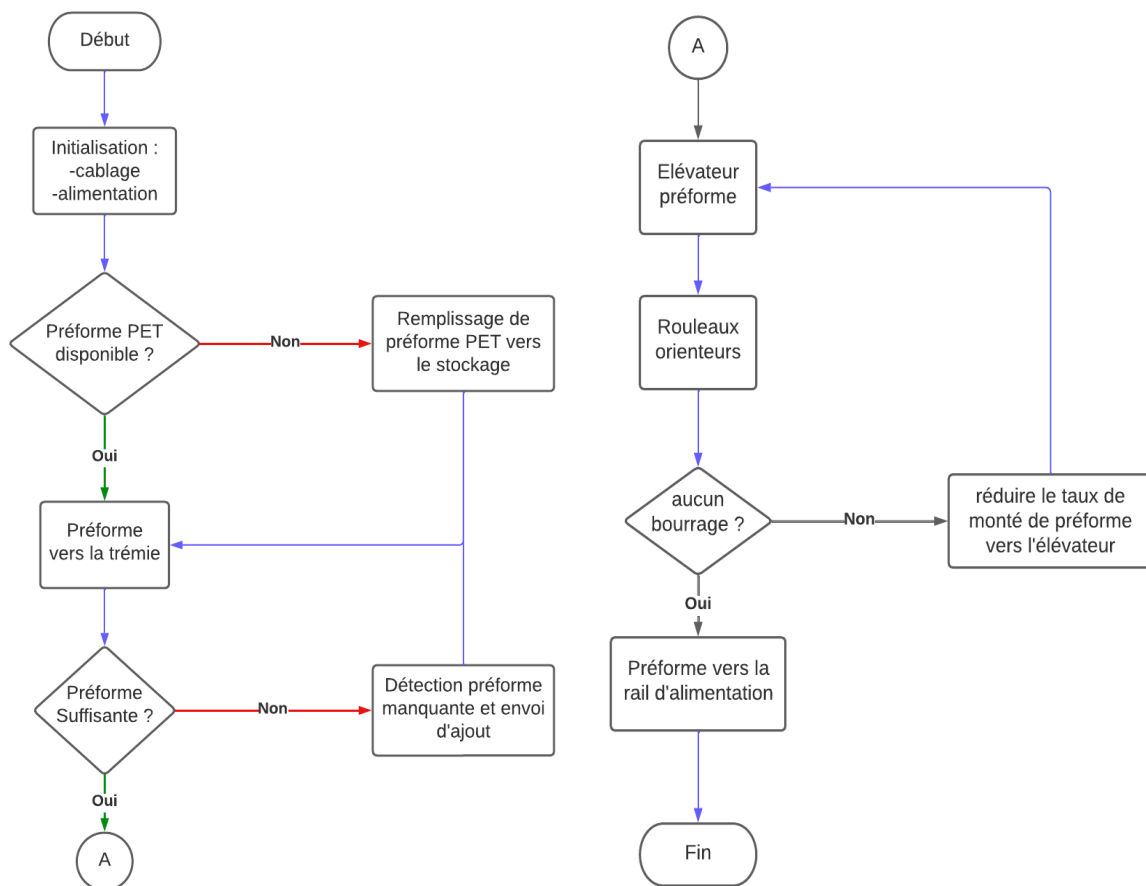
Le principe de fonctionnement de l'alimentateur de préforme repose sur l'alimentation à partir de la trémie vers la machine souffleuse. Le fonctionnement repose sur les étapes suivantes : [4]

- **Stockage des préformes :** Les préformes sont stockées dans un réservoir de stockage, souvent appelé silo, à l'aide d'un système de trémie. Les préformes sont empilées les unes sur les autres dans le réservoir.
- **Convoyage des préformes :** Les préformes sont transportées du réservoir de stockage vers la souffleuse à l'aide d'un convoyeur à air comprimé.

- **Contrôle du flux de préformes** : Le flux de préformes est régulé à l'aide de capteurs de niveau, qui surveillent le niveau de préformes dans le réservoir de stockage et dans la rail d'alimentation. Si le niveau de préformes dans la rail d'alimentation est trop faible, le convoyeur à air comprimé est activé pour transporter davantage de préformes dans la rail.
- **Prévention des blocages** : Des dispositifs de sécurité sont intégrés à l'alimentateur de préforme pour éviter les blocages ou les arrêts de production. Par exemple, des capteurs peuvent détecter les obstructions dans la rail et arrêter le convoyeur à air comprimé pour éviter que des préformes ne s'accumulent et ne bloquent le système.

### II.2.3 Organigramme du processus de l'alimentateur de préforme

La figure suivante montre l'organigramme du processus de l'alimentateur de préforme générale selon notre compréhension :



**Figure II.3:** Organigramme de l'alimentateur de préforme

## II.3 Souffleuse

La Souffleuse est la première machine utilisée pour souffler des préformes PET afin de créer des bouteilles d'eau en plastique. Elle utilise un processus de soufflage par étirement pour étirer les préformes en forme de bouteille et leur donner leur forme finale.[4]

### II.3.1 Fiche technique de la machine

La fiche technique de la souffleuse « SBO 14/20 » est donnée à titre indicatif et ne sont pas contractuelles.[4]

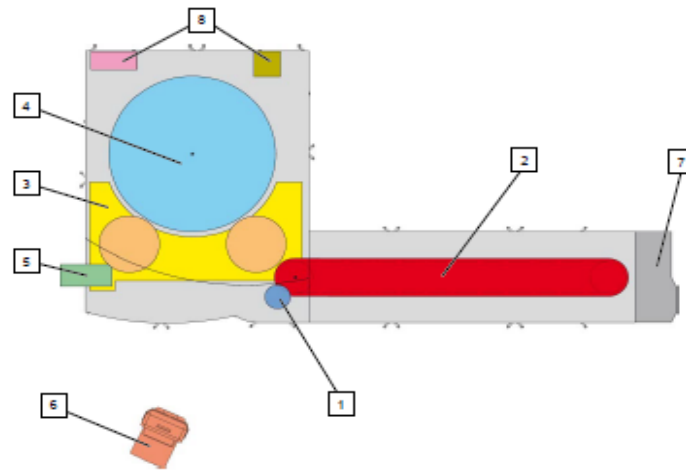
Type de machine	Machine de soufflage
Nature des articles	<b>Bouteille</b>
Année de conception	<b>2009</b>
Cadence maximale	<b>28000 Bouteille/h</b>
Condition de fonctionnement en production	
Température	<b>18°C-25°C</b>
Humidité	<b>10°C-12°C</b>
Altitude maximum	<b>1 000 m</b>
Energie et puissance électrique	
Tension	<b>400 V</b>
Fréquence	<b>50 / 60 Hz</b>
Puissance	<b>500 Kw</b>

**Tableau II.2:** Fiche technique de la machine SBO 14/20 [4]

### II.3.2 Éléments constitutants de la machine

La souffleuse (figure II.4) contient les principaux éléments suivants :





**Figure II.4:** Éléments constitutifs de la machine [4]

1. **Alimentation en préforme :** l'alimentation de la machine en préformes PET après le passage vers l'alimentateur de préforme.
2. **Four de conditionnement :** situés sur la partie supérieure de la roue four, il assure le chargement des préformes sur les nez de tournettes en entrée de four et le déchargement des préformes en sortie de four, avant le transfert vers les moules.
3. **Table de transfert :** une plate-forme mécanique utilisée pour transporter les bouteilles soufflées vers la roue de soufflage ou vers la remplisseuse. C'est un élément clé de la ligne de production.
4. **Roue de soufflage :** une partie importante de l'équipement utilisé pour transformer les préformes en bouteilles, une roue rotative qui tourne à grande vitesse et qui est équipée de moules creux. Les préformes sont préalablement chauffées et placées dans les moules de la roue de soufflage, puis de l'air comprimé est injecté pour les souffler et leur donner la forme des bouteilles.
5. **Sortie des articles :** un processus par lequel les bouteilles produites par la machine sont acheminées hors de l'équipement pour être préparées pour le remplissage.
6. **L'unité de contrôle et de commande :** cerveau de la machine, chargée de contrôler tous les aspects du processus de production, de la température de chauffage des préformes à la vitesse de la roue de soufflage en passant par la quantité d'air comprimé utilisé.

7. **Armoire électrique** : un boîtier qui contient les composants électriques et électroniques nécessaires pour faire fonctionner la machine de manière sûre et efficace.
8. **Tableau des fluides** : un tableau qui répertorie les différents circuits de fluides (pneumatique et hydraulique) utilisés pour faire fonctionner la machine. Les deux circuits assurent la régulation, la filtration et la distribution nécessaire pour la machine.

### II.3.3 Principe de fonctionnement de la souffleuse

Le fonctionnement de la machine repose sur les étapes suivantes : [4]

- **Alimentation des préformes** : les préformes PET sont alimentées dans la machine à partir d'une trémie. Les préformes sont ensuite orientées par des rouleaux orienteurs et transportées le long d'un rail d'alimentation jusqu'à la station de chauffage.
- **Chauffage** : les préformes sont chauffées à haute température à l'aide de lampes à infrarouge. Cela rend les préformes plus souples et leur permet de se déformer sous l'effet de la pression d'air.
- **Soufflage** : les préformes sont ensuite transportées jusqu'à la station de soufflage où de l'air comprimé est injecté dans les préformes pour les étirer et les former en bouteilles. Les bouteilles sont ensuite refroidies à l'aide d'eau de refroidissement.
- **Évacuation** : les bouteilles finies sont ensuite transportées hors de la machine à l'aide d'une roue de sortie et d'une table de transfert. Les bouteilles peuvent ensuite être étiquetées et conditionnées pour la distribution.

### II.3.4 Organigramme du processus de la souffleuse

La figure suivante montre l'organigramme du processus la souffleuse générale selon notre compréhension :

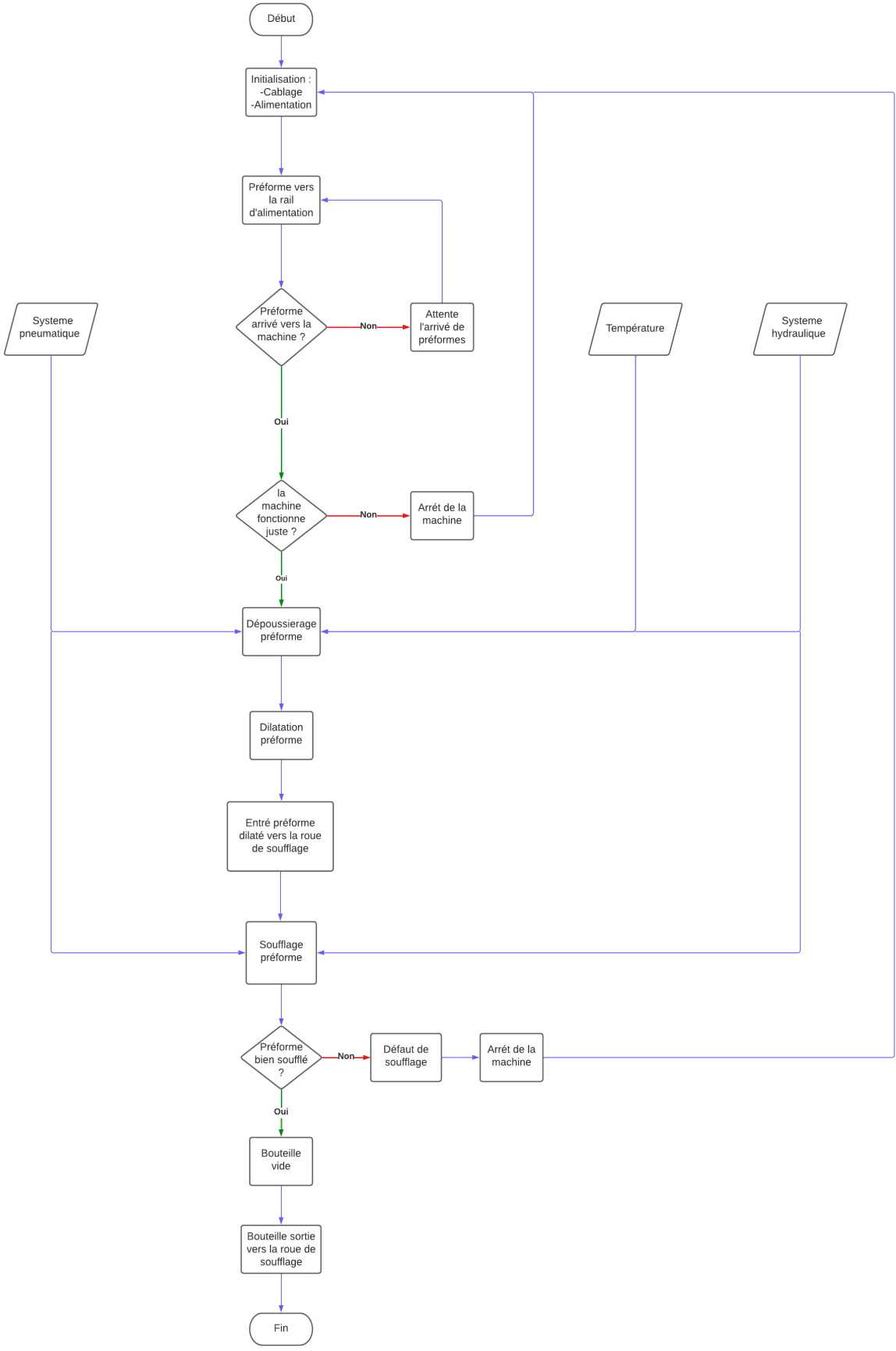


Figure II.5: Organigramme de la souffleuse SBO 14/20

## II.4 Remplisseuse

La machine remplisseuse est une machine utilisée pour remplir les bouteilles d'eau avec de l'eau minérale. Équipées de systèmes de contrôle qualité pour s'assurer que chaque bouteille est remplie avec la quantité correcte de liquide et que chaque bouteille est scellée de manière appropriée.[5]

### II.4.1 Fiche technique de la machine

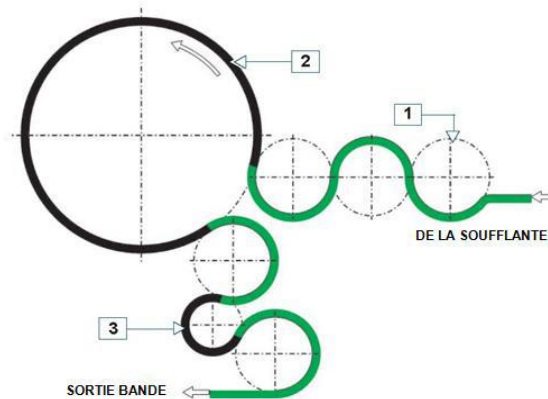
Les informations notées sur la fiche technique qui contient les informations techniques relatives à la machine sont données à titre indicatif et ne sont pas contractuelles.[5]

Type de machine	Machine de remplissage
Type	<b>Eurotronica FM-S</b>
Nombre de vanes de remplissage	<b>70</b>
Pas	<b>113 mm</b>
Rotation	<b>Anti-horaire</b>
Produit	<b>Eau plate</b>
Production nominale	<b>28 000 Bouteille/h</b>
Bouteilles format de base	<b>1.5 L</b>
Bouteilles compatibles	<b>0.5 L</b>
Contrôle de la pression du réservoir	<b>CO2</b>
Matériel	<b>PET</b>
Année de construction	<b>2011</b>
Hauteur	<b>mini 214.1 mm – maxi 318.2 mm</b>
Diamètre corps	<b>mini 64 mm – maxi 88.3 mm</b>

**Tableau II.3:** Fiche technique de la machine Eurotronica FM-S [5]

## II.4.2 Éléments constitutants de la machine

La machine est composée de plusieurs éléments principaux :



**Figure II.6 :** Le chemin suivi par les vérins dans la machine.[5]

1. **Etoiles de transfert** : les bouteilles sont déplacées à l'aide d'étoiles de transfert et de guides.
2. **Carrousel** : Le carrousel est le composant principal de la machine, elle est composée de deux parties fondamentales. Structure tournante qui soutient le réservoir, les vannes de remplissages et les tuyauteries relatives. Et la structure fixe qui est réglable en hauteur au moyen des pieds taraudés et elle sert de support à la structure tournante à l'aide d'une crapaudine dentée.
3. **Capsuleuse** : la partie où les bouteilles vont être bouchonnées à l'aide des têtes capsuleuses.

## II.4.3 Cycle de nettoyage de la machine

### II.4.3.1 Cycle CIP

CIP est l'acronyme anglais de : Clean In Place, qu'on appelle aussi en français « NEP » (pour : Nettoyage En Place). C'est une opération qui concerne l'hygiène, qui est une chose primordiale dans toute industrie agroalimentaire. Il consiste à nettoyer et laver les parois internes des éléments constituant la station telle que les tuyaux et le réservoir, les vannes de remplissage par un produit chimique et de l'eau chaude, qui est préparée dans la sous-station CIP par une procédure qu'on appelle communément : « CIP preparing » (préparation du CIP).[6]

### II.4.3.2 Cycle COP

COP est l'acronyme anglais de : Clean Out of Place, qu'on appelle aussi en français « NHP » (pour : Nettoyage Hors Place). C'est un processus de nettoyage automatisé qui permet de nettoyer efficacement les équipements de production de la machine remplisseuse sans avoir besoin de les démonter. L'opération de COP se déroule essentiellement en plusieurs phases [6] :

### II.4.4 Principe du fonctionnement de la machine

La procédure du remplissage se repose sur les étapes suivantes : [5]

- **Entrée remplisseuse et positionnement bouteille** : La bouteille à remplir est positionnée par l'étoile d'entrée directement sur la fourche.
- **Remplissage rapide** : Le PLC (Programmable Logic Controller) envoie le signal au débitmètre qui à son tour envoie une impulsion à l'électrovanne positionnée sur la vanne de remplissage, de façon à pressuriser la chambre inférieure, en soulevant ainsi le piston interne et par conséquent aussi l'obturateur. Le remplissage de la bouteille commence.
- **Remplissage lent** : Le débitmètre envoie une deuxième impulsion à une deuxième électrovanne. Celle-ci assure la mise en pression de la chambre supérieure en baissant ainsi le piston interne. De cette façon, la section de passage du produit se réduit et on obtient aussi un ralentissement de la chute du liquide à l'intérieur de la bouteille.
- **Fermeture et transfert bouteille** : Dans cette dernière phase le débitmètre signale le remplissage complet atteint, en envoyant ainsi à l'électrovanne l'impulsion pour fermer le circuit pneumatique. De cette façon, les pistons internes, par effet des ressorts, rentrent et se portent en position de fermeture. La bouteille est prête pour être transférée sur l'étoile à l'aide des guides d'extraction.
- **Bouchage** : Les bouteilles remplies sont ensuite acheminées vers une étape de bouchage avec la capsuleuse, où elles sont scellées avec des têtes capsuleuses avec un bouchon en plastique.

### II.4.5 Organigramme du processus de la Remplisseuse

La figure suivante montre l'organigramme du processus de la remplisseuse générale selon notre compréhension :

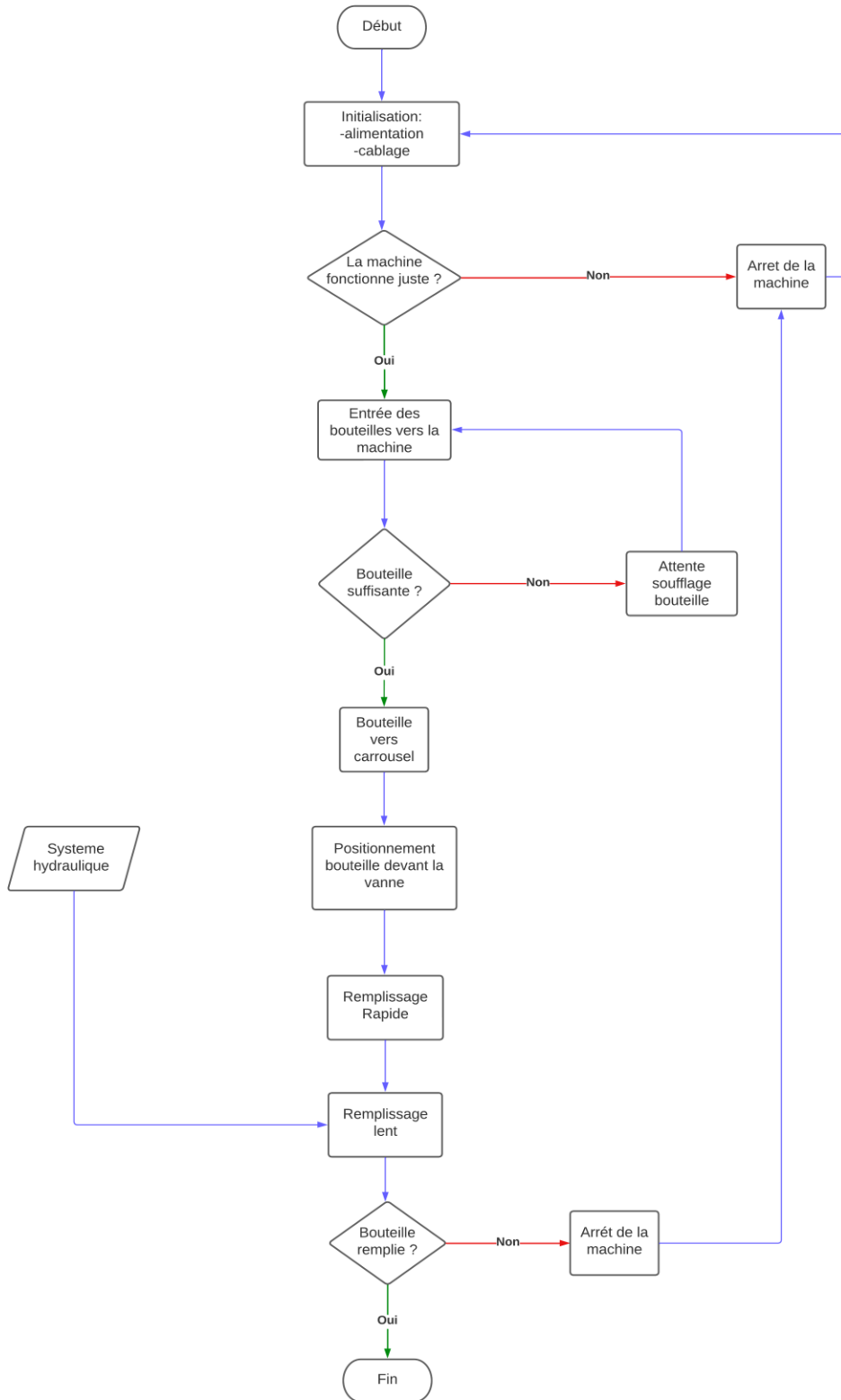


Figure II.7 : Organigramme de la remplisseuse

## II.5 Etiqueteuse

La machine étiqueteuse est une machine conçue pour appliquer rapidement et précisément des étiquettes sur les bouteilles, avec une cadence élevée de production. Elle est de modèle « **Rollquattro Evo** » de la marque Sidel, équipée de capteurs et de caméras pour garantir une précision et une orientation parfaites des étiquettes. Elle peut également être utilisée pour appliquer des étiquettes avec différents formats ou tailles, selon les besoins de production.[7]



**Figure II.8 :** Etiqueteuse Rollquattro Evo. [7]

### II.5.1 Fiche technique de la machine

Les informations notées sur la fiche technique qui contient les informations techniques relatives à la machine sont données suivants :

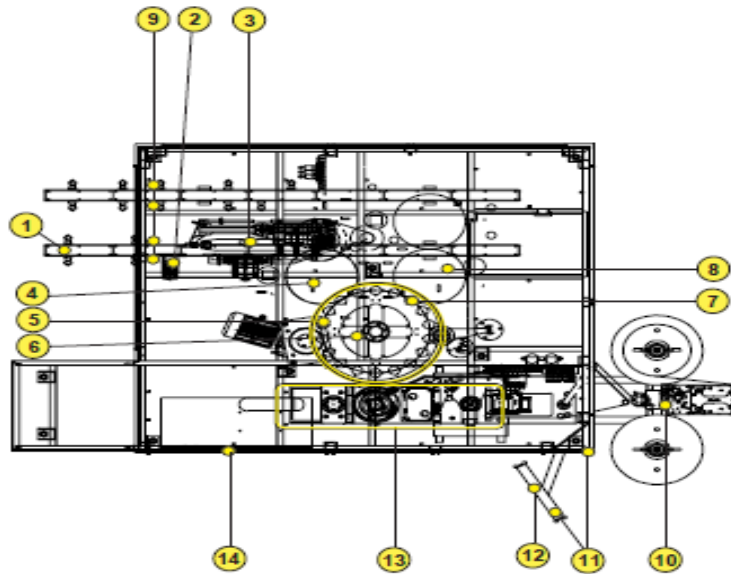
Type de machine	Machine de l'étiquetage
Modèle	<b>Rollquattro Evo</b>
Vitesse	<b>28 000 Bouteille/h</b>
Dimensions (L x l x H)	<b>3,7m x 2,8m x 2,6m</b>
Poids	<b>5500 Kg</b>
Système d'impression	<b>Thermique</b>
Alimentation	<b>400 V – 50Hz – 3 phases</b>

**Tableau II.4 :** Fiche technique de la machine Rollquattro Evo [7]



## II.5.2 Éléments constitutants de la machine

La machine est composée de plusieurs éléments principaux : [7]



**Figure II.9 :** Éléments constitutants de la machine. [7]

1. **Bati :** est la structure de support qui permet de maintenir les différents composants de la machine ensemble. Il s'agit d'une structure solide et robuste qui est conçue pour résister aux vibrations et aux chocs associés au fonctionnement de la machine.
2. **Dispositif de blocage :** le dispositif qui permet de verrouiller les différents composants de la machine pendant la production.
3. **Convoyeur a air :** un système de transport qui utilise de l'air pour déplacer les bouteilles le long de la ligne de production. Les bouteilles sont placées sur des supports spéciaux qui sont soufflés par un flux d'air, ce qui permet de les déplacer rapidement et en douceur vers la zone d'étiquetage.
4. **Vis sans fin :** c'est un système de transport de bouteilles qui utilise une vis en spirale pour déplacer les bouteilles de manière régulière et contrôlée.
5. **Etoiles de transfert :** ce sont des dispositifs mécaniques qui sont utilisés pour transférer les bouteilles.
6. **Carrousel :** un composant qui permet de positionner les bouteilles à l'emplacement précis où les étiquettes doivent être appliquées. Le carrousel est équipé de plusieurs têtes d'étiquetage qui appliquent les étiquettes sur les bouteilles.

7. **Tambour** : c'est un élément important de la machine qui assure l'avancement des étiquettes à travers la machine. Le tambour est équipé d'une surface adhésive qui maintient les étiquettes en place pendant le processus d'application.
8. **Vérins** : c'est des éléments mécaniques qui sont utilisés pour effectuer des mouvements précis dans la machine.
9. **Motorisation principale** : un moteur électrique qui entraîne le mouvement du carrousel, des têtes d'étiquetage et du tambour. Il fournit la puissance nécessaire pour faire avancer les bouteilles et les étiquettes à travers la machine à une vitesse constante et régulière.
10. **Support des bobines** : ce sont des éléments mécaniques qui permettent de maintenir les rouleaux d'étiquettes et de film étirables en place pendant le processus d'étiquetage.
11. **Groupe d'étiquetage** : un ensemble mécanique qui comprend les têtes d'étiquetage et les rouleaux de pression. Ce groupe est situé sur le carrousel de la machine et est responsable de l'application précise et uniforme des étiquettes sur les bouteilles.
12. **Tableau d'opérateur** : le panneau de commande situé sur la machine et qui permet à l'opérateur de contrôler et de régler les différents paramètres de l'opération d'étiquetage.

### II.5.3 Principe du fonctionnement de la machine

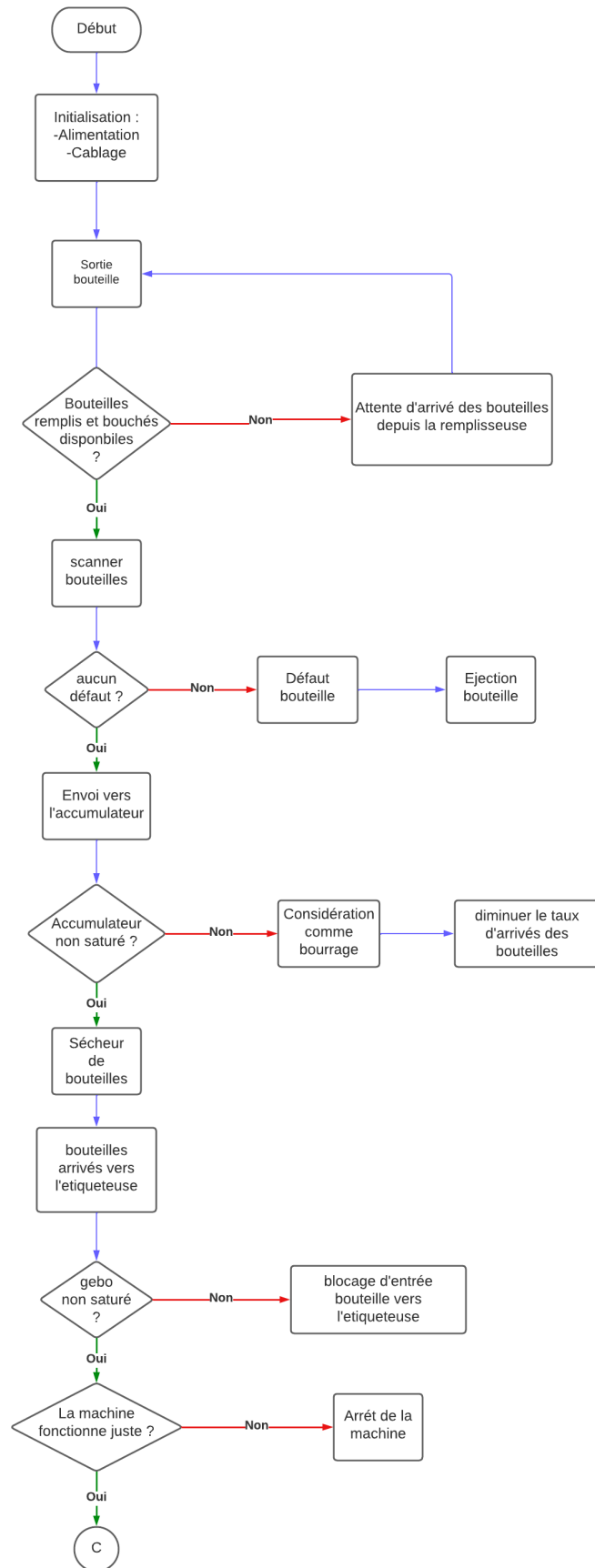
La procédure d'étiquetage de la machine est assez complexe : [7]

- **Chargement des bobines d'étiquettes** : les bobines d'étiquettes sont chargées sur les supports prévus à cet effet sur la machine. La bobine d'étiquettes supérieure est alors placée sur le groupe d'étiquetage.
- **Déroulement de l'étiquette** : les étiquettes sont déroulées à partir de la bobine et acheminées vers le groupe d'étiquetage.
- **Transfert de l'étiquette** : une fois déroulée, l'étiquette est transférée sur le convoyeur à air, qui la transporte jusqu'au tambour de la machine.
- **Positionnement de l'étiquette** : l'étiquette est positionnée précisément sur la bouteille grâce aux étoiles de transfert qui la maintiennent en place.

- **Application de l'étiquette** : une fois positionnée, l'étiquette est appliquée sur la bouteille grâce aux vérins qui exercent une pression sur l'étiquette pour la coller fermement sur la bouteille.
- **Détection de la bouteille** : les bouteilles sont détectées par un système de capteurs qui permet de réguler la vitesse de production de la machine en fonction de la cadence de remplissage.
- **Réglage et contrôle de la machine** : l'ensemble de la machine est contrôlé par un tableau d'opérateur équipé d'un écran tactile, qui permet de régler les différents paramètres de l'opération d'étiquetage (vitesse de production, taille de l'étiquette, etc.) et de surveiller le fonctionnement de la machine en temps réel.
- **Sortie des récipients étiquetés** : une fois étiquetés, les récipients entrent dans « l'étoile de sortie » et sont transférés sur le convoyeur pour être définitivement évacués.
- **Control d'étiquette** : une fois évacués, un contrôle d'étiquette est nécessaire afin d'assurer l'étiquette est bien disponible sur les bouteilles, si c'est le cas ils seront dirigés vers l'accumulateur, sinon, on considère la bouteille comme un défaut et se fait éjectés du convoyeur grâce à un vérin de sortie.

#### II.5.4 Organigramme du processus du l'étiqueteuse

La figure suivante montre l'organigramme du processus du l'étiqueteuse générale selon notre compréhension :



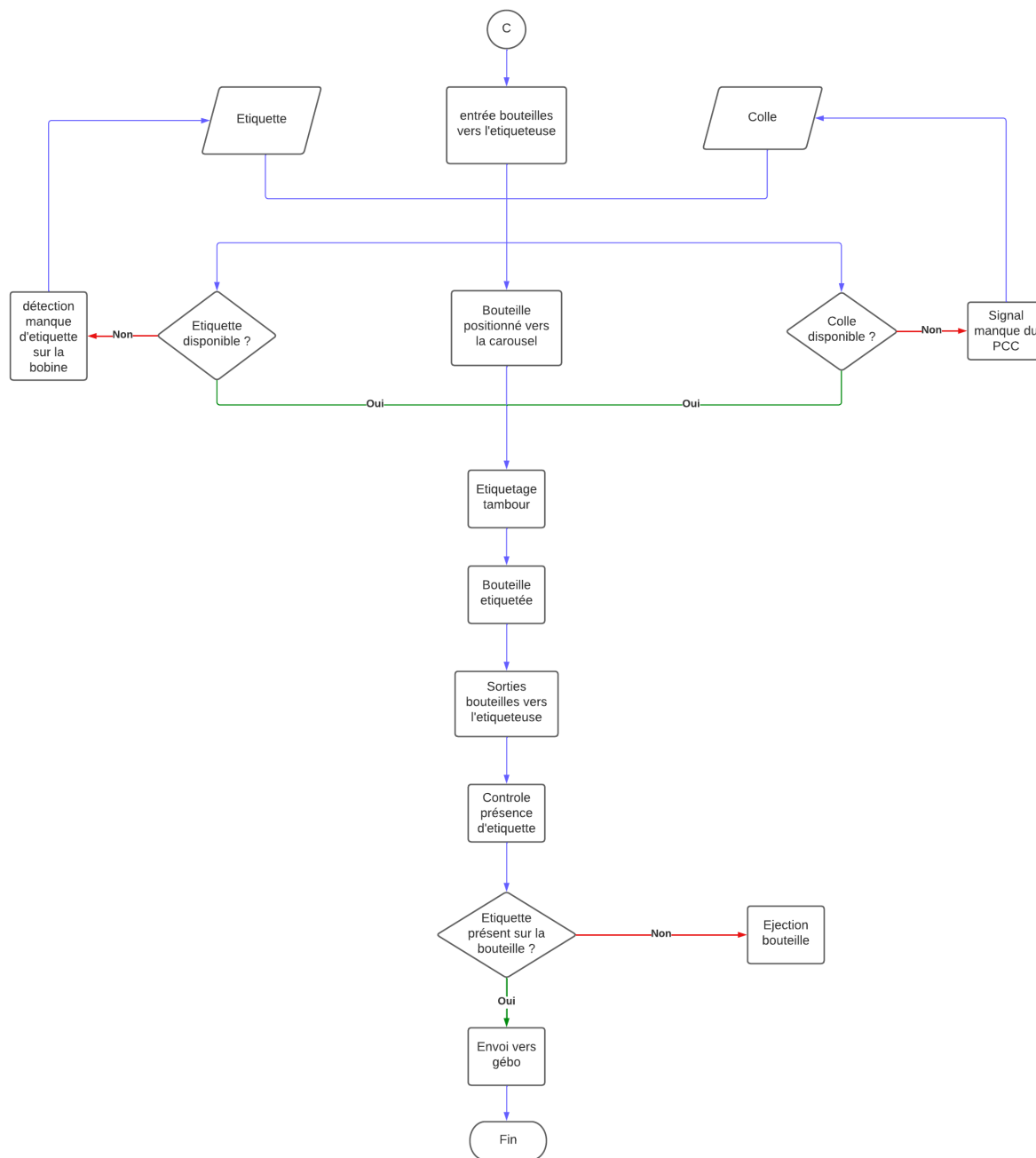
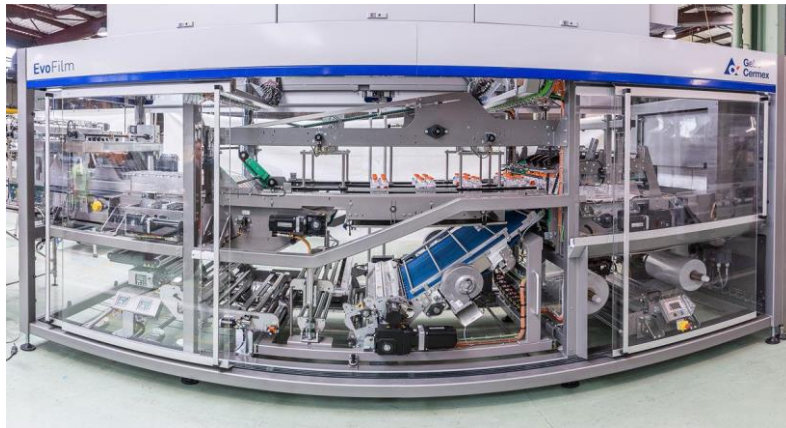


Figure II.10 : Organigramme de la machine Étiqueteuse Rollquattro Evo

## II.6 Fardeuse

Une fardeuse est une machine modèle « **Evo Film** » fourni par Sidel utilisée pour emballer des produits en les enveloppant dans un film plastique de forme régulière en les regroupant en un seul paquet.[8]



**Figure II.11:** Machine Fardeuse Evo Film. [8]

### II.6.1 Fiche technique de la machine

Les informations notées sur la fiche technique qui contient les informations techniques relatives à la machine sont données suivants :[8]

Type de machine	Machine Fardeuse
Vitesse	<b>50 cycles par minute</b>
Type de films utilisé	<b>Films en polyéthylène PE</b>
Système de soudage	<b>Soudage à chaud</b>
Alimentation	<b>400V, 50/60Hz, Triphasé</b>
Puissance	<b>30 KW</b>
Pression d'air	<b>6 jusqu'à 8 bars</b>
Poids	<b>4000 Kg</b>

**Tableau II.5:** Fiche technique de la machine Fardeuse Evo Film [8]

### II.6.2 Éléments constituant de la machine

La machine est composée de plusieurs éléments principaux :[9]

1. **Interface opérateur** : c'est une console de commande qui permet à l'opérateur de contrôler et de surveiller la machine.

2. **Process de fardelage** : le process de fardelage de la machine consiste à regrouper des bouteilles en les enveloppant dans un film plastique pour former un fardeau ou pack d'eau. Le processus commence par l'alimentation automatique des bouteilles dans la machine, où elles sont ensuite regroupées en une formation de pack spécifique en utilisant des films en polyéthylène (PE).
3. **Tunnel de rétraction** : le tunnel de rétraction est une partie intégrante de la machine qui sert à réduire la taille du film plastique utilisé pour envelopper les bouteilles. le fardeau passe à travers le tunnel de rétraction où le film est chauffé à haute température pour le rétracter, rétrécir et s'ajuster parfaitement aux contours du fardeau.
4. **Traitement du nappage** : est un processus de traitement du film qui consiste à appliquer une fine couche de colle ou d'adhésif sur le film qui sera utilisé pour envelopper les produits regroupés. Cette couche de colle permet d'assurer une adhérence optimale entre le film et les produits regroupés,

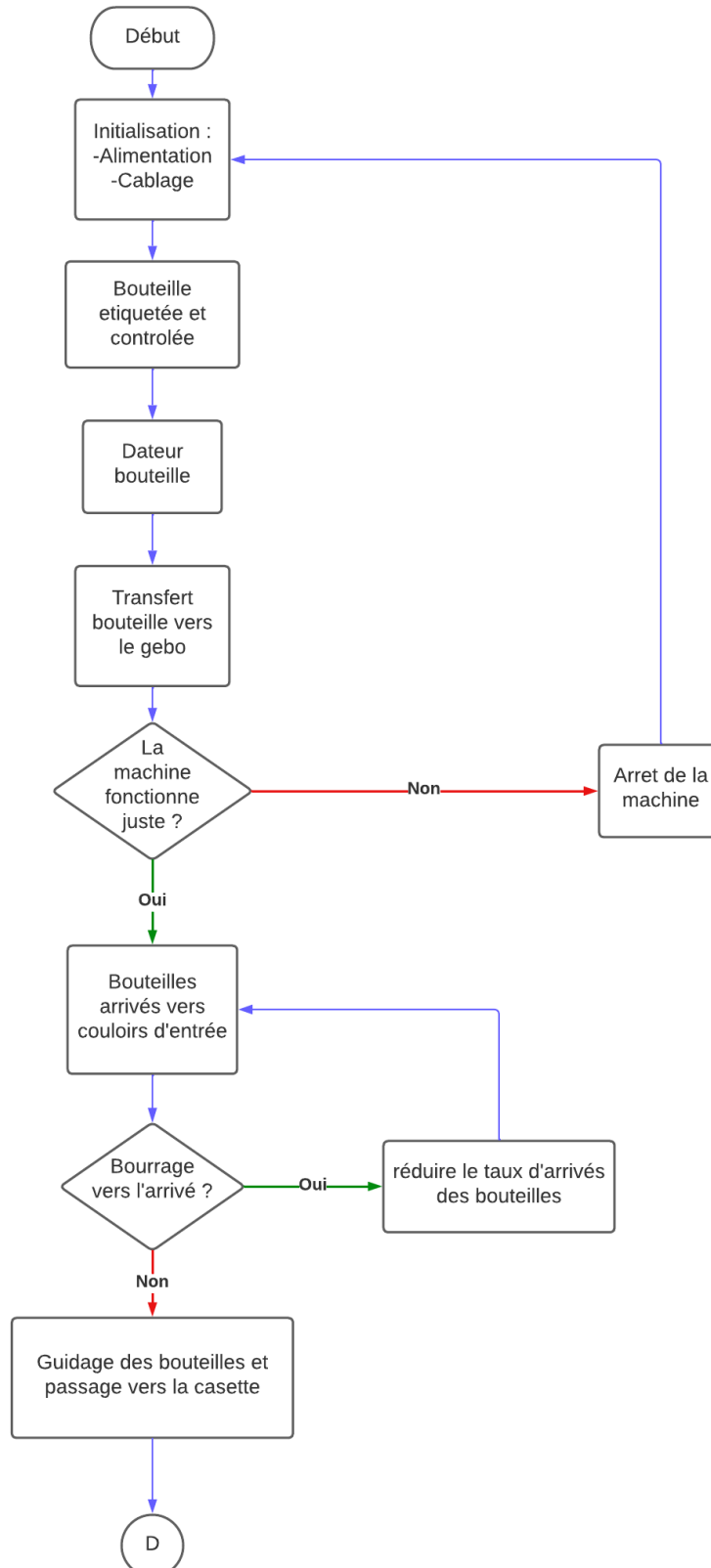
### II.6.3 Principe du fonctionnement de la machine

Le processus de fardelage se déroule en plusieurs étapes :[8]

- **Alimentation des produits** : les produits sont alimentés sur un convoyeur et orientés de manière à être prêts pour le regroupement.
- **Regroupement des produits** : les produits sont regroupés par le système de regroupement produits.
- **Enveloppement des produits** : le film est alimenté sur la machine et enroulé autour des produits regroupés pour les envelopper de manière étanche.
- **Soudure et coupe du film** : le film est soudé et coupé pour former un paquet fini.
- **Rétraction du film** : le paquet enveloppé est acheminé à travers le tunnel de rétraction, où le film est rétracté sous l'effet de la chaleur pour former un paquet compact et stable.
- **Refroidissement des produits** : un système de ventilateur sert à refroidir et stabiliser le film après sa rétraction dans le tunnel. Le moteur de chaque ventilateur est monophasé.

## II.6.4 Organigramme du processus de la Fardeleuse

La figure suivante montre l'organigramme du processus de la fardeleuse générale selon notre compréhension :





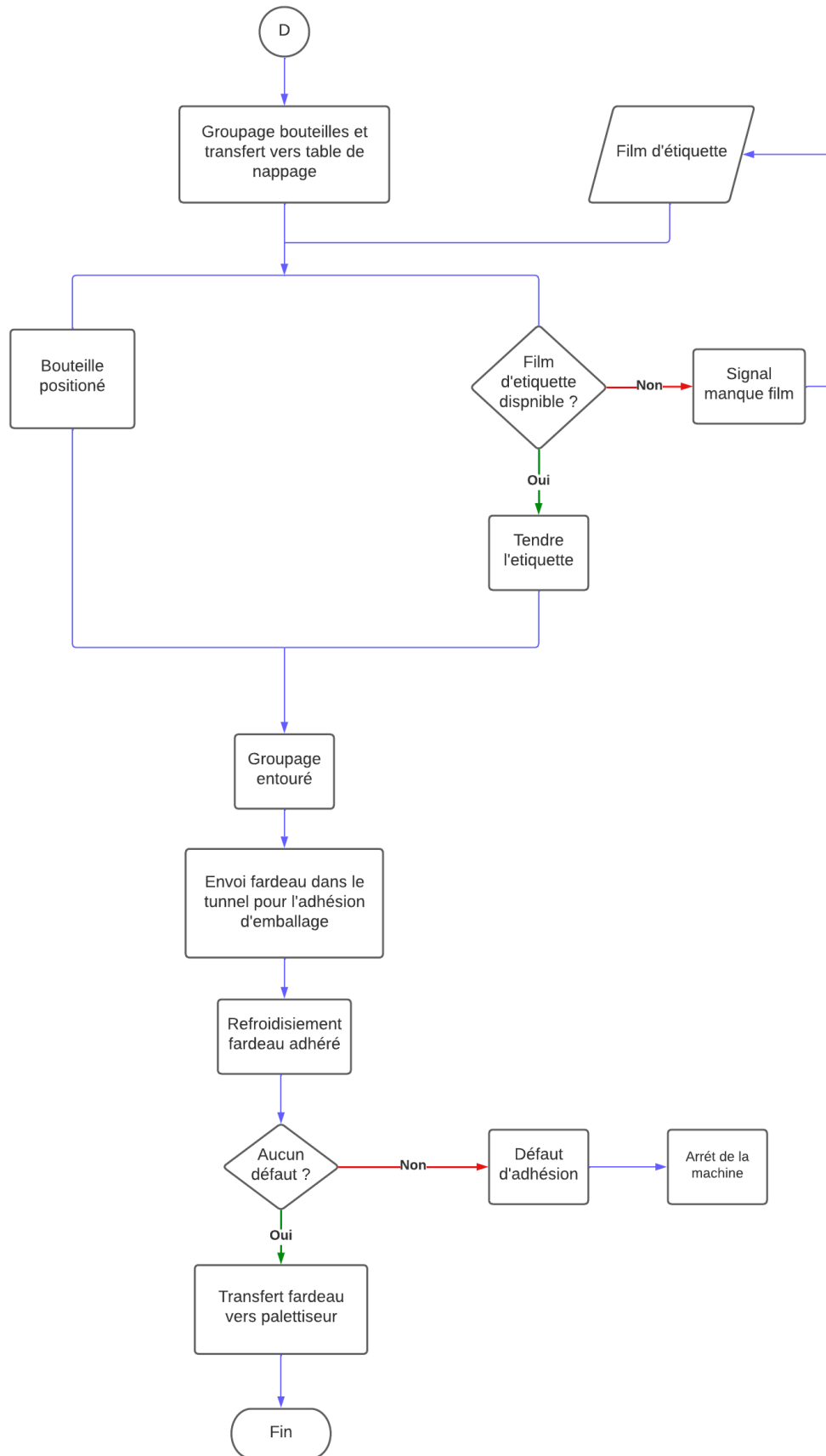


Figure II.12 : Organigramme de la machine Fardeuse Evo Film.

## II.7 Palettiseur

Le palettiseur est une machine du « **Pal Linear** » fourni par **Sidel**, utilisée pour empiler des produits sur des palettes de manière efficace et automatisée. Plus spécifiquement, il est conçu pour manipuler des bouteilles d'eau minérale de différents formats et tailles et les placer sur des palettes de manière précise et stable, en vue de faciliter le stockage et le transport de ces produits.[10]



**Figure II.13** : Machine Palettiseur Pallinear.[10]

### II.7.1 Fiche technique de la machine

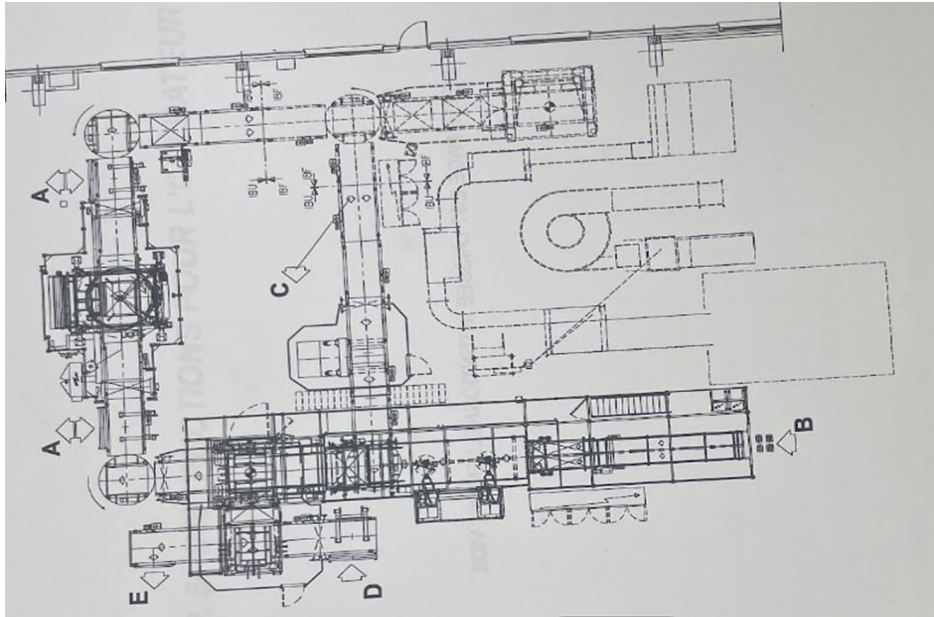
Les informations notées sur la fiche technique qui contient les informations techniques relatives à la machine sont données suivants :

Type de machine	Machine Palettiseur
Application	Palettisation bouteille d'eau
Capacité	80 palettes / h
Système de levage	Outils de levage à ventouse ou à pinces
Système de palettisation	Positionnement précis

**Tableau II.6:** Fiche technique de la machine Palettiseur Pallinear [10]

### II.7.2 Éléments constitutants de la machine

La machine est composée de plusieurs éléments principaux :[10]



**Figure II.14 :** Éléments constitutants du Palettiseur Pallinear.[10]

1. **Zone d'évacuation (A) :** c'est l'endroit où les palettes remplies de bouteilles sont déplacées hors de la machine pour être acheminées vers leur destination finale, que ce soit pour le stockage ou pour le transport. Cette zone est généralement équipée de convoyeurs ou de systèmes de levage pour déplacer les palettes et les transférer en toute sécurité vers leur destination.
2. **Ligne d'alimentation (B) :** c'est le système de convoyeurs qui transporte les bouteilles d'eau depuis la ligne de production jusqu'à la zone de palettisation.
3. **Rouleaux (C) :** ce sont des composants qui assurent le mouvement des palettes vides vers la zone de chargement de la machine. Ces rouleaux sont montés sur un convoyeur à rouleaux qui transporte les palettes jusqu'à la zone de chargement de la machine où elles sont positionnées pour recevoir les bouteilles.
4. **Pile de feuilles (D) :** c'est un élément de la machine qui permet de placer des feuilles intercalaires entre les couches de bouteilles sur la palette. Ces feuilles intercalaires sont généralement en carton ou en plastique et servent à protéger les bouteilles pendant le transport et le stockage en évitant tout contact direct entre les bouteilles.
5. **Zone de prélèvement (E) :** l'endroit où les palettes de bouteilles complètes sont retirées de la machine pour être acheminées vers leur destination finale, que ce soit pour le stockage ou pour le transport.

### II.7.3 Poseuse de poignées

La poseuse de poignées Twin-Pack du modèle « MDEL-S » est une machine avant l'arrivée des fardeaux vers le palettiseur de l'emballage pour placer des poignées en plastique sur les packs de bouteilles d'eau pour permettre aux consommateurs de transporter plus facilement les packs de bouteilles.[10]



Figure II.15 : Poseuse de poignées Twin-Pack.[10]

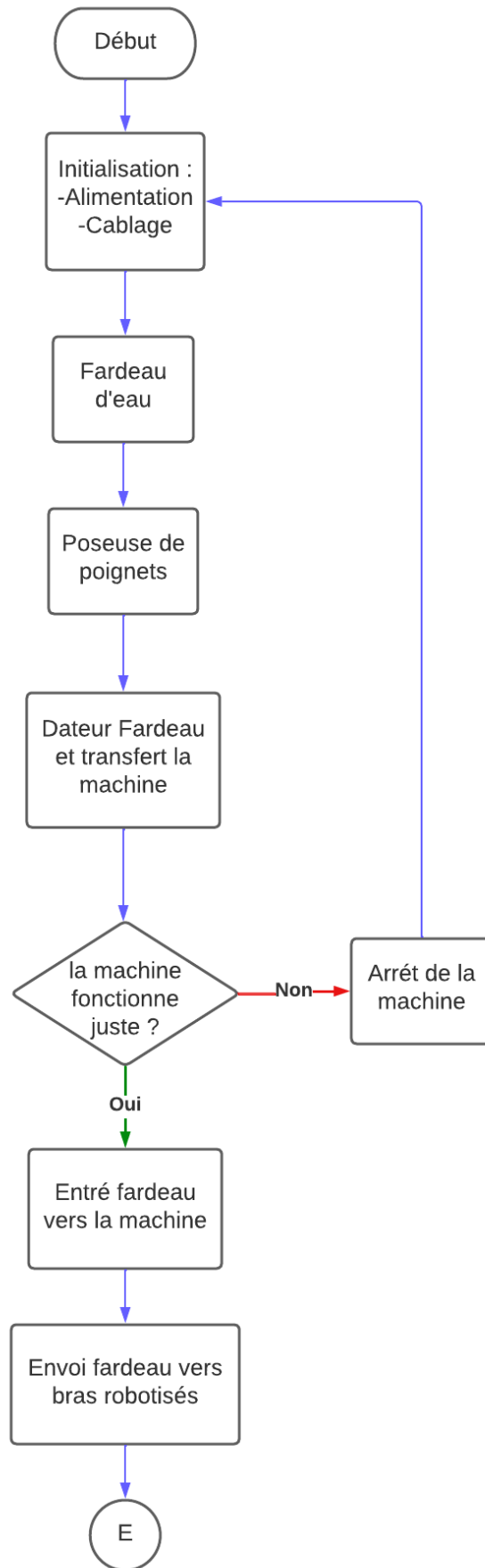
### II.7.4 Principe du fonctionnement de la machine

Le principe de fonctionnement de la machine palettiseur Pallinear se déroule en plusieurs étapes : [10]

- **Alimentation des bouteilles** : Les bouteilles sont alimentées dans la machine palettiseur depuis la ligne de production.
- **Palettisation** : Les bouteilles sont alors regroupées en couches sur une palette, selon un schéma prédéfini. Les couches sont déposées automatiquement sur la palette par un système de préhension des bouteilles, qui les place avec précision et rapidité. Des feuilles intercalaires sont placées entre les couches pour protéger les bouteilles. Cette opération est répétée jusqu'à compléter la palette.
- **Prélèvement de la palette** : La palette est ensuite retirée de la machine par un système automatisé pour être transportée vers sa destination finale.

### II.7.5 Organigramme du processus du Palettiseur

La figure suivante montre l'organigramme du processus du palettiseur générale selon notre compréhension :



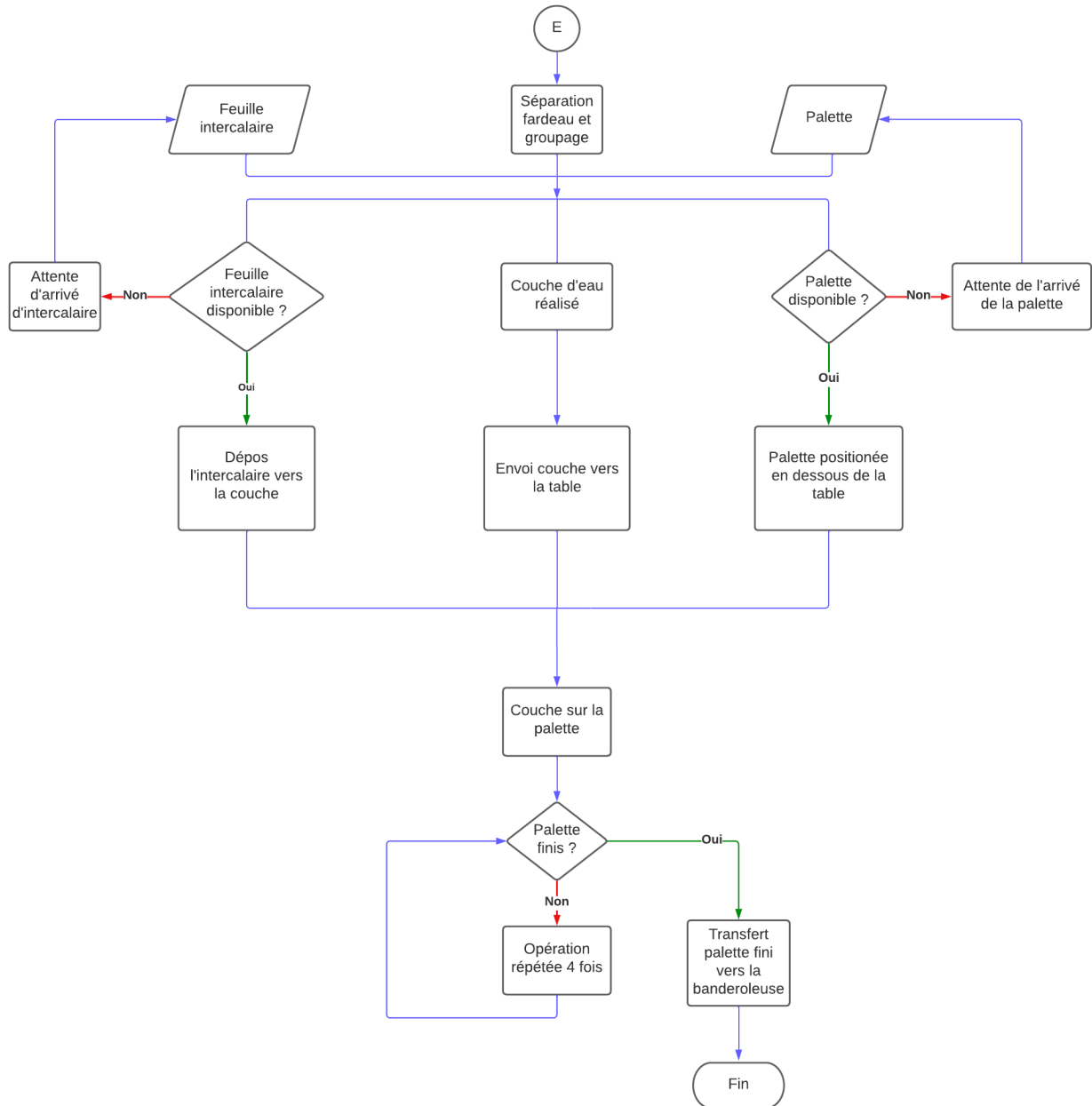


Figure II.16 : Organigramme de la machine Palettiseur Pallinear

## II.8 Banderoleuse

La Banderoleuse est une machine du modèle « **Genesis Cube** » fourni par **Robopac** utilisée pour envelopper des produits avec une bande de film ou de papier afin de les maintenir ensemble et de les protéger pendant le transport.[11]



**Figure II.17 :** Machine Robopac Genesis Cube.[11]

### II.8.1 Fiche technique de la machine

Les informations notées sur la fiche technique qui contient les informations techniques relatives à la machine sont données suivants :

Type de machine	Machine Banderoleuse
Dimensions (L x l x H)	<b>2725 mm x 2180 mm x 3100 mm</b>
Poids	<b>1400 Kg</b>
Diamètre maximal de la bobine	<b>300 mm</b>
Epaisseur du film	<b>De 12 à 35 Microns</b>
Vitesse	<b>120 palettes / h</b>
Alimentation	<b>400 V / 50Hz / 3 phases</b>
Puissance	<b>2,5 KW</b>

**Tableau II.7:** Fiche technique de la machine Banderoleuse Genesis Cube.[11]

### II.8.2 Éléments constitutifs de la machine

La machine est composée de plusieurs éléments principaux :[11]

1. **Etirement :** est un processus de type passif dans lequel l'allongement de la pellicule est dû exclusivement au contraste entre la charge à banderoler à l'arrêt et la rotation du chariot pellicule tout autour.

2. **Pré-étirage** : c'est l'allongement de la pellicule réalisé de manière complètement indépendante par rapport au mouvement de la palette moyennant deux rouleaux qui roulent à des vitesses différentes.
3. **Chariot** : c'est un dispositif de motorisation externe du chariot de pré-étirage qui permet de définir le rapport de pré-étirage variable avec continuité et précision. Il contient deux moteurs qui ne sont pas positionnés au bord de l'anneau mais ils sont fixés au châssis de la machine.
4. **Pince, coupe, soudure** : c'est un système pneumatique de pince et coupe du film incluant la soudure de la queue de film. La soudure est effectuée sur un contraste n'altérant en aucun cas le produit. Ce système est idéal lorsque vos charges palettisées sont transférées dans des transstockeurs automatiques.
5. **Groupe presseur vertical** : c'est un dispositif de maintien de la charge, obligatoire lorsqu'une dépose de coiffe ou les charges sont particulièrement instables. Lors de l'utilisation avec la dépose de coiffe, des buses de soufflage maintiennent la coiffe en position lors de la rotation de l'anneau.
6. **Elévateur de palette** : inséré dans la partie centrale du convoyeur. Ce dispositif permet le banderolage complet du pied de palette.
7. **Table de commande** : Un écran tactile intégré dans l'armoire électrique pour la commande de fonctions de l'emballer.
8. **Bras rotatif** : Il s'agit d'un bras mécanique qui est attaché à la base de la machine et qui peut pivoter sur un axe vertical. Le bras est équipé d'un dispositif de pré-étirage qui étire le film plastique avant de l'enrouler autour de la palette.

### II.8.3 Machine étiquetage de palettes

L'étiquetage de palettes également appelé étiquetage de transport, est un processus consistant à appliquer des étiquettes adhésives sur les côtés des palettes de produits. Ces étiquettes contiennent des informations importantes telles que le nom du produit, le code-barres, le numéro de lot ou toute autre information de traçabilité pertinente.[12]





Figure II.18 : Étiquetage de palettes EXCode. [12]

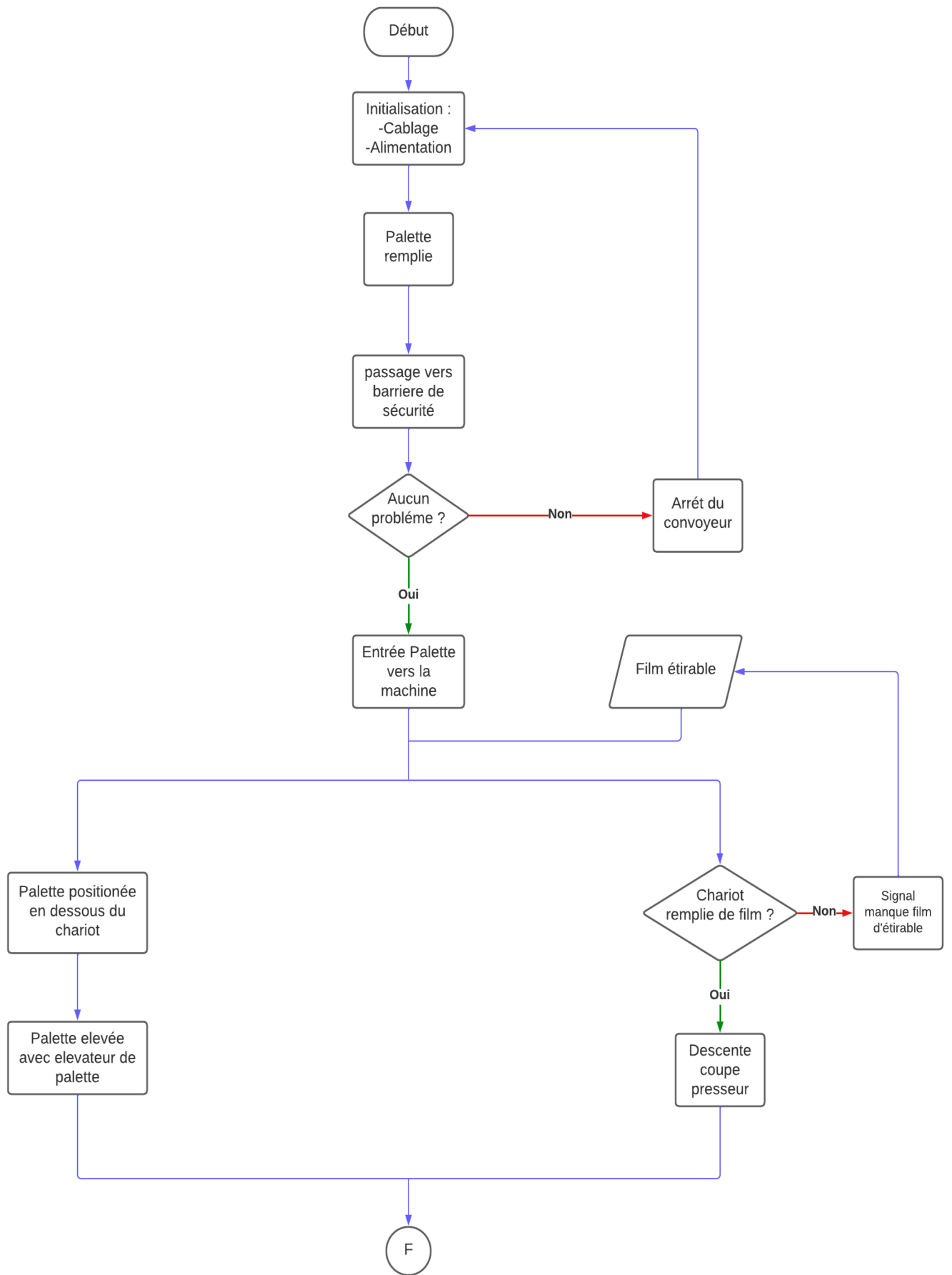
#### II.8.4 Principe du fonctionnement de la machine

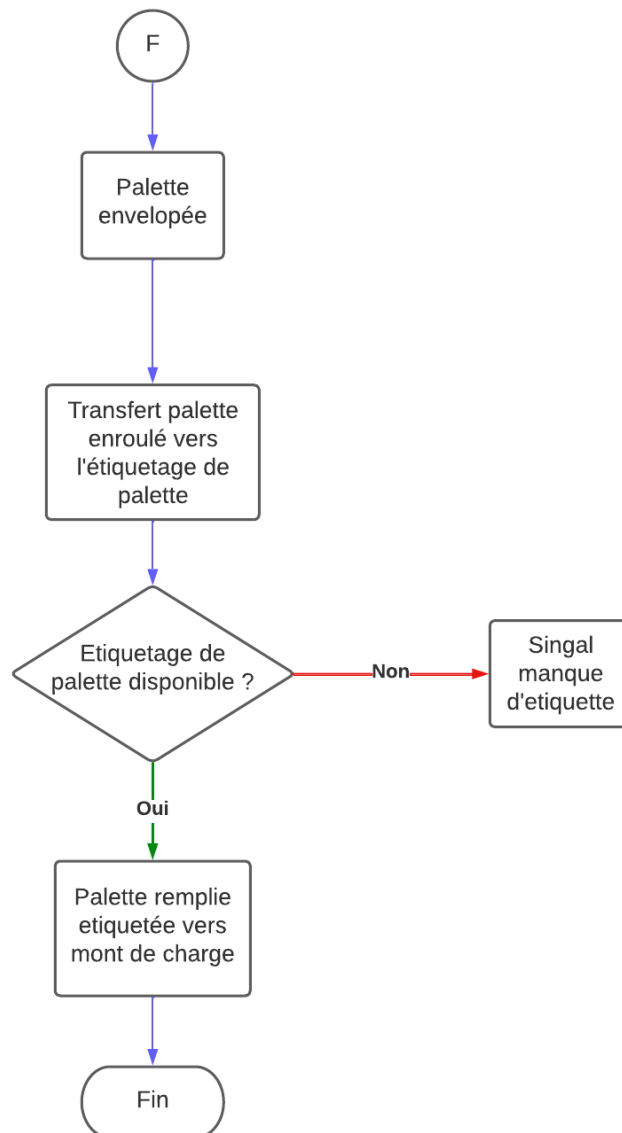
Le principe de fonctionnement se déroule en plusieurs étapes : [11]

- **Chargement de la palette** : La palette de produits est placée sur la plate-forme de la machine. Les paramètres de conditionnement tels que la hauteur de la palette et la tension du film sont définis via le panneau de commande.
- **Début du cycle** : Une fois que les paramètres de conditionnement sont définis, le cycle de conditionnement commence. Le bras rotatif de la machine se met en mouvement et commence à appliquer le film autour de la palette.
- **Enroulement du film** : Le film est déroulé à partir de la bobine et enroulé autour de la palette.
- **Coupe automatique du film** : Lorsque le film a été enroulé autour de la palette selon les paramètres de conditionnement, le dispositif de coupe automatique coupe le film pour séparer la palette du reste de la bobine.
- **Fin du cycle** : Le bras rotatif se retire et le cycle de conditionnement est terminé. La palette enveloppée de film est prête pour l'étiquetage.
- **L'étiquetage de palettes** : La machine d'étiquetage applique des étiquettes adhésives sur les côtés des palettes de produits pour être finalement prête pour le stockage.

#### II.8.5 Organigramme du processus du Banderoleuse

La figure suivante montre l'organigramme du processus du banderoleuse générale selon notre compréhension :





**Figure II.19 :** Organigramme de la machine Banderoleuse

## II.9 Conclusion

Ce chapitre nous a donné une vue d'ensemble sur le fonctionnement de la ligne de production chez Nestlé Waters, définir les machines ainsi que le rôle des différents éléments de chaque machine, tout en expliquant le principe de fonctionnement de ces derniers ainsi que leur organigramme. La description bien détaillée de chaque machine nous guidera dans le chapitre suivant leur tâche de modélisation qui sera traitée dans le chapitre suivant.

## III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons expliquer le fonctionnement de chaque machine en utilisant le GRAFCET, un outil considéré comme simple mais efficace pour modéliser le système en prenant en compte les contraintes logiques de fonctionnement.[13]

## III.2 Capteurs et actionneurs

On dispose de plusieurs capteurs et actionneurs dans la ligne de la production, dans cette partie on va définir les différents capteurs et actionneurs utilisés dans la ligne.

### III.2.1 Capteurs

Ce sont des dispositifs transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, il existe différents capteurs avec leur propre fonctionnement :

#### III.2.1.a Capteur photoélectrique

C'est un dispositif qui utilise des principes photoélectriques pour détecter la présence, la position, la couleur ou d'autres caractéristiques des objets. [14]



Figure III.1 : Capteur photoélectrique SICK [15]

#### III.2.1.b Capteurs de sécurité

Ce sont des dispositifs utilisés pour assurer la sécurité des travailleurs, des machines et des processus dans les environnements industriels. Ils détectent les situations dangereuses et déclenchent des actions de sécurité appropriées pour prévenir les accidents et les blessures.[16]



**Figure III.2 :** Capteurs de sécurité PILZ [16]

### III.2.1.c Capteurs de température

Ce sont dispositifs essentiels pour contrôler et réguler la température dans les processus industriels, les systèmes de refroidissement, les équipements de chauffage, les environnements de stockage.[14]



**Figure III.3 :** Capteur de température [15]

### II.2.1.d Capteur à ultrasons

C'est un dispositif utilisé pour détecter la distance, la présence ou d'autres caractéristiques des objets en utilisant des ondes sonores à haute fréquence. [17]



**Figure III.4 :** Capteur de distance à ultrasons. [17]

### III.2.1.e Capteurs de pression

Ce sont des dispositifs utilisés pour mesurer la pression. Ils sont conçus pour convertir la pression en un signal électrique utilisable, généralement sous forme de tension ou de courant, qui peut être mesuré et interprété par des équipements de contrôle ou de surveillance. [14]



**Figure III.5 :** Capteurs de pression. [15]

### III.2.1.f Capteurs de débit (Débitmètre)

C'est un capteur utilisé pour mesurer la quantité de fluide (liquide ou gaz) qui traverse un système dans une unité temps donnée. Il est largement pour surveiller et contrôler les débits dans divers processus.[14]



**Figure III.6 :** Débitmètre

### III.2.2 Les actionneurs

C'est un organe qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit un travail, modifie le comportement ou l'état d'un système, il existe différents actionneurs avec leur propre fonctionnement

#### III.2.2.a Vérins pneumatiques

Les vérins pneumatiques, également appelés vérins à air comprimé, sont des actionneurs utilisés pour générer un mouvement linéaire à l'aide de l'air comprimé comme source d'énergie.[18]



Figure III.7 : Vérin pneumatique [15].

#### III.2.2.b Servomoteurs

Les servomoteurs, sont des dispositifs mécaniques qui convertissent un signal de commande en mouvement de rotation limité sur un angle de 180 degrés.[18]



Figure III.8 : Servomoteur [19]

#### III.2.2.c Moteurs électriques

Les moteurs électriques sont des actionneurs chargés de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. [20]



**Figure III.9 :** Moteur électrique [20]

Plusieurs types de moteurs ayant des caractéristiques qui lui sont propres :

- Moteurs à courant continu.
- Moteurs asynchrones pour courant alternatif triphasé ou monophasé.
- Moteurs synchrones pour courant alternatif.
- Moteurs pas à pas. [15]

#### **III.2.2.d Vanne modulante**

Une vanne modulante, également connue sous le nom de vanne de régulation, est un type de vanne utilisé pour contrôler avec précision le débit, la pression ou la température d'un fluide dans un système. [21]

Contrairement aux vannes tout-ou-rien (vanne d'arrêt), qui ne peuvent être ouvertes ou fermées que complètement, les vannes modulantes permettent un réglage progressif et précis du débit ou de la quantité de fluide qui passe à travers la vanne. [21]



**Figure III.10:** Vanne Modulante. [21]



### III.2.2.e Pompes

Les pompes industrielles sont des dispositifs utilisés pour déplacer des fluides (liquides ou gaz) d'un endroit à un autre, ils sont spécifiquement conçus pour créer et maintenir un vide dans un système. [22]

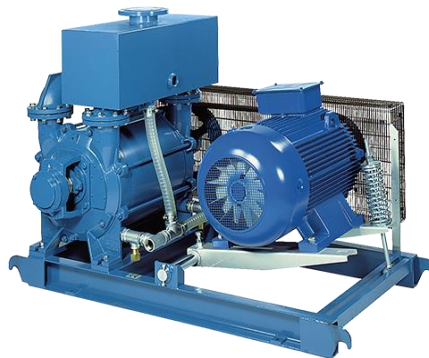


Figure III.11: Pompe à vide. [23]

### III.2.3 Pré-actionneurs

Dans la plupart des systèmes automatisés industriels, un Automate Programmable Industriel (API) est utilisé comme partie commande. Cependant, l'API est généralement incapable de fournir directement l'énergie nécessaire à l'actionneur, car il est principalement destiné au traitement de l'information à un niveau d'énergie faible.

Le rôle du pré-actionneur est donc de résoudre les problèmes liés à la distribution de l'énergie vers l'actionneur, assurant ainsi une interface efficace entre l'API et l'actionneur. On distingue plusieurs types de pré-actionneurs : [24]

#### III.2.3.a Contacteur

Les contacteurs sont similaires aux relais électromagnétiques, mais ils sont spécifiquement conçus pour commuter des charges de puissance plus élevées, comme des moteurs électriques. [24]

#### III.2.3.b Distributeur

Le distributeur est responsable de l'acheminement du fluide vers les actionneurs appropriés en fonction du signal de commande reçu.[24]

### III.3 Grafcet et Modélisations de la ligne de production

Après avoir mentionnée les différents capteurs, actionneurs utilisés dans la ligne, il reste plus qu'à modéliser chaque machine avec l'outil Grafcet.

#### III.3.1 Introduction

Le GRAFCET est une méthode graphique normalisée pour la description, la modélisation et la conception de systèmes automatisés. Les concepts de base d'un GRAFCET sont : étape, transition, action et liaison orientée [13]

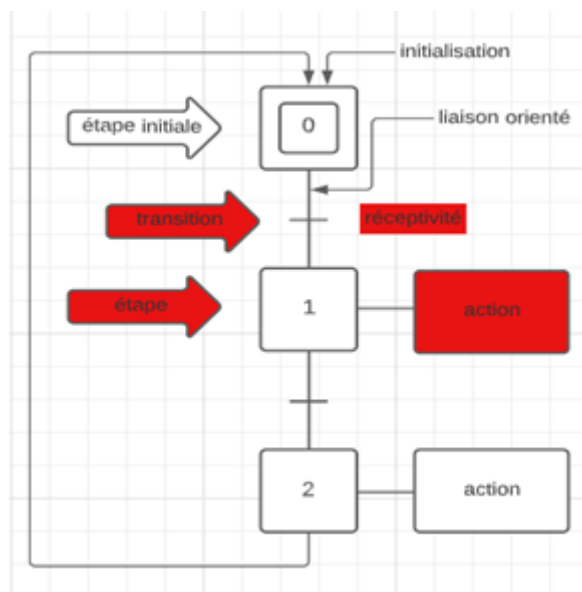


Figure III.12 : Symbolisation d'un GRAFCET

#### III.3.2 Modélisations

La modélisation est une conception et l'utilisation d'un modèle pour une représentation simplifiée, on utilisera le modélisation Grafcet pour simplifier la compréhension de chaque machine.

##### III.3.2.1 Alimentateur de préforme

Pour modéliser l'alimentateur, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l'outil Grafcet.

##### III.3.2.1.a Capteurs et actionneurs incluent

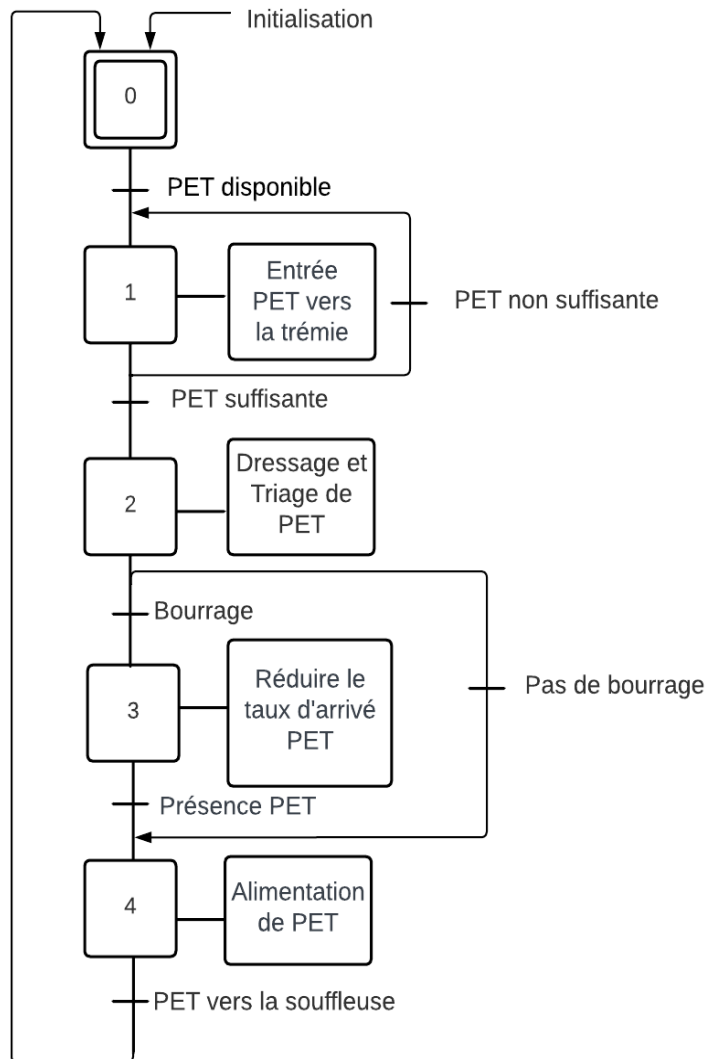
Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans l'alimentateur de préforme :

Capteurs	Actionneurs
Capteurs photocellules : - Un niveau bas - Un niveau haut	Deux moteurs électriques
Capteurs de présence ultrason	

**Tableau III.1 :** Capteurs et actionneurs de l'alimentateur.

**III.3.2.1.b Grafcet du l'alimentateur de préforme**

La figure suivante montre la modélisation par l'outil Grafcet de l'alimentateur de préforme :



**Figure III.13 :** Grafcet de l'alimentateur de préforme

### III.3.2.2 Souffleuse

Pour modéliser la souffleuse, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l'outil Grafcet.

#### III.3.2.2.a Capteurs et actionneurs incluent

Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans la souffleuse :

Capteurs	Actionneurs
Capteurs de pression	Vérins pneumatiques
Capteurs de débit	Moteurs électriques
Capteurs de température	Servomoteurs
Capteurs de distance	
Capteurs de position	

Tableau III.2 : Capteurs et actionneurs de la souffleuse.

#### III.3.2.2.b Grafcet de la Souffleuse

La figure suivante montre la modélisation par l'outil Grafcet de la souffleuse :

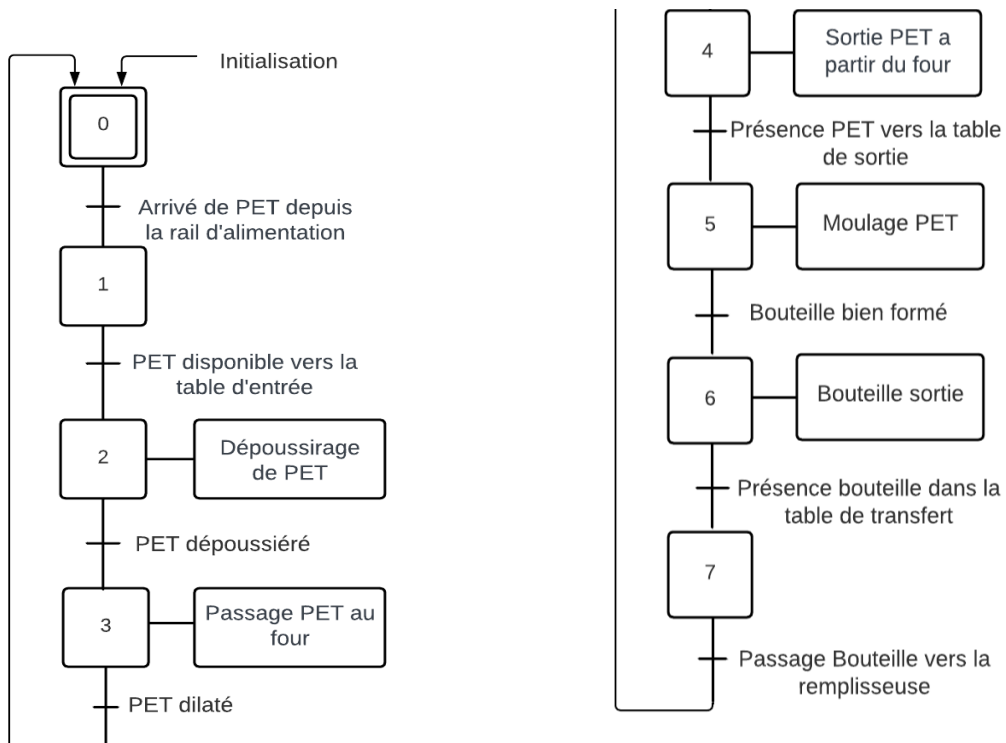


Figure III.14 : Grafcet de la machine souffleuse.

### III.3.2.3 Remplisseuse

Pour modéliser la remplisseuse, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l'outil Grafcet.

#### III.3.2.3.a Capteurs et actionneurs incluent

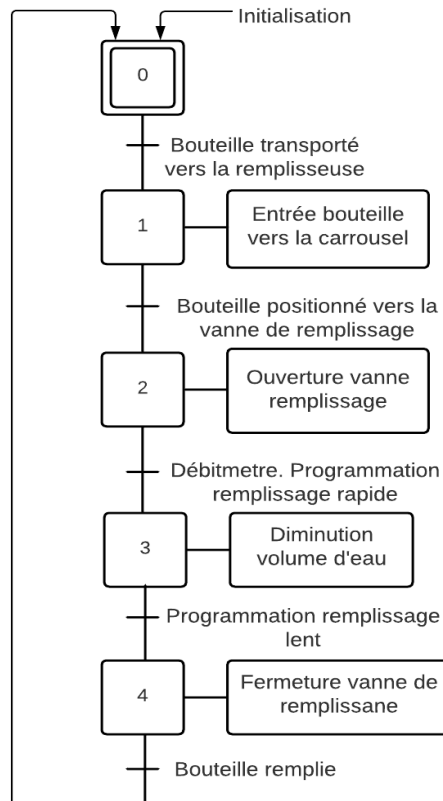
Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans la remplisseuse :

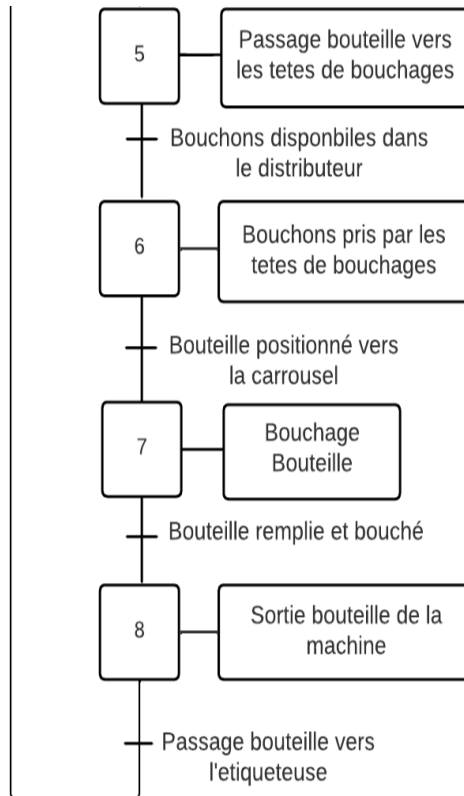
Capteurs	Actionneurs
Capteurs à ultrasons	Vérins pneumatiques
Capteurs disjoncteurs magnétothermiques	Moteurs électriques
Capteurs photocellule	Vanne modulante
	Pompes

Tableau III.3: Capteurs et actionneurs de la remplisseuse.

#### III.3.2.3.b Grafcet de la Remplisseuse

La figure suivante montre la modélisation par l'outil Grafcet de la remplisseuse :





**Figure III.15 :** Grafcet de la machine remplisseuse.

### III.3.2.4 Etiqueteuse

Pour modéliser l’étiqueteuse, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l’outil Grafcet.

#### III.3.2.4.a Capteurs et actionneurs incluent

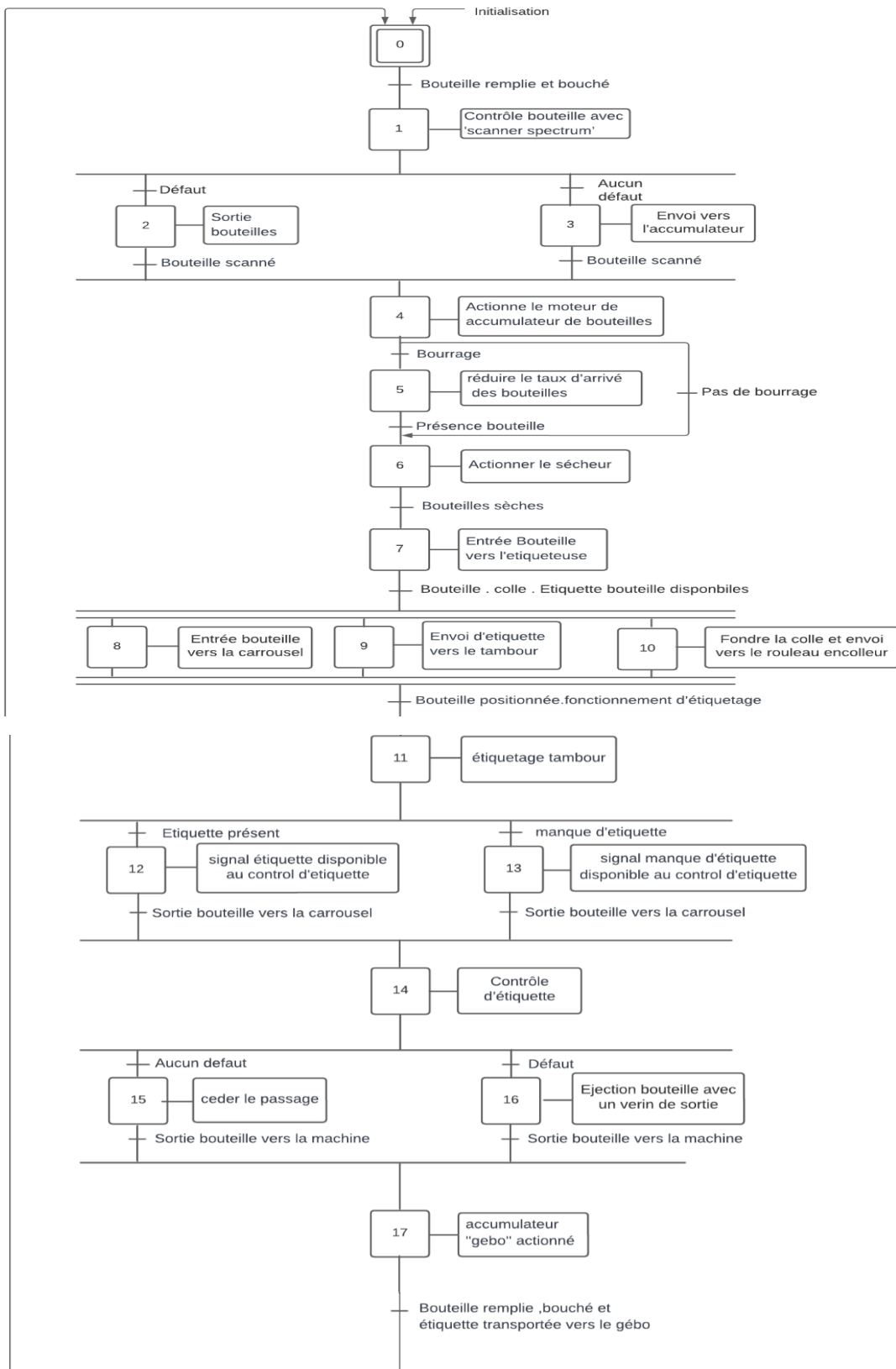
Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans l’étiqueteuse :

Capteurs	Actionneurs
Capteurs de détection bouteilles	Moteurs électriques
Capteurs de positionnement d’étiquettes	Actionneurs pneumatiques
Capteurs de détection d’étiquette	Actionneurs électromagnétiques
Capteurs de détection de fin de rouleau	
Capteurs de synchronisation	

**Tableau III.4:** Capteurs et actionneurs de l’étiqueteuse.

**III.3.2.4.b Grafcet de l'Etiqueteuse**

La figure suivante montre la modélisation par l'outil Grafcet du l'étiqueteuse :



**Figure III.16 : Grafcet de la machine étiqueteuse.**

### III.3.2.5 Fardeleuse

Pour modéliser la fardeleuse, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l’outil Grafcet.

#### III.3.2.5.a Capteurs et actionneurs incluent

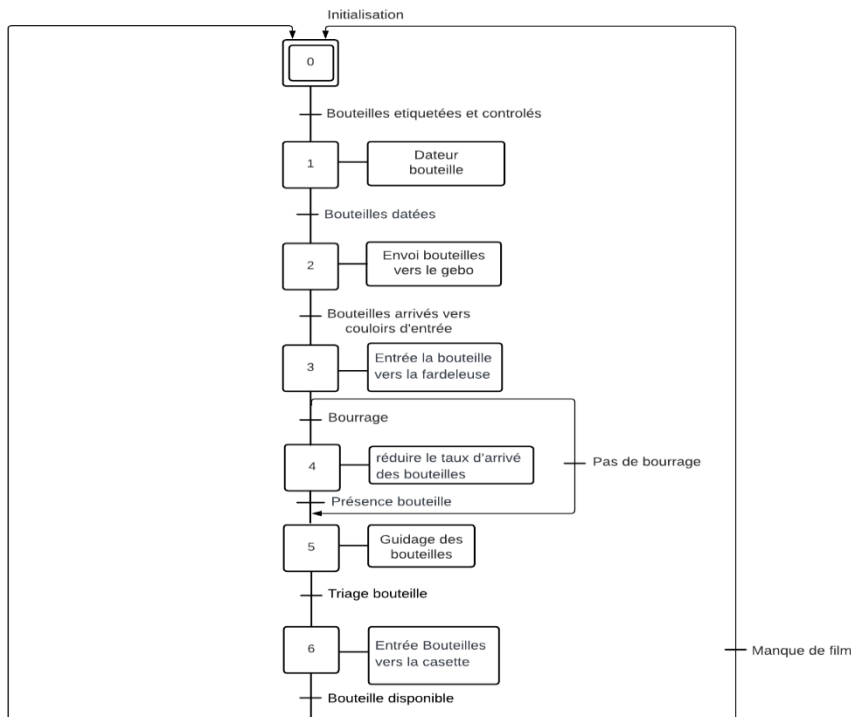
Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans la fardeleuse :

Capteurs	Actionneurs
Capteurs de détection bouteilles	Ventilateurs et souffleurs
Capteurs de positionnement	Pompes à vides
Capteurs de tension du film	Actionneurs électromagnétiques
Capteurs de température	Moteurs
Capteurs de contrôle de position de la bobine	Vérins pneumatiques ou hydrauliques

Tableau III.5: Capteurs et actionneurs du fardeleuse.

#### III.3.2.5.b Grafcet de la Fardeleuse

La figure suivante montre la modélisation par l’outil Grafcet de la fardeleuse :





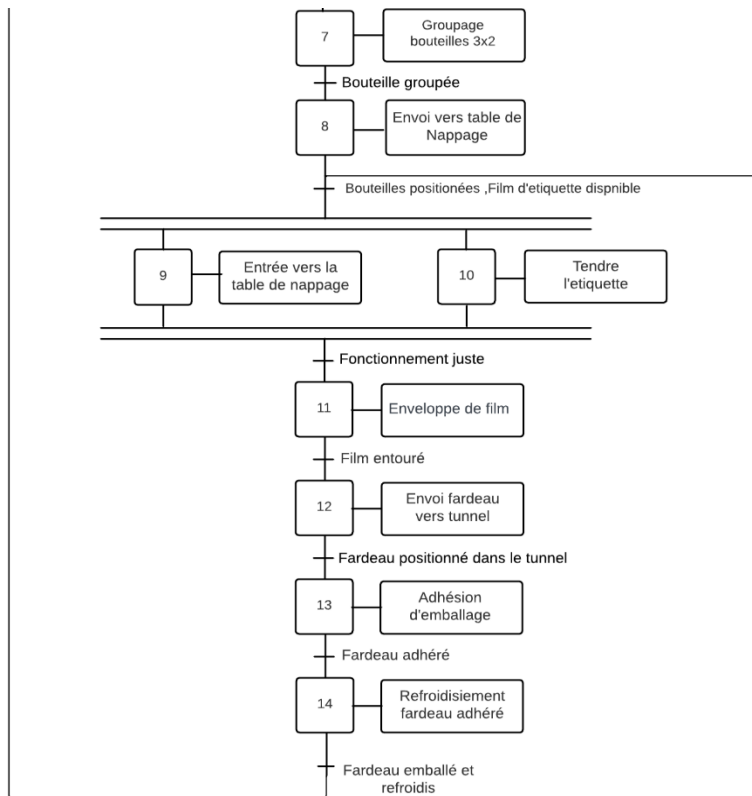


Figure III.17 : Grafcet de la machine fardeleuse.

### III.3.2.6 Palettiseur

Pour modéliser le palettiseur, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l’outil Grafcet.

#### III.3.2.6.a Capteurs et actionneurs incluent

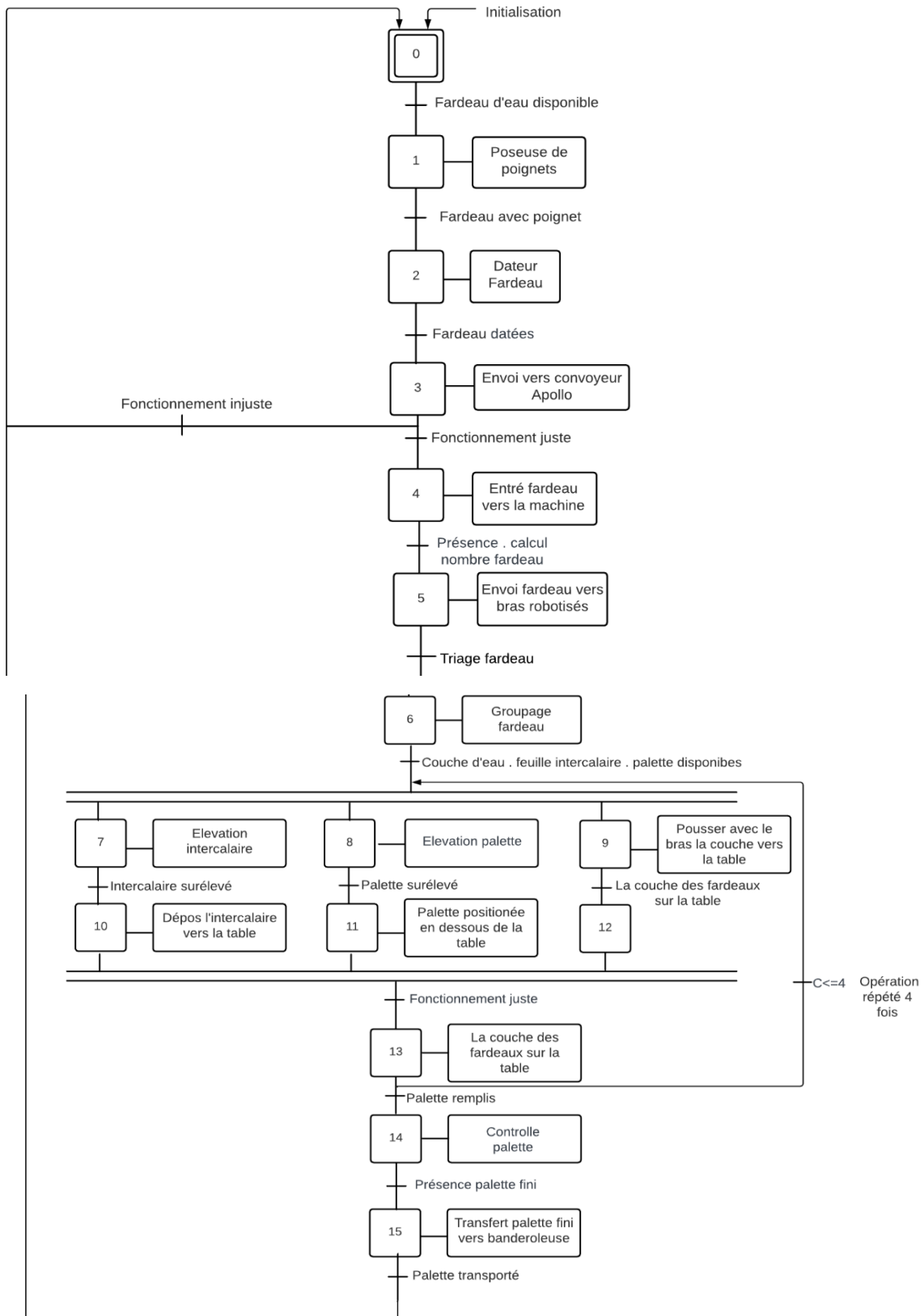
Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans le palettiseur :

Capteurs	Actionneurs
Capteurs de détection bouteilles	Moteurs électriques
Capteurs de détection de mouvement	Servomoteurs
Capteurs de pression	Actionneurs hydrauliques
Capteurs de sécurité	Actionneurs électromagnétiques
Capteurs de contrôle de position de la bobine	

Tableau III.6: Capteurs et actionneurs du palettiseur.

**III.3.2.6.b Grafcet du Palettiseur**

La figure suivante montre la modélisation par l'outil Grafcet du palettiseur :



**Figure III.18 :** Grafcet de la machine Palettiseur.

### III.3.2.7 Banderoleuse

Pour modéliser le palettiseur, on doit définir les capteurs, actionneurs disponibles pour pouvoir la modéliser par l'outil Grafcet.

#### III.3.2.7.a Capteurs et actionneurs incluent

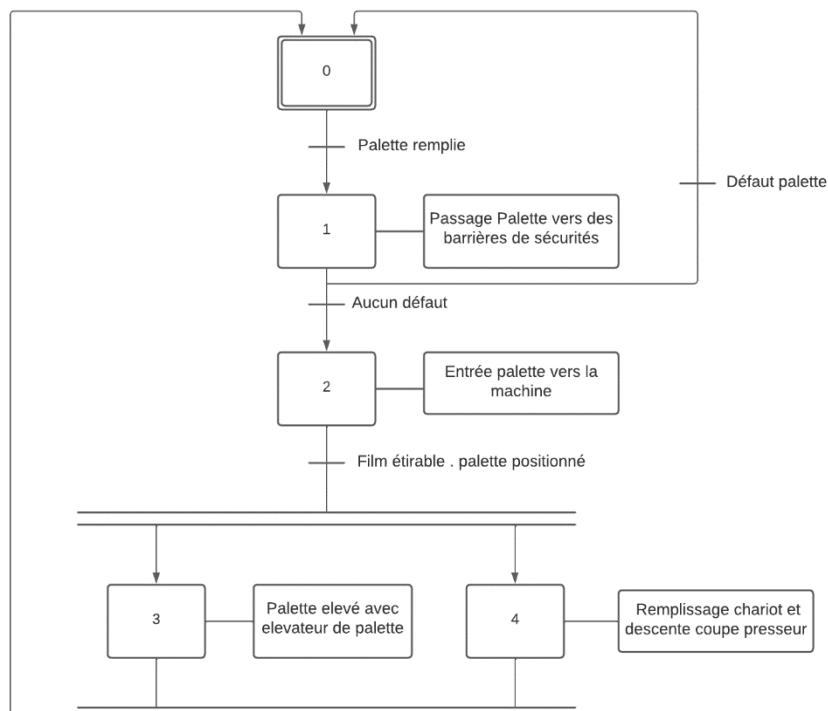
Le tableau suivant représente les capteurs, actionneurs disponibles dans le banderoleuse:

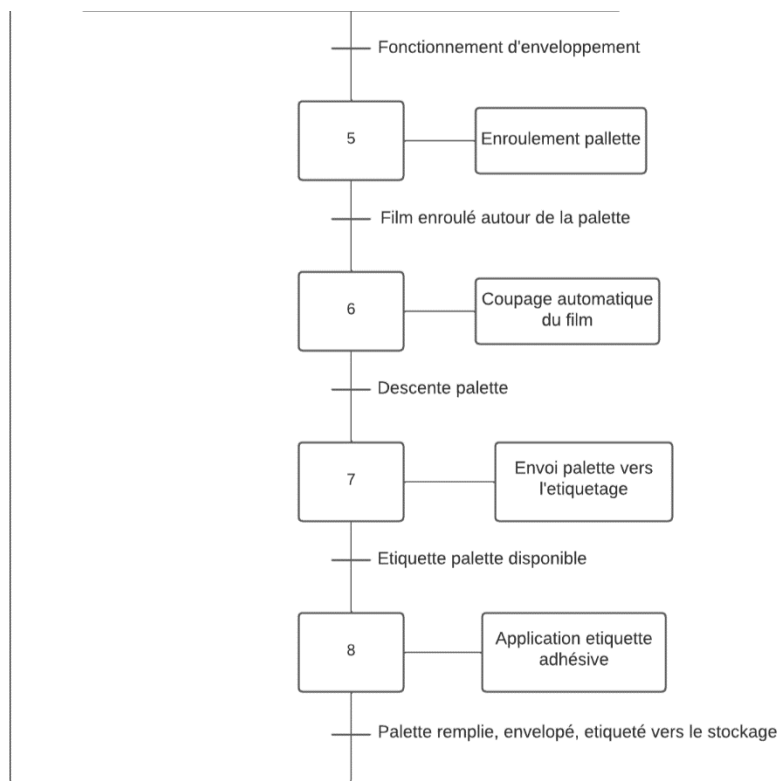
Capteurs	Actionneurs
Capteurs de position	Moteurs électriques
Capteurs de force	Servomoteurs
Capteurs de tension	Vérins pneumatiques
Capteurs de pression	Actionneurs hydrauliques
Capteurs optiques	Actionneurs électromagnétiques

Tableau III.7: Capteurs et actionneurs du banderoleuse.

#### III.3.2.7.b Grafcet du Banderoleuse

La figure suivante montre la modélisation par l'outil Grafcet du banderoleuse :





**Figure III.19 :** Grafcet de la machine Banderoleuse

## III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons modélisé la ligne de production à l'aide du GRAFCET. Nous avons élaboré les règles d'évolution ainsi que sa structure qui a permis de modéliser le fonctionnement de chaque machine.

Le modèle GRAFCET a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation, et nous permettra au chapitre suivant de faire la description d'un API et aborder la programmation de la ligne de la production à l'aide du Logiciel du Tia - Portal.

## IV.1 Introduction

L'automatisation industrielle est devenue une nécessité pour de nombreuses entreprises pour améliorer l'efficacité et la productivité de leurs processus de fabrication. Les systèmes automatisés, tels que les automates programmables industriels (API), sont devenus des outils essentiels pour les industries manufacturières modernes.

Dans ce chapitre, nous décrirons les différentes étapes de la conception et de la mise en œuvre d'un système automatisé, notamment les API. Nous allons réaliser également un programme d'automatisation d'une des en utilisant le langage de programmation CONT (LADDER) le logiciel TIA-Portal.

## IV.2 Systèmes automatisés

Un système automatisé est un ensemble de composants interconnectés et contrôlés par un programme informatique qui permet de contrôler et d'optimiser un processus sans intervention humaine directe.[26]

### IV.2.1 Objectifs

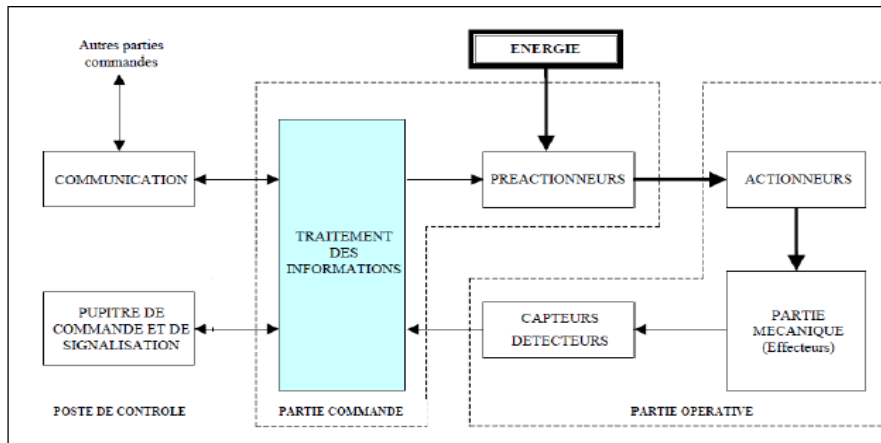
L'objectif d'un système automatisé est d'améliorer la qualité, la vitesse et l'efficacité d'un processus. Les avantages d'un système automatisé incluent :

- Grande précision.
- Réduction des erreurs humaines.
- Augmentation de la sécurité.
- Réduction des coûts de main-d'œuvre et amélioration de la qualité des produits ou services.[25]

### IV.2.2 Structure d'un système automatisés

Le système automatisé est généralement divisé en deux parties principales : partie commande et partie opérative.

La communication entre les deux parties (Figure IV.1) se fait généralement par l'intermédiaire d'une interface qui est constituée par l'ensemble des capteurs et pré-actionneurs.



**Figure IV.1** : Structure d'un système automatisé [26]

#### IV.2.2.a Partie commande

La partie commande est responsable de la gestion et du contrôle du processus automatisé. [25]

#### IV.2.2.b Partie opérative

La partie opérative est chargée de la réalisation physique du processus automatisé. [25]

### IV.3 Automate programmable industriel

Un automate programmable industriel (API) est un ordinateur spécialisé utilisé pour contrôler des processus industriels automatisés. Il est conçu pour surveiller les entrées et les sorties numériques et analogiques, et pour réagir en fonction d'un programme prédéfini. [25]

#### IV.3.1 Description de la gamme S7

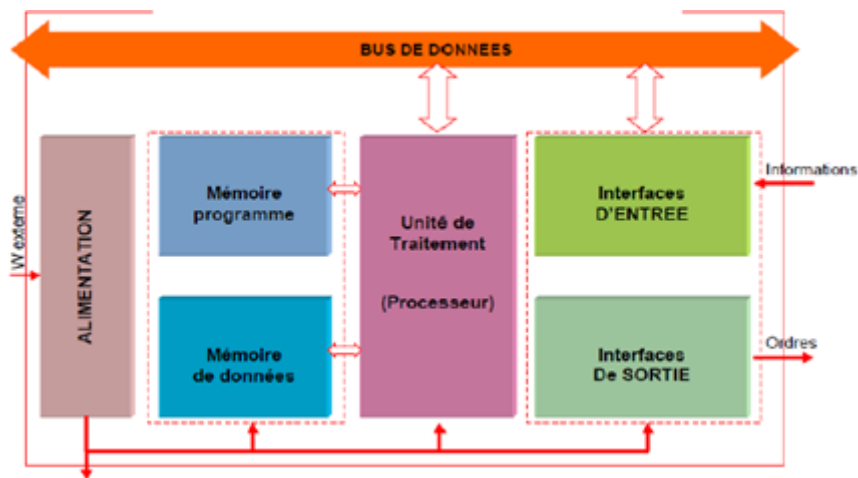
La gamme S7 est une famille d'automates programmables industriels de la marque Siemens. Elle est largement utilisée dans l'industrie pour contrôler des processus automatisés. Elle est composée de plusieurs modèles différents, chacun avec des capacités et des fonctionnalités différentes. [26]

#### IV.3.2 Structure d'un API S7-300

L'API S7-300 comporte quatre principales parties :

- Une unité de traitement.
- Une mémoire.
- Des modules d'entrées.

- Des interfaces sorties.
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz.



**Figure IV.2 :** Structure d'un API S7-300

#### IV.3.2.a Unité centrale

Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performance, on compte les versions suivantes :

- CPU à utilisation standard : CPU 313, CPU 314...
- CPU avec fonctions intégrées : CPU 312 IFM et CPU 314 IFM.

#### IV.3.2.b Module de coupleur

Les coupleurs permettent de configurer le S7-300 sur plusieurs rangées et assurent la liaison entre les châssis et le couplage entre les différentes unités.

#### IV.3.2.c Module de fonction

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes en calcul.

#### IV.3.2.d Module de signaux

Les modules de signaux servent d'interface entre le processus et l'automate. Il existe des modules d'entrées, modules de sorties tout ou rien ainsi que des modules d'entrées et modules de sorties analogiques.

#### IV.3.2.e Module de simulation

Ce module spécial, offre à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service et en cours de fonctionnement.

### **IV.3.2.f Châssis**

Ils sont utilisés pour le montage et le raccordement électrique des différents modules.

### **IV.3.2.g Module d'alimentation**

Le module d'alimentation convertit la tension secteur **220/380V AC** en **24V DC** nécessaire pour l'alimentation de l'automate. Pour contrôler cette tension, une **LED** qui s'allume en indiquant le bon fonctionnement et en cas de surcharge un témoin se met à clignoter [26]

### **IV.3.3 Critères de choix d'un API S7-300**

Pour permettre d'avoir un API qu'on veut disposer, les critères sont : [25]

- Nombre d'entrées/sorties ainsi que leur nature.
- Type de programmation.
- Nature de traitement.
- Langage de programmation.
- Communication avec d'autres systèmes.
- Fiabilité et robustesse.

## **IV.4 Logiciel TIA-Portal**

Le logiciel TIA (Totally Integrated Automation) Portal est une suite logicielle de Siemens.

### **IV.4.1 Utilité**

Il est utilisé pour programmer, configurer et diagnostiquer les automates programmables industriels (**API**). Les tâches de base du logiciel TIA-Portal sont :

- Programmation.
- Configuration matérielle.
- Diagnostic.
- Simulation.
- Intégration.



## IV.4.2 Langage de programmation

Les langages de programmation des automates programmables sont distingués en trois groupes, Il est toujours possible d'utiliser plusieurs langages au sein d'un même projet, fonctionnant sur un seul API.

- Langages Textuels : la liste d'instruction **IL** et texte structuré **ST**.
- Langages graphiques : langage Ladder **LD** et diagramme de blocs fonctionnels **FDB**.
- Langages séquentiels SFC : langage Grafcet.

## IV.5 Elaboration du programme de la chaîne de production

Dans cette partie nous allons élaborer la ligne de la production, pour cela nous allons utiliser le CPU 315-2 PN/DP pour chaque machine qui permettra de faciliter la connexion entre l'API et HMI, pour la programmation on va utiliser le langage Ladder.

La figure suivante montre la ligne de la production qui est constituée de 06 machines ainsi que leur supervision :

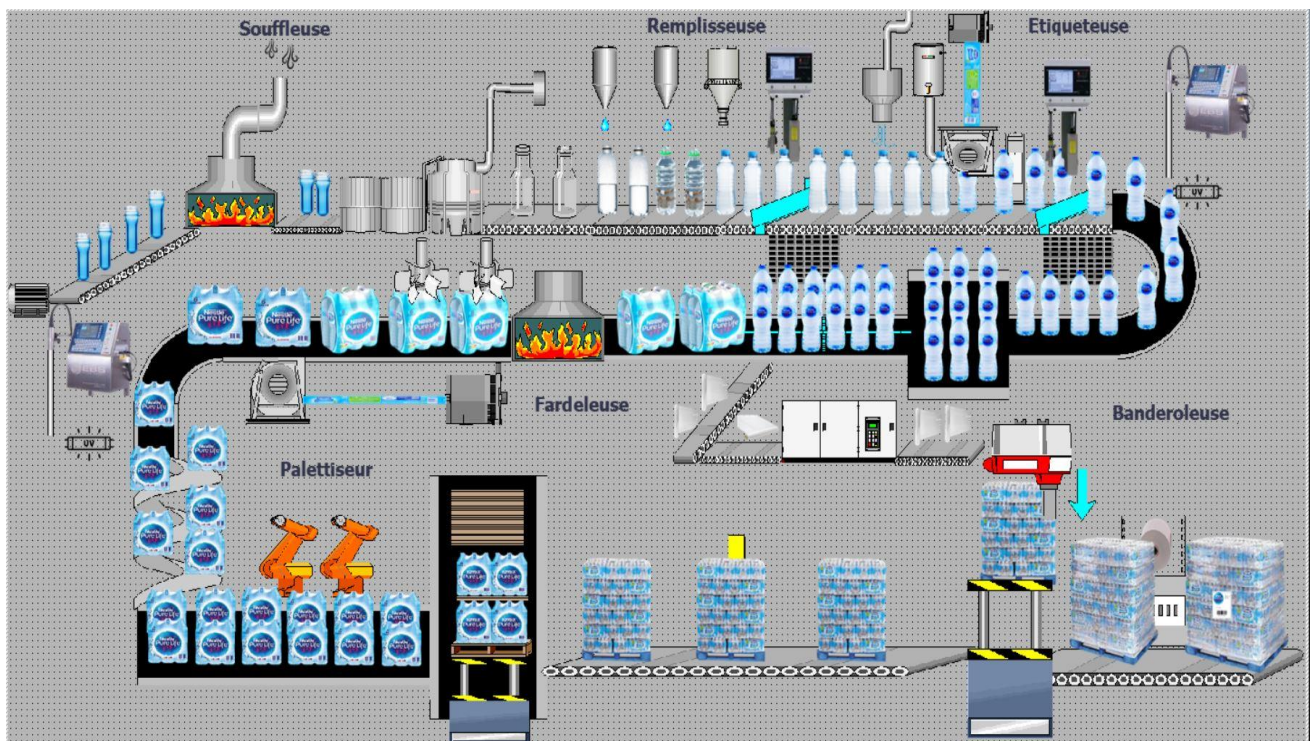


Figure IV.3 : Vue général de la ligne de la production

### IV.5.1 Souffleuse

On va prendre un exemple et démontrer d'une de ces 06 machines la partie programmation, la vue général et la simulation de cette machine.

#### IV.5.1.a Table mnémorique de la souffleuse

La table mnémorique permet de définir et d'attribuer des noms symboliques aux adresses mémoire des variables utilisées dans le programme de l'automate. Au lieu d'utiliser des adresses mémoire numériques pour accéder aux variables, on peut utiliser des noms significatifs et faciles à comprendre pour identifier les différentes variables. Voici le cas de la machine souffleuse :

1		Defaut Préforme	Bool	14		sequence 2	Bool
2		Defaut Preforme Chauffage	Bool	15		pas de préforme	Bool
3		Defaut Preforme Soufflage	Bool	16		reset1	Bool
4		Defaut Bouteilles Refroidisseme.	Bool	17		reset2	Bool
5		Defaut Bouteilles Evacuation	Bool	18		reset3	Bool
6		convoyeur	Bool	19		sequence 3	Bool
7		Préforme Dilaté	Bool	20		sequence 4	Bool
8		Préforme Soufflé	Bool	21		sequence 5	Bool
9		Bouteilles refroidis	Bool	22		reset4	Bool
10		Sortie Bouteilles	Bool	23		sequence 6	Bool
11		Table De Transfert	Bool	24		reset5	Bool
12		Preformes Disponible	Bool	25		sequence7	Bool
13		sequence 1	Bool				
14		sequence 2	Bool				

Figure IV.4 : Déclaration des variables.

#### IV.5.1.b Programme Principal

La partie programmation de la souffleuse est composée plusieurs réseaux pour faire fonctionner la souffleuse les PET sont essentielle pour le début du fonctionnement de la machine arrivé à partir de l'alimentateur de préforme.

La réinitialisation des certains groupes de la machine est une étape nécessaire pour éviter tout sort de défaut et assure le bon fonctionnement dans la prochaine départ cycle.

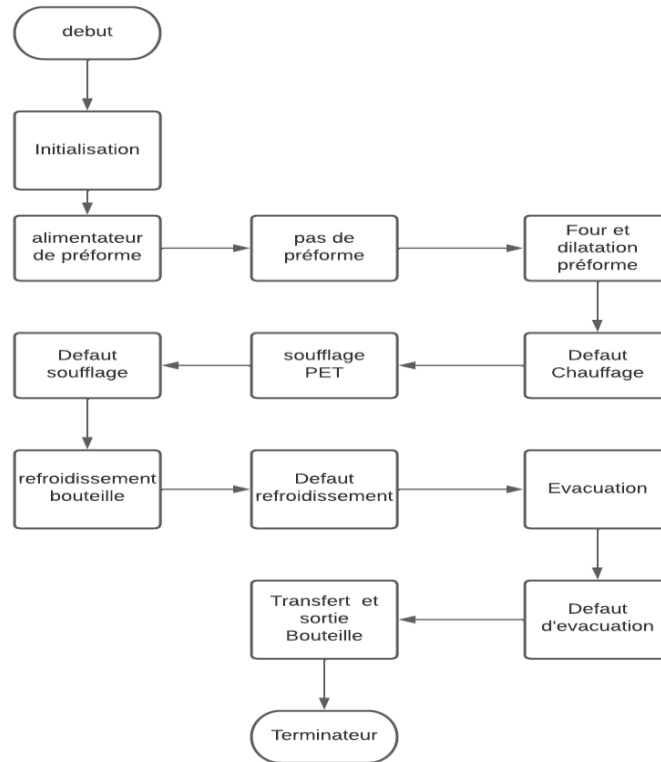


Figure IV.5 : Programme principal de la souffleuse.

### IV.5.1.c Passage PET au four

Le PET une fois arrivé à l’entrée de la machine, un contacteur normalement ouvert (convoyeur) permettra le passage de PET vers le four, qui ainsi va permettre de dilaté la préforme sur une période de 03 seconds.

Si il existe n’importe quel défaut sur la partie four, les préformes ne seront pas dilatés.

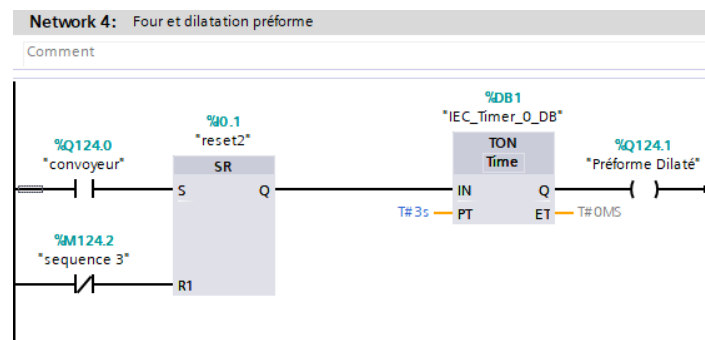


Figure IV.6 : Dilatation préforme à partir du Four.

### IV.5.1.d Soufflage PET

Une fois PET dilaté, ils seront transférés vers la roue du soufflage ou les PET vont rentrer dans des moules à l'intérieur de la roue. Ils seront soufflés sur une période de 03 seconds. Une fois que ces faits ils seront refroidis.

S'il existe n'importe quel défaut sur la partie soufflage, les préformes ne seront pas soufflés et il n'y aura pas de bouteille.

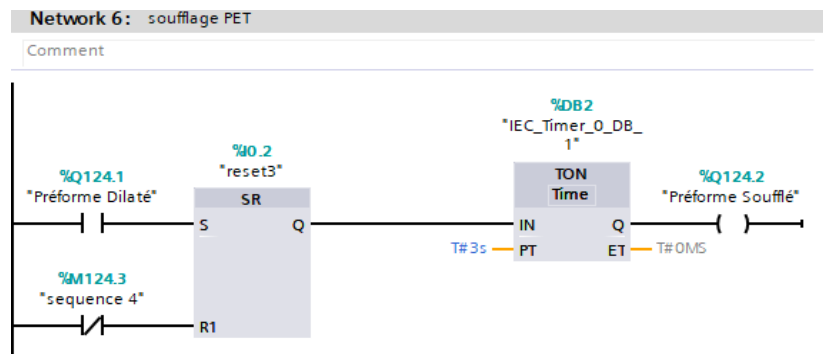


Figure IV.7 : Soufflage PET après leur dilatation.

### IV.5.1.e Evacuation

Une fois que les bouteilles ont été refroidis, les moules ouvriront leur coquilles pour permettre que les bouteilles sortiront et ils seront transféré vers la prochaine machine (remplisseuse).

S'il y'a un défaut partie refroidissement, ils seront considérés comme déchets et seront éjectés.

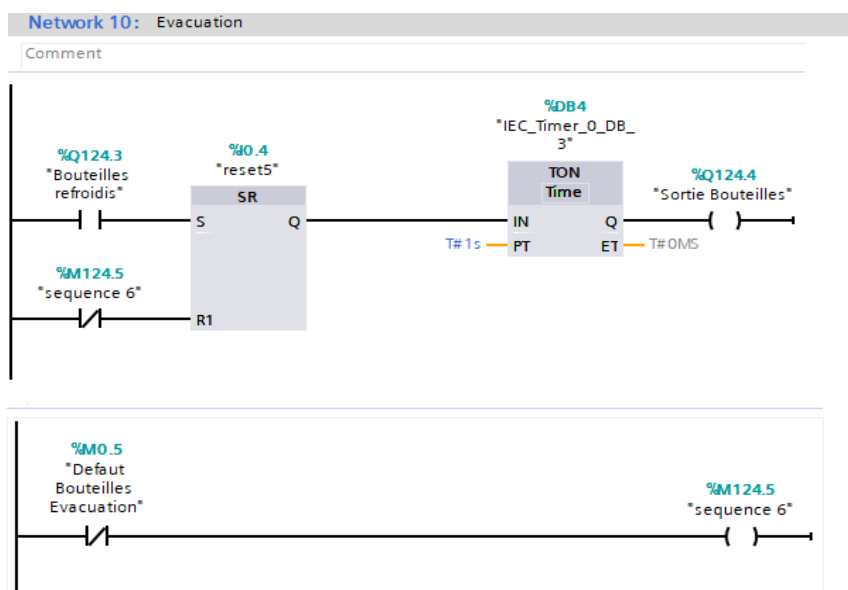


Figure IV.8 : Bouteille formé vide.

### IV.5.1.f Modèle générale de la souffleuse

Après avoir compilé, transféré le programme vers le CPU, avoir configuré les animations sur une image, lier la connexion entre l'API et IHM, vérifier que le programme fonctionne juste avec PLCSIM. Il suffit maintenant de lancer l'IHM pour voir la vue générale de la machine.

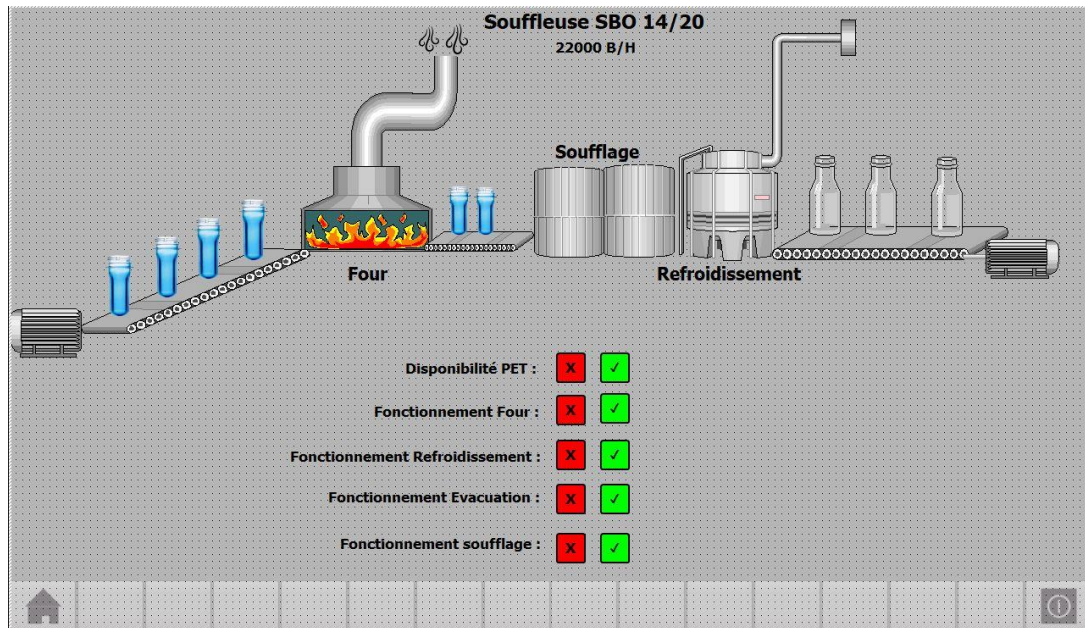


Figure IV.9 : Vue modèle général de la souffleuse.

Une fois API allumé, on suppose que la disponibilité des PET est bien présente et ainsi on obtiendra le fonctionnement complet de la machine.

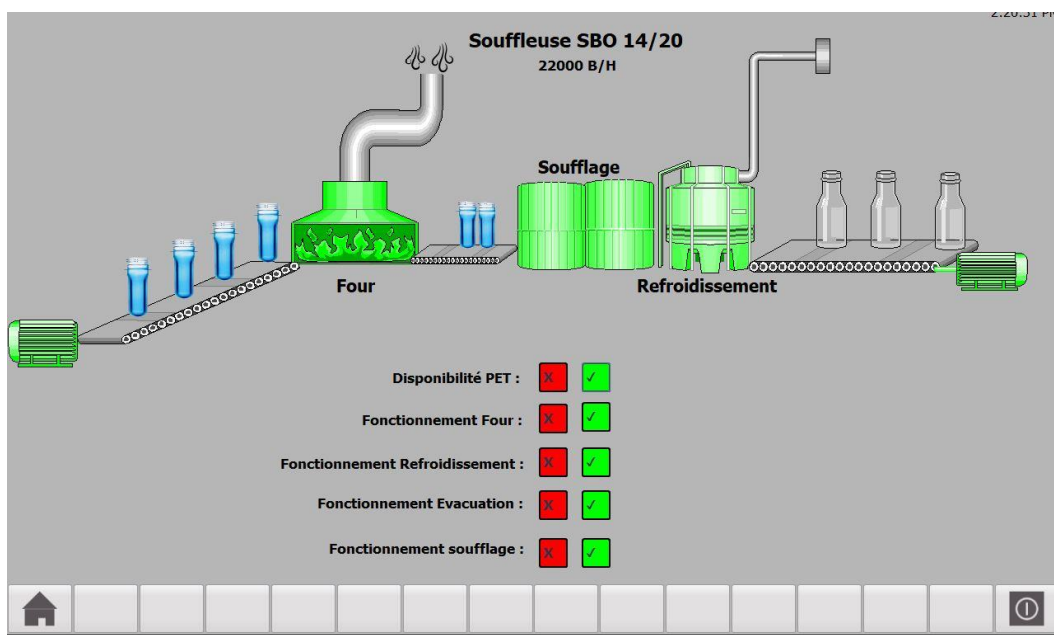


Figure IV.10 : Fonctionnement de la machine avec sortie des bouteilles.

On suppose qu'il existe un défaut sur la partie refroidissement pour vérifier que les bouteilles ne sont pas réalisées.

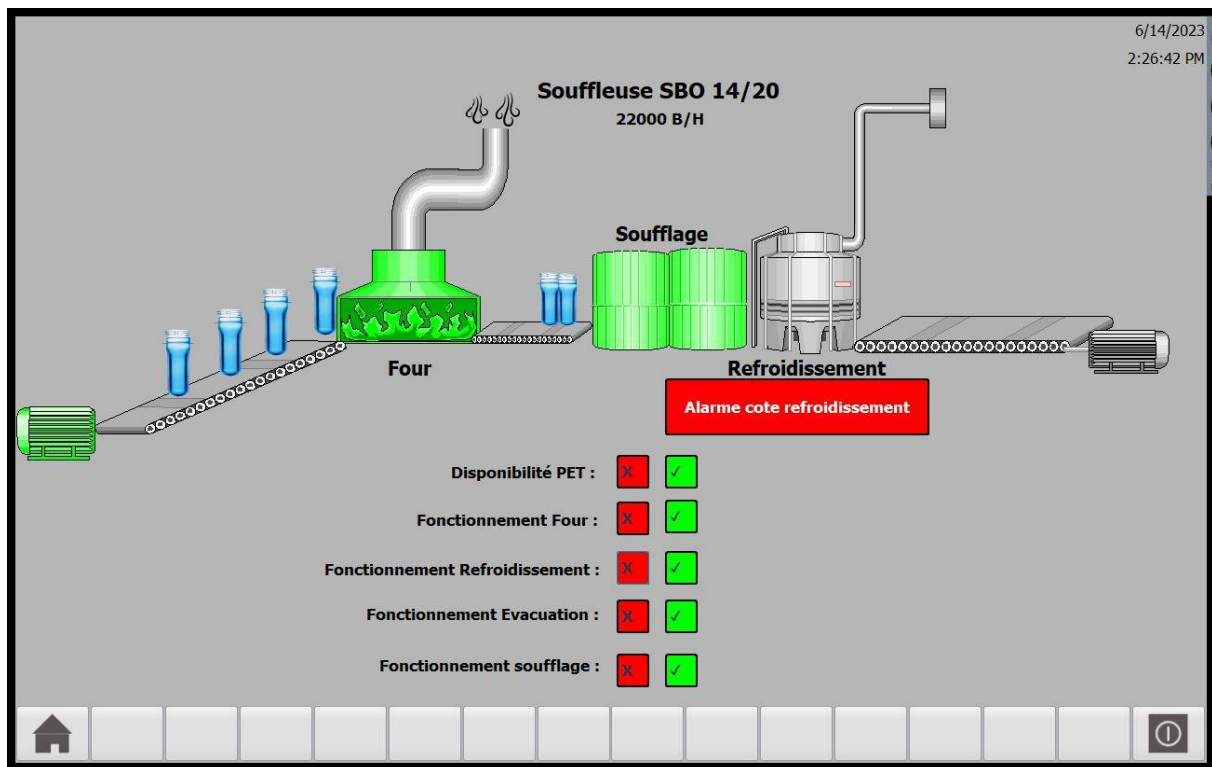


Figure IV.11 : Défaut partie refroidissement de la machine.

On remarque que les bouteilles ne sont pas disponibles indiquant la partie refroidissement ne fonctionne pas. Il suffit de choisir que le fonctionnement de cette partie est juste pour indiquer le problème est résolu et les bouteilles seront réalisés.

## IV.6 Conclusion

En ce chapitre, nous avons développé les diverses étapes de la programmation en prenant la machine souffleuse et de système de supervision sur le logiciel TIA Portal.

Les essais effectués sur le simulateur ont prouvé que le programme est fonctionnel. Nous pouvons conclure ainsi que la partie de l'automate est effectuée et que le système de supervision répond au programme de l'automate.

## Conclusion Générale

---

---

Ce projet de fin d'études s'est fait en grande partie dans l'unité d'eau minérale Nestlé waters dans le cadre d'une période de stage de trois mois.

Le but de notre travail consiste à faire l'étude et la simulation de la ligne de la production avec un système de supervision.

Grace a ça on a pu connaitre la technologie qui constitue cette ligne et comprendre son fonctionnement. J'ai débuté par lire la documentation technique de toutes les machines principales, ensuite, on a détecté les principaux composants nécessaires qui contiennent comme les capteurs et les actionneurs et l'automate utilisée, et à la fin on a réalisé la modélisation par GRAFCET et la simulation de programme avec un système de supervision pour représenter la ligne sur le logiciel TIA-Portal et S7 PLCSIM.

Ce projet nous a donné plusieurs opportunités de bien connaitre l'automatique et l'informatique industrielle, comme la possibilité de visualisation et validation du programme établie avant son implantation sur l'automate grâce à son logiciel de simulation des modules physiques. Ce stage a été bénéfique à plus d'un titre compte tenu des nombreux avantages qu'ils nous ont apporté comme :

- D'affronter le milieu professionnel.
- Se familiariser avec le milieu du travail.
- D'approfondir nos connaissances dans différents secteurs tels que le pneumatique et l'automatisation industrielle
- Maîtriser certains instruments et certains outils indispensables pour un automaticien tel que le GRAFCET, ainsi que la programmation.

Et pour finir on espère que ce modeste travail sera précieux et permet à contribuer d'une façon ou d'une autre à apporter un avantage à l'étudiant qui veut enrichir ses connaissances dans l'automatisation des systèmes.

## Bibliographies

---

---

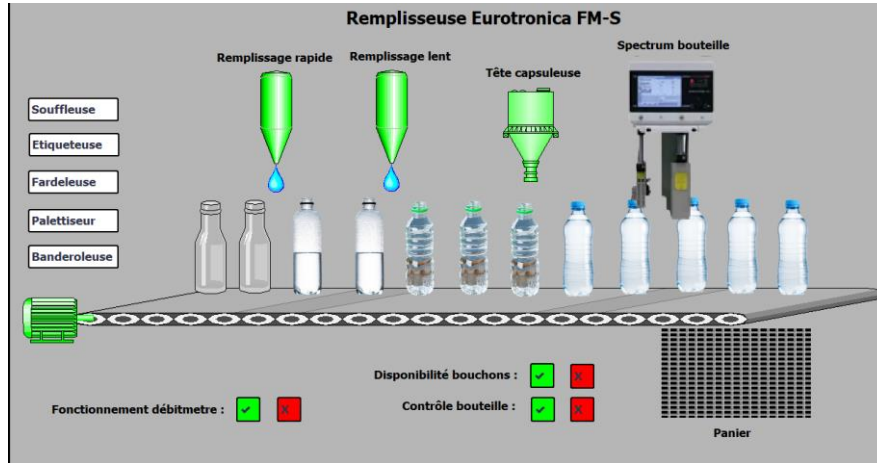
- [1] : A.Mekfouldji, « 300 emplois pour la SPA Taberkachent », article Nestlé-Sidi El Kebir, [www.elwatan.com](http://www.elwatan.com), Algérie ,21/05/2005,
- [2] : PDG Plastiques, Préforme PET : standards et sur mesure, <http://www.pdg-plastiques.com/preformes-pet> (Consulté le 06/04/2023).
- [3] : A. MEZIANI,M. OUALI, «Étude et Automatisation d'une Étiqueteuse P.E ROLL-LINE « 1.2.375 » Sous STEP 7 au sein de l'unité de Production d'eau minérale SIDI-RACHED », Mémoire de MASTER PROFESSIONNEL en Automatique et Informatique Industrielle, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, Algérie, 2017.
- [4] : SIDEL, Documentation technique originale « (Manuel Utilisateur), SBO14/20 », N°11470NESTLEWATERS, Algeria.
- [5] : SIDEL, UTILISATION ET ENTRETIEN : « EUROTRONICA FM-S »,Vol.1 instruction originale, Sidel S.p.A. 43126 PARMA – Italy Via La Spezia, 241/A.
- [6] : S.TOUZARI, K.SEBAOUI, «Étude et supervision de procédé de remplissage et capsulage des bouteilles d'eau à l'unité d'eau minérale LALLA KHEDIDJA», mémoire de Master Professionnel en Automatique et Informatique Industrielle, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2014.
- [7] : SIDEL, Documentation technique originale « (Manuel Utilisateur), Etiqueteuse ROLLquattro Evo SL70 », Algeria.
- [8] : SIDEL, Documentation technique originale « (Manuel Utilisateur), Fardeuse EvoFilm»,Algeria.
- [9]: SIDEL, Documentation technique originale « Gamme EVOFILM SEAMLESS SHRINK-WRAPPING»,Sidel S.p.A.
- [10] : SIDEL, Documentation technique originale « (Manuel Utilisateur), Palettiseur automatique a plateforme», N°0106NESTLEWATERS, Algeria.
- [11] : ROBOPAC, « SYSTEMS , Genesis Cube, Banderoleuse automatique a anneau tournant», Germany.
- [12] : EXCODE « Print & Apply EXCODE Pallet series, Industrial version for pallets» , MONTREAL - VANCOUVER – TORONTO.



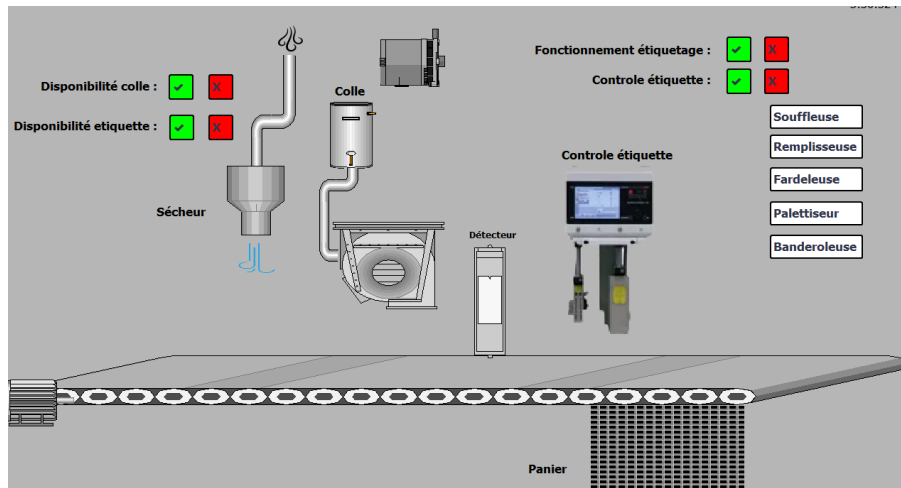
- [13] : BLANCHARD, Michel. Comprendre maîtriser et appliquer le Grafcet. Éditions Cépaduès, 2005.
- [14] : Ahmed Chahine, « Chapitre 07. Les capteurs de débit, niveau et d'humidité » Cours Licence, Univ BATNA 2 BENDJERAD.
- [15] : SICK Sensor Intelligence, Capteurs photoélectriques « La détection de haut vol », N°8022575, Germany, 2017.
- [16] : PILZ GMBH, Capteurs de sécurité PSEN, <https://www.pilz.com/fr-FR/products/sensor-technology> (Consulté le 07/05/2023).
- [17] : MicroSonic, Capteurs ultrasons, <https://www.microsonic.de/fr/support/capteurs-%C3%A0-ultrasons/principe.htm> (Consulté le 07/05/2023).
- [18] : M.L. FAS, « Les actionneurs hydrauliques & pneumatiques », Cours Licence, Automatique, Département d'électronique, USDB1, Algérie, 2019.
- [19] : François Paquery, Arduino Passion, « Le Servomoteur », <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-servomoteur> (Consulté le 11/05/2023).
- [20] : Schneider Electric, Cahier technique « Les moteurs électriques... pour mieux les piloter et les protéger », N°207, FRANCE, 2004.
- [21] : Patrick GATT, « Régulation Industrielle », BTS CIRA 1 – Lycée Rouvière, 2019.
- [22] : Packo, A VERDER Company, « Pompes industrielles », Pompes en acier inoxydable pour les industries générales, Belgique.
- [23] : AIRFLUX, Pompe à vide, <https://www.airflux.fr/produits/pompe-vide/> (Consulté le 20/05/2023).
- [24] : S.TOUZARI, K.SEBAOUI, «Étude et supervision de procédé de remplissage et capsulage des bouteilles d'eau à l'unité d'eau minérale LALLA KHEDIDJA», mémoire de Master Professionnel en Automatique et Informatique Industrielle, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2014.
- [25] : Alain GONZAGA, « LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTIRLES. »
- [26] : SIMATIC, Manuel de mise en œuvre, « Système d'automatisation S7-300 Installation et configuration : CPU 312 IFM – 318-2 DP », SIEMENS.

# Annexes

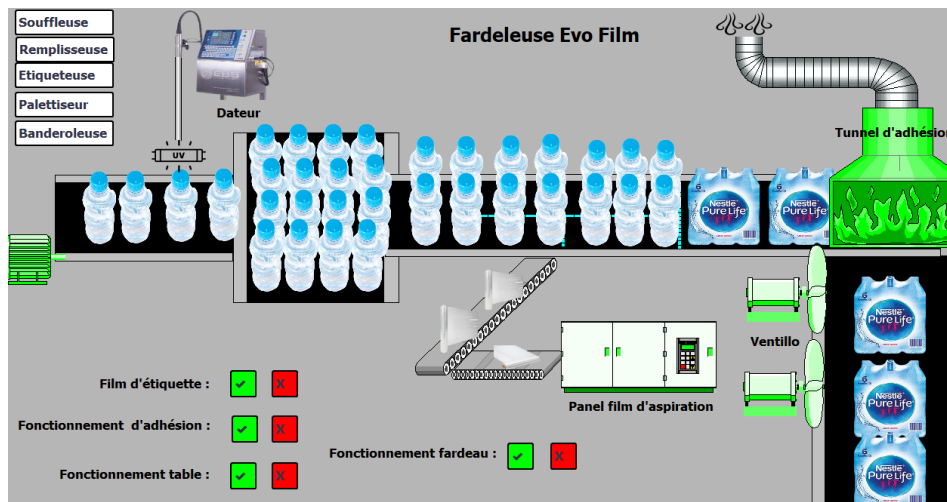
- Vue générale de la remplisseuse avec son fonctionnement :



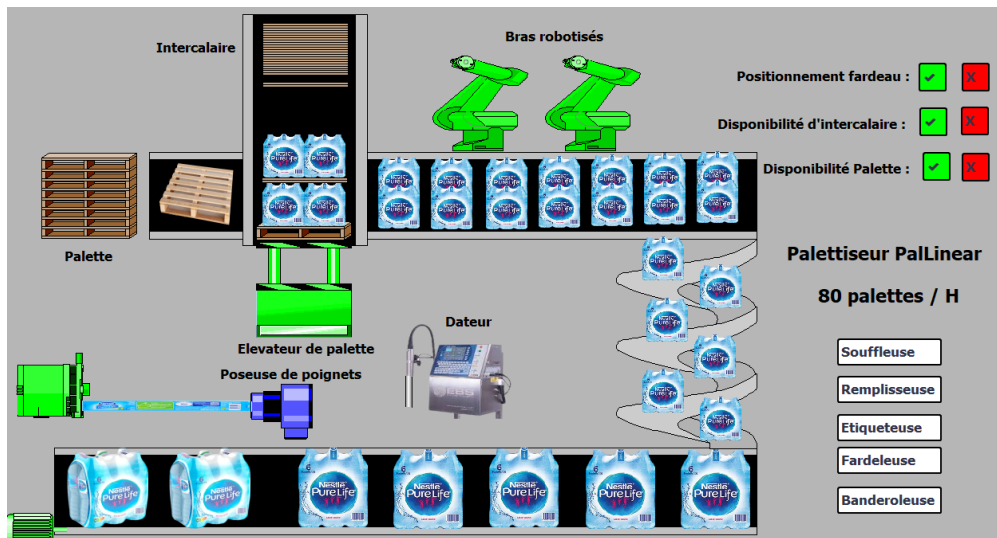
- Vue générale de l'étiqueteuse avec son fonctionnement :



- Vue générale de la fardeuseuse avec son fonctionnement :



- Vue générale du palettiseur avec son fonctionnement :



- Vue générale de la banderoleuse avec son fonctionnement :

