

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 البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الآلية والكهرباء
Département d'Automatique Et d'Électrotechnique



Mémoire de Master

Filière: Automatique

Spécialité: Automatique et système

Présenté par

MIDEGUE Roumaïssa

Étude et Simulation d'une Remplisseuse d'Eau Minérale

Proposé par: **Dr.CHENTIR Amina**
&
Mr.HACHI Abdelkader

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

Je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné courage, santé, souffle et patience pour accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma promotrice, **Madame CHENTIR**. Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Mes sincères remerciements vont à tous le personnel de **Nestlé waters** qui m'ont toujours accueillie avec beaucoup de gentillesse et de patiences particulier mon encadreur **Mr.HACHI** qui m'a guidée et soutenue au cours de ce stage.

Je souhaite également remercier tous les enseignants du département d'automatique et électrotechnique, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à mes formations et à la réussite de cette étude.

Mes 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 mes remerciements les plus chaleureux s'adressent à ma famille et surtout mes parents qui sont la source de cette réussite pour leur soutien moral et financier.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes parents. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect,
mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que
vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

A mes chères sœurs IMENE et SELMA,
à mes frères : MOHAMED et ABD ALBASSET.

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement,
L'amour et l'affection que je porte pour vous.

Merci pour tout ... pour votre amour, la confiance et l'énergie que vous m'aviez
donnée.

A mes chères amies et à tous les étudiants de ma promo.
Et à toute personne qui a contribué à la réalisation de ce travail.

ملخص:

في مذكرة التخرج هذه، درسنا تشغيل تعبئة المياه المعدنية SIDEL EUROTRONICA FM S داخل وحدة إنتاج مياه الينابيع مياه نستله. تحتوي هذه الآلة على 70 صمام تعبئة وتضمن معدلات تصل إلى 28000 زجاجة في الساعة. مهمتنا هي دراسة ومحاكاة آلة التعبئة EUROTRONICA FM S. للقيام بذلك، بدأنا بدراسة وظيفية للآلة بأكملها، ثم طورنا نموذجًا GRAFCET يصف تشغيل وضع الإنتاج ووضع CIP (التنظيف في المكان) لهذه الآلة. وفي النهاية، قمنا بمحاكاة برنامج سيتم تنفيذه في PLC S7-300 باستخدام برنامج step7..

الكلمات الرئيسية: EUROTRONICA FM S، Grafcet، PLC، برنامج step7، وضع CIP

Résumé:

Dans ce mémoire, nous avons étudié le fonctionnement d'une remplisseuse d'eau minérale EUROTRONICA FM-S de SIDEL au sein de l'unité de production d'eau de source Nestlé waters. Cette machine contient 70 vannes de remplissage et assure des cadences jusqu'à 28 000 bouteilles par heure. Notre travail consiste à étudier et simuler cette remplisseuse EUROTRONICA FM-S. Pour cela, nous avons commencé par une étude fonctionnelle de toute la machine, par la suite, nous avons élaboré un modèle GRAFCET décrivant le fonctionnement de mode production et mode CIP (Clean In Place) de cette machine.

Et à la fin, nous avons simulé un programme qui sera implanté dans l'automate S7-300 à l'aide du logiciel step7.

Mot clés : EUROTRONICA FM-S, GRAFCET, automate, logiciel step7, mode CIP

Abstract:

In this project, we examined the operation of the bottling of SIDEL EUROTRONICA FM S mineral water within a Nestlé Water spring water production unit. This machine has 70 filling valves and guarantees rates of up to 28,000 bottles per hour. Our task is to study and simulate the EUROTRONICA FM S packing machine. To do this, we started with a functional study of the whole machine, and then developed a GRAFCET model describing the operation of the production mode and the CIP (Clean In Place) mode of this machine.

Finally, we simulated a program that will be executed in a PLC S7-300 using a step7 program.: EUROTRONICA FM S, Grafcet, PLC, step7 software, CIP mode

Table des Matières

Remerciements

Résumés

Table des Matières

Liste des Figures&Tableaux

Liste des Abréviations

Introduction Générale 1

Chapitre I : Présentation de l'Entreprise Nestlé Waters

I.1	Introduction	3
I.2	Présentation de l'entreprise Nestlé waters.....	3
I.2.1	Activité de Nestlé waters	3
I.2.2	Position géographique	3
I.3	Procédé de mise en bouteille des eaux minérales.	4
I-4	Description des formats de bouteilles	5
I.5	Les divers éléments de la ligne de production.	5
I.6	Présentation de la chaine de production.....	6
I.6.1	Distributeur préforme	6
I.6.2	Souffleuse.....	7
I.6.3	Remplisseuse	8
I.6.4	Capsuleuse.....	8
I.6.6	Convoyeur bouteilles	9
I.6.7	Sécheur	10
I.6.8	Étiqueteuse	10
I.6.9	Dateuse	10
I.6.10	Fardeuse	10
I.6.11	Twin-Packs.....	10
I.6.12	Palettiseur	10
I.6.13	Housseuse.....	11
I.7	Conclusion.....	11

Chapitre II: Analyse Fonctionnelle de la Remplisseuse

II.1	Introduction.....	12
II.2	La Remplisseuse	12

II.2. 1 Présentation de la machine	12
II.2 .2 Phases de gestion de remplissage	12
II.2.3 Fiche technique de la machine	13
II.3 Les éléments principaux de remplisseuse	14
II.3.1 Les étoiles de transfert	14
II.3.2 Carrousel	14
II.3.3 Motorisation	17
II.3.4 Débitmètre	18
II.4 Les Capteurs	19
II.5 Les Actionneurs	20
II .5.1 Les vérins	20
II .5.2 Les moteurs	21
II .5.3 Les Vannes	21
II .5.4 Les Pompes	22
II.6 Les pré-actionneurs	22
II.7 Les Codeurs Rotatifs	23
II.7.1 Fonction d'un codeur de position rotatif:	23
II.7.2 Le Codeur incrémental (ou générateur d'impulsions):	24
II.8 Le variateur de vitesse (DANFOS)	25
II.8.1 Constitution et principe de fonctionnement	26
II.8.2 Installation électrique	26
II.8.3 Alimentation secteur	27
II.8.4 Alimentation du moteur	28
II.8.5 Configuration du variateur	28
II.9 Cycle de nettoyage (CIP)	28
II.9.1 Définition CIP	29
II.9.2 Les phases de CIP	29
II.10 Système de sécurité de la machine de remplisseuse	29
II.10.1 Boutons poussoirs d'arrêt d'urgence	30
II.10.2 Colonne lumineuse avec sirène	30
II.11 Conclusion	31

Chapitre III: Modélisation par l'outil GRAFCET

III.1 Introduction	32
III.2 Définition du GRAFCET	32
III.3 Les Concepts de base d'un GRAFCET	32
III.4 Niveau d'un GRAFCET	33
III.4.1 Grafcet de niveau 1 :.....	33
III.4.2 Grafcet de niveau 2 :.....	33
III.4.3 Mise en équation d'un grafcet :	34
III.5 Cahier de charge Remplisseuse	35
III.5.1. En mode production:	35
III.5.2. En mode CIP:	36
III.6. La Modélisation du procédé par l'outil GRAFCET	36
III.6.1 Grafcet niveau 1 remplisseuse:.....	37
a) En mode production :.....	37
b) En mode CIP :.....	38
III.6.2 Grafcet niveau 2 Remplisseuse	39
a) En mode production :.....	39
b) En mode CIP :.....	40
III.6.3 Abréviations utilisés dans notre GRAFCET :	41
III.6.4 Les équations d'activation et désactivation	42
a) En mode production :.....	42
b) En mode CIP :.....	42
III.6.5 La simulation.....	43
III.7 Conclusion	44

Chapitre IV: Description de l'API S7300 et Simulation par Step7

IV.1 Introduction	45
IV.2 Les Systèmes automatisés	45
IV.2.1 Généralité sur systèmes automatisés	45
IV.2.2 Objectifs de l'automatisation	45
IV.2.3 Structure d'un système automatisé.....	46
IV.3 Définition d'un automate programmable industriel (API) :.....	47

IV.3.1 Structure Interne	47
IV.3.2 Critères de choix d'un automate.....	49
IV.4 Présentation du S7-300.....	49
IV.5 Les Caractéristiques du S7-300.....	49
IV.6 Modularité du S7-300.....	50
IV.6.1 Module d'alimentation (PS):	50
IV.6.2 Unité centrale (CPU):	50
IV.6.3 Modules de signaux (SM):	51
IV.6.4 Module de fonction (FM) :	51
IV.6.5 Module de communication (CP):	51
IV.6.6 Modules de simulation:	51
IV.6.7 Châssis d'extension (UR):.....	52
IV.6.8 Module de coupleur (IM) :	52
IV.7 Brève présentation du logiciel Step 7.....	52
IV.7.1 Application du logiciel STEP7:.....	52
IV.8 Structure d'un programme Step 7 :	53
IV.8.1 Les blocs utilisateurs :	53
IV.9 Utilisation de STEP 7:.....	54
IV.9.1 Configuration matérielle:	54
IV.9.2 Création de la table mnémonique:.....	55
IV.9.3 Quelques Exemples du notre programme avec simulation :	56
IV.10 Conclusion.....	60
Conclusion Générale	61
Bibliographie	62

Liste des Figures
&
Tableaux

Figure I.1 : L'emplacement de l'entreprise Nestlé water-Blida	4
Figure I.2 : Les formats de bouteille de Nestlé waters	5
Figure I.3 : Emplacement des différentes machines de la chaîne	6
Figure I.4 : L'alimentateur préforme	7
Figure I.5 : La Souffleuse	7
Figure I.6 : La Remplisseuse.....	8
Figure I.7 : La Capsuleuse.....	9
Figure I.8 : Convoyeur Bouteilles.....	10
Figure I.9 : Les Robots De Palettiseur.....	11
Figure II.1 : Procédure De Remplissage.....	13
Figure II.2 : Le Chemin suivi par les vérins dans la machine.....	14
Figure II.3 : Le Carrousel De Remplissage	15
Figure II.4 : Collecteur Central Supérieur(1) Et Inferieur(2)	15
Figure II.5 : Pièces de la vanne de Remplissage.....	17
Figure II.6: Moteur électrique de remplisseuse.....	18
Figure II.7 : Le Débitmètre.....	18
Figure II.8 : Capteur de vitesse d'horloge	19
Figure II.9 : Capteur de présence bouteille	19
Figure II.10 : Capteur de relevé de la position des vannes.....	19
Figure II.11 : Vanne modulante.	21
Figure II.12 : Codeur Rotatif.....	23
Figure II.13 : Principe de fonctionnement de codeur incrémental.....	24
Figure. II.14. : Sélection de sens de rotation.....	24
Figure II.15 : Variateur de vitesse.....	25
Figure II.16 : Schéma de principe du variateur.....	25
Figure II.17 : Schéma de câblages du variateur.....	26
Figure II.18 : Alimentation du variateur.	26
Figure II.19 : Raccordement en étoile et triangle.	27
Figure II.20 : Panneau de commande.....	27
Figure II.21 : Boutons poussoirs d'arrêt d'urgence.....	29
Figure II.22 : La colonne lumineuse avec sirène.	30
Figure III.1 : Symbolisation d'un GRAFCET.....	32
Figure III.2 : Les niveaux de GRAFCET.	33
Figure III.3 : Exemple de grafcet	34

Figure III.4 : L'écran de contrôle de la machine	36
Figure III.5 : Simulation de grafcet	44
Figure IV.1 : Structure d'un système automatisé	46
Figure IV.2 : Structure interne d'un API.	48
Figure IV.3 : Les différents modules du S7-300	50
Figure IV.4. : Configuration matérielle.....	55
Figure. IV.6 : Table des mnémoniques.....	56
Figure. IV.11 : La fonction FC1 et FC2 (appel dans OB1).....	57
Figure. IV.7 : Le démarrage automatique de cycle de production	58
Figure. IV.8 : Le cycle en cours d'exécution.....	58
Figure. IV.9 : Démarrage de cycle CIP	59
Figure. IV.10 : Le cycle CIP en cours d'exécution.....	59
Figure. IV.11 : Simulation de FC1 par S7- PLCSIM.....	60
Figure. IV.12 : Simulation de cycle de production commencé	60
 Tableau III.1 : Les abréviations du Grafcet	 41

Liste des Abréviations

A.P.I : Automate Programmable Industriel

CAN: Controlled Area Network.

CANn: Condition d'Activation de L'étape « n »

CDXn: Condition de Désactivation de l'étape « n »

CIP: Clean In Place

CO2: Le dioxyde de Carbone

FC: Fonction

NEP: Nettoyage En Place.

PET : Polyéthylène Téréphtalate

PLC : Programmable Logique Controller

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

TOR : Tout Ou Rien

Xi: Étape Xi du GRAFCET

Introduction Générale

De nos jours, l'automatisation est l'une des sciences de l'ingénierie les plus avancées. Son but principal est d'assurer un certain degré d'autonomie aux systèmes qui leur permettent de prendre les décisions appropriées aux divers stades de leur développement.

La mise au point massive de techniques d'automatisation a permis la transition des machines automatisées aux systèmes de production automatisés, qui gèrent l'approvisionnement énergétique et qui rendent possible d'avoir une meilleure qualité des produits en plus de la sécurité et de la flexibilité des processus, mais cela entraîne un accroissement des exigences, notamment la manipulation d'un nombre important de variables et la gestion des flux de communication réels.

Lors de ces dernières années, l'utilisation des automates programmables industrielle (API) s'est généralisée dans presque toutes les installations industrielles notamment celles de l'agroalimentaire

Nestlé Waters Algérie est une filiale du groupe suisse Nestlé (division eau), qui regroupe ses activités dans les eaux en bouteille. et 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'assister à l'étude et la simulation de procédé de remplissage de ces bouteilles, 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 un chapitre :

- * Le premier chapitre est dédié à la présentation de l'entreprise Nestlé waters et sa ligne de production
- * Le second chapitre traitera sur l'analyse fonctionnelle de la remplisseuse et les instrumentations utilisées dans leur fabrication

- * Le troisième chapitre portera sur la modélisation par l'outil GRAFCET dans les deux modes choisis, soient le mode production et le mode CIP.
- * Le quatrième et dernier chapitre sera consacré à donner une description de l'API S7300 et faire une simulation par step7.
- * Une conclusion générale viendra clôturer notre mémoire.

***Chapitre I : Présentation de
l'Entreprise « Nestlé Waters »***

I.1 Introduction

Autrefois, l'embouteillage des liquides, naturels ou non, se faisait manuellement. Les conséquences de ces opérations peuvent être techniques ou hygiéniques et ne sont pas toujours souhaitables. En d'autres termes, les procédures de manipulation peuvent accidentellement contaminer le contenu et donner lieu à un contenu incohérent du produit fini. Ces pratiques étant limitées, toutes les procédures de congestion sont affinées, ce qui nous ramène à notre rapport de recherche. Nous avons choisi l'entreprise Nestlé Waters parce qu'elle est leader sur le marché mondial de l'agro-industrie en termes de technologie et de performance des équipements

I.2 Présentation de l'entreprise « Nestlé waters »

Nestlé Waters est une filiale du groupe suisse Nestlé, qui regroupe ses activités dans les eaux en bouteille.

I.2.1 Activité de Nestlé waters

La société d'eau de source « Nestlé Vie Pure » « TABERKACHENT », commercialisée par la société Nestlé waters-Algérie, est l'une des sociétés qui a investi dans les dernières innovations technologiques depuis sa remise en service afin de s'assurer une présence sur le marché commercial national. L'unité régule la source d'eau dans les bouteilles en plastique qui sont à l'origine des préformes (PET), qui sont transformées en bouteilles par étapes.

I.2.2 Position géographique

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 qu'il nécessite une disponibilité d'une source d'eau minérale qui devrait être la plus proche que possible de l'usine pour une question d'économisassions du cout et transport.

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

L'unité de production Nestlé waters Algérie se situe géographiquement dans la commune deBlidaetplus précisément dans la localité de SIDI ELKEBIR à 450 m d'altitude (Figure I.1).



Figure I.1 : L'emplacement de l'entreprise Nestlé water-Blida [1]

Nestlé Waters Algérie et le groupe Sidi El Kebir des boissons naturelles se sont associés en mai 2005 pour créer la SPA Source Taberkachent avec 51% des actions détenues par la filiale étrangère.[2]

I.3 Procédé de mise en bouteille des eaux minérales.

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 remplitseuses pour être remplies, après le remplissage, la bouteille est capsulée ou bouchonnée. Les bouteilles pleines et bouchées sont acheminées sur un convoyeur mécanique jusqu'à une autre machine, qui a comme fonction de voir les lacunes des bouteilles par une cellule de niveau bas dans la trémie, Alors jette la bouteille automatiquement.

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, et Comme tout produit consommable, après passer eu dateuse pour mettre la date et l'heure à la sortie des bouteilles qui sont marqués au laser .

Puis, la fardeuse regroupe les bouteilles en lots, six bouteilles généralement et sont entourés d'un film en plastique qui est ensuite thermo-rétracté puis passez à twin-pack pour l'application des poignées autoadhésives sur les fardeaux. Et finalement, les fardeaux sont alors regroupés en palettes et placée une feuille de carton intercalaire entre chaque couche et le houssage des palettes se fait à partir de gaines plastiques thermo-tractionnables.

I-4 Description des formats de bouteilles

La chaîne d'embouteillage est conçue pour le remplissage des bouteilles de 5 litres, 1,5 litre et 0,5.litre (Figure I.2). Source d'énergie unique pour produire toutes sortes de formats de bouteilles, d'où l'avantage de cette innovation qui n'a rien à voir avec les chaînes précédentes.



Figure I.2 : Les formats de bouteille de Nestlé waters

I.5 Les divers éléments de la ligne de production

La ligne de production est constituée de (Figure I.3) :

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1-alimentateur de préforme | 7- convoyeur |
| 2-four | 8-étiqueteuse |
| 3-souffleuse | 9-dateur |
| 4- remplisseuse | 10-fardeleuse |
| 5-alimentateur de bouchons | 11-poseuse de poignet |
| 6-bouchonneuse | 12-banderoleuse |

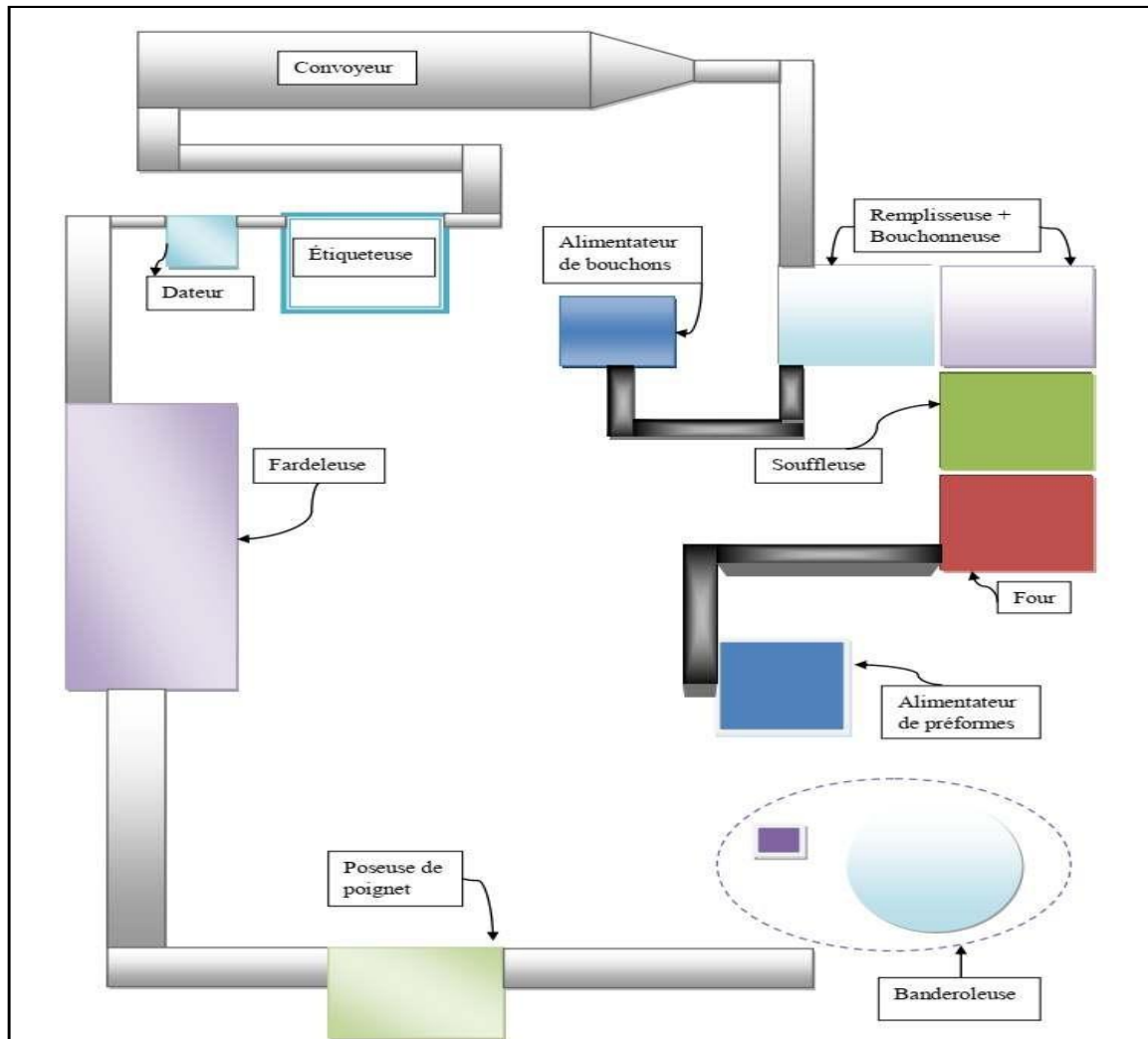


Figure I.3 : Emplacement des différentes machines de la chaîne [3].

I.6 Présentation de la chaîne de production

Nous allons maintenant présenter les différents éléments qu'on rencontre dans cette chaîne de production.

I.6.1 Distributeur préforme

L'alimentation préforme (Figure I.4) alimente en continu la souffleuse en préforme 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 convoyées par la rail d'alimentation vers le poste de soufflage [4].

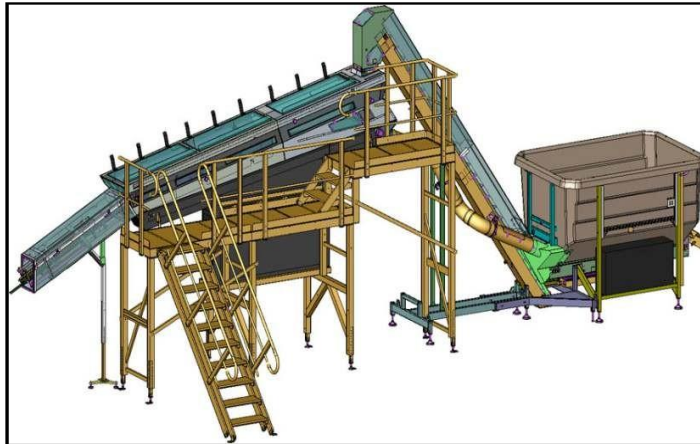


Figure I.4 L'alimentateur préforme [4]

I.6.2 Souffleuse

La souffleuse (Figure I.5) est destinée à fabriquer les bouteilles à partir des préformes(PET) qui passent dans un four pour les chauffer de manière contrôlée. Une fois la température répartie, les préformes passent au poste de soufflage (SBO14/20) où elles vont subir les trois actions, à savoir : étirage, pré soufflage et soufflage afin de prendre la forme du moule. Ensuite elles passent au poste de refroidissement pour être prêtes au remplissage [4].



Figure I.5 : La souffleuse [4]

I.6.3 Remplisseuse

Une fois la bouteille sortie de la souffleuse, elle passe au poste de remplissage (Figure I.6) où elle va être remplie en 1.5L (grande format) ou 0.5L (petit format), puis elle passe au poste de capsulage ou bien bouchonnage. [4]



Figure I.6 : La Remplisseuse.[5]

I.6.4 Capsuleuse

La tour de bouchage comprend une série de têtes bouchouses disposées en carrousel, et est équipée d'un dispositif "pick and place" (étoile de distribution des capsules) (Figure I.7).

Le bouchon est transféré vers le dispositif "Pick and place" uniquement quand une bouteille à boucher est présente.

Les têtes de vissage (1) ont deux mouvements : un mouvement de rotation sur elles-mêmes à vitesse angulaire variable et un mouvement de translation axiale commandé par une came.

La combinaison de ces mouvements pendant la rotation de la capsuleuse permet aux têtes de vissage d'effectuer dans l'ordre les opérations suivantes : prélèvement des capsules à partir du système de distribution, positionnement de celles-ci sur la bouteille, vissage, serrage et dégagement de la bouteille [6].



Figure I.7 : La capsuleuse

I.6.6 Convoyeur bouteilles

Toutes les machines sont interconnectées par des convoyeurs en acier inoxydable (Figure I.8). Tout cela doit être piloté automatiquement en tenant compte des besoins des machines en aval pour réguler leur débit, ainsi que des éventuels événements véhiculant des informations en amont de la fardeleuse afin d'informer les machines automatiques qui contrôlent la synchronisation de la production doublée.[4]



Figure I.8 : Convoyeur Bouteilles

I.6.7 Sécheur

Utilisé pour sécher l'extérieur de la bouteille lors du remplissage des boissons et de leur bouchage. Après bouchage et inspection, les bouteilles doivent être séchées dans notre séchoir avant l'étiquetage des manchons. Le cyclone génère un vent de pression, qui devient un rideau d'air à grande vitesse à travers la pale de vent, puis le vent souffle la bouteille de haut en bas jusqu'à ce qu'elle soit sèche. Par conséquent, les étiquettes sont plus pratiques. De cette façon, la machine résout le problème de l'eau dans la bouteille et confirme que la bouteille est sèche avant l'étiquetage.

I.6.8 Étiqueteuse

Elle contient un carrousel pour fixer la bouteille et tourne et l'étiquetage se fait par colle à chaud qui donne une meilleure présentation et d'assurer une plus grande fiabilité dans le système d'étiquetage. Sa cadence devra être légèrement supérieure à celle du groupe de remplissage [4].

I.6.9 Dateuse

Quand la bouteille est sortie d'étiqueteuse passe par un convoyeur pour mettre la date et l'heure avec laser.

I.6.10 Fardeleuse

La machine d'emballage regroupe les flacons en lots, habituellement six flacons arrivent sur le convoyeur d'alimentation de la fardeleuse, lorsque le produit se retrouve sur le convoyeur du tunnel, la mâchoire de soudure soude le film puis le fardeau entré dans le tunnel de rétraction. Dans la sortie elle passe à au ventilateur pour refroidir le produit.

I.6.11 Twin-Packs

Machine automatique elle a deux lignes pour la pose de poignées autocollantes sur les chargements [4].

I.6.12 Palettiseur

Les fardeaux sont ensuite groupés en palettes, une feuille de carton intercalaire est placée entre chacune des couches composant la palette (Figure I.9) [4].



Figure I.9 : Les Robots de Palettiseur

I.6.13 Housseuse

L'opérateur met le rouleau du film à la machine. Cette housse est d'abord plissée puis étirée de haut en bas sur la charge. Les propriétés élastiques du film assurent ainsi un maintien optimal du produit.

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une vue d'ensemble des aspects suivants: une présentation de l'entreprise "Nestlé waters" et leur procédé de mise en bouteilles des eaux minérales.

Après, on est passé à la présentation de la chaîne de production. Dans le prochain chapitre, nous allons présenter l'étude fonctionnelle de la remplisseuse.

Chapitre II :
Analyse Fonctionnelle de
la Remplisseuse

II.1 Introduction

La remplisseuse est un modèle automatique comprenant un nombre variable de becs, placés en ligne, au-dessus d'un transporteur à chaîne à palettes charnières appelé convoyeur.

Les bouteilles sont automatiquement amenées par le transporteur sous les buses de remplissage. Chaque machine est produite par Sidel S.p.A, PARME (ITALIE) et incorpore les critères technologiques les plus avancés pour le remplissage et le bouchage.

Dans ce chapitre, nous présenterons le principe de remplissage et les différents composants de la machine et son dispositif protecteur.

II.2 La Remplisseuse

Cette machine a été conçue pour le remplissage sous contrôle volumétrique d'eau dans des bouteilles.

II.2.1 Présentation de la machine

Les bouteilles vides provenant de la soufflante sont transportées jusqu'à l'étoile d'entrée de la remplisseuse, qui les positionne sur les fourches des vannes de remplissage. Les opérations de remplissages commencent. La bouteille pleine se trouve maintenant sur la capsulerie et alignée aux têtes de bouchage. Après le bouchage la bouteille est portée, à l'aide d'un guide, à l'étoile et de là sur la bande de sortie[5].

II.2.2 Phases de gestion de remplissage

Le cycle de remplissage est effectué en phases successives à partir de l'entrée des bouteilles vides dans le carrousel de remplissage, jusqu'à la sortie des bouteilles pleines du carrousel même et est partagé en différents secteurs ou phases de travail [5].

La procédure de remplissage (Figure II.1) est réalisée comme suit :

a) Entrée remplisseuse et positionnement bouteille

La bouteille à remplir est positionnée par l'étoile d'entrée directement sur la fourche(1) [5].

b) Remplissage rapide

Le PLC (Programmable Logic Controller) envoie le signal au débitmètre (2) qui à son tour envoie une impulsion à l'électrovanne positionnée sur la vanne de remplissage, de façon à pressuriser la chambre inférieure (3), en soulevant ainsi le piston interne (4) et par conséquent aussi l'obturateur. Le remplissage de la bouteille commence [5].

c) Remplissage lent

Le débitmètre (2) envoie une deuxième impulsion à une deuxième électrovanne. Celle-ci assure la mise en pression de la chambre supérieure (5) en baissant ainsi le piston interne (6). 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 [5].

d) Fermeture et transfert de la bouteille

Dans cette dernière phase le débitmètre (2) 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[5].

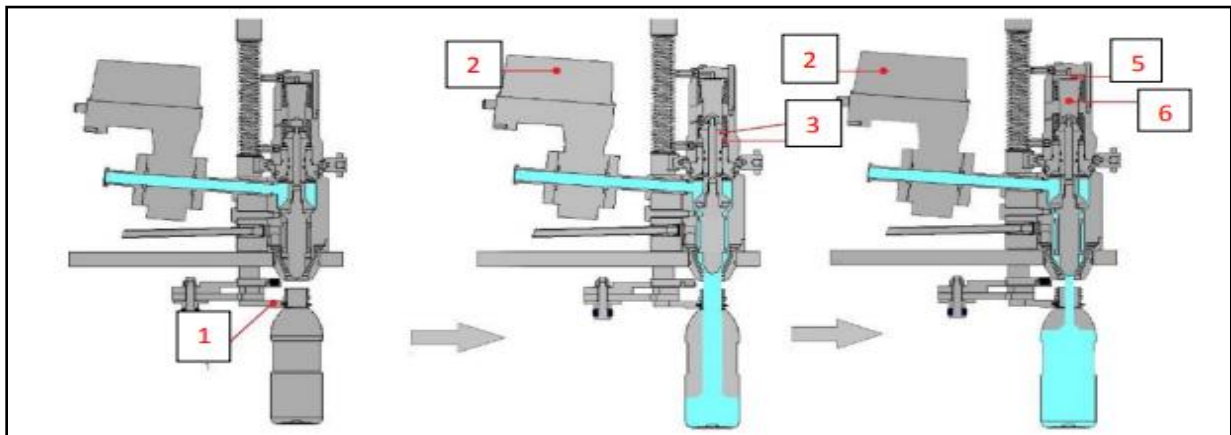


Figure II.1 Procédure de remplissage[5]

II.2.3 Fiche technique de la machine

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

Type : EUROTRONICA FM-S

Année de construction : 2011

Nombre de vannes de remplissage : 70

Pas : 113 mm

Rotation : anti-horaire

Produit : eau plate

Production nominale : 28000 bout./heure

Bouteilles format de base : 1,5 l.

Bouteilles compatibles : 0,5 l.

Contrôle de la pression du réservoir obtenu avec : CO₂, air stérile.

BOUTEILLES À TRAITER

Matériel : PET

Dimensions bouteille:

- Diamètre corps mini 64 mm – maxi 88.3 mm
- Hauteur mini 214.1 mm – maxi 318.2 mm

II.3 Les éléments principaux de remplisseuse

Nous allons maintenant décrire les principaux éléments qui composent notre remplisseuse :

II.3.1 Les étoiles de transfert

Les bouteilles sont déplacées à l'aide d'étoiles de transfert et de guides (Figure II.2).

La machine se compose principalement des composants suivants :

- 1– Étoile d'entrée bouteilles.
- 2– Carrousel de remplissage.
- 3– Boucheuse [5].

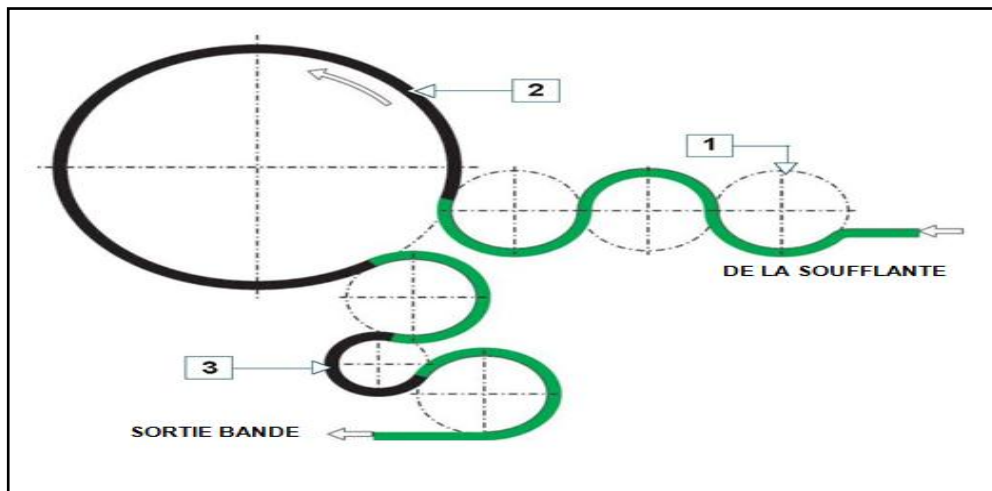


Figure II.2 : Le chemin suivi par les vérins dans la machine.[5]

II.3.2 Carrousel

Le carrousel de remplissage (Figure II.3) est le composant principal de toute la machine, la construction mécanique se compose de deux parties fondamentales:

- 1- **Structure tournante** : Elle soutient le réservoir, les vannes de remplissage et les relatives tuyauteries.
- 2- **Structure fixe** : Elle 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 [5].

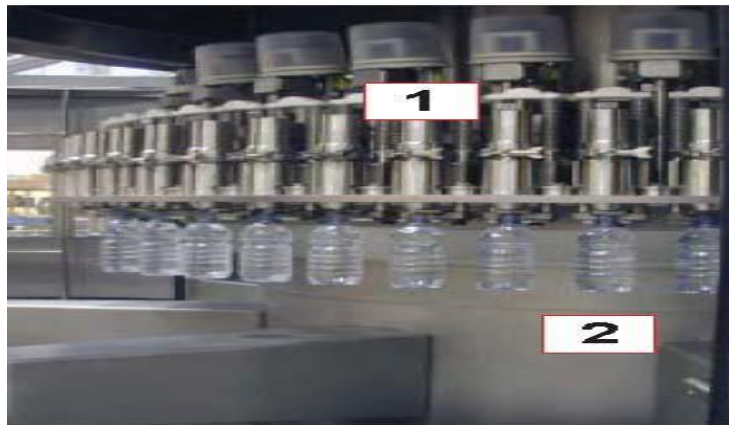


Figure II.3 : Le carrousel de Remplissage [5]

a) Le Réservoir

Il sert au stockage des produits quand la machine est en production. Les caractéristiques de ce réservoir sont. :

- Volume : 790L.
- Pression maximum admissible avec gaz : 1 Bar.
- Température maximum admissible (en stérilisation): +95°C
- Température minimum admissible (en stérilisation) : -10°C.

b) Collecteur Central

Il est destiné à fournir au carrousel les alimentations suivantes (Figure II.4) :

- air comprimé pour le lavage par circulation dans le réservoir
- air comprimé pour les dispositifs pneumatiques du carrousel de la remplisseuse
- signaux électriques pour électrovannes et sondes
- produit de stérilisation et eau de lavage pour boule de pulvérisation réservoir [5].

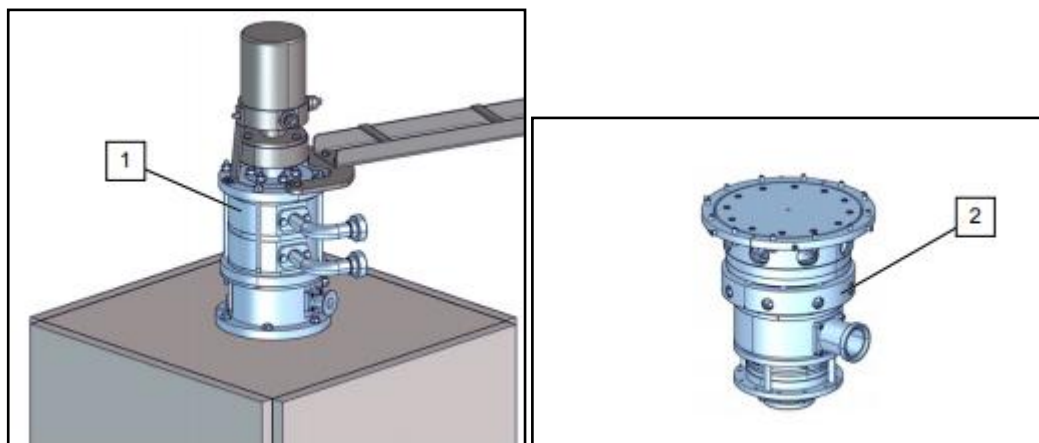


Figure II.4 : Collecteur central supérieur(1) et inférieur(2) [5]

c) La vanne de Remplissage

La vanne de remplissage se distingue pour les fonctions et les caractéristiques suivantes:

1. Remplissage par gravité.
2. Réglage aisé du volume de remplissage.
3. Configuration apte à travailler avec des bouteilles en plastique (PET, PRB) avec anneau de goulot.
4. Remplissage de produit non gazeux.
5. Dispositif « pas de bouteille – pas de remplissage ».
6. Fourche de support bouteilles prédéfinies pour travailler avec différents formats ayant les mêmes dimensions de goulot [5].

➤ Composants de la vanne de Remplissage

La vanne de remplissage se compose des détails ou des groupes de composants suivants (Figure II.5) :

1. Fourche	9. Corps de la vanne.
2. Débitmètre.	10. Serrage
3. Chambre inférieure.	11. Puntale
4. Piston interne inférieur.	12. Joint de fermeture.
5. Chambre supérieure.	13. Corps central muni d'ailettes.
6. Piston interne supérieur.	14. Membrane.
7. Ressort piston inférieur.	15. Corps extérieur.
8. Ressort piston supérieur.	16. Corps inférieur.

La machine étudiée contient 70 vannes de remplissage.

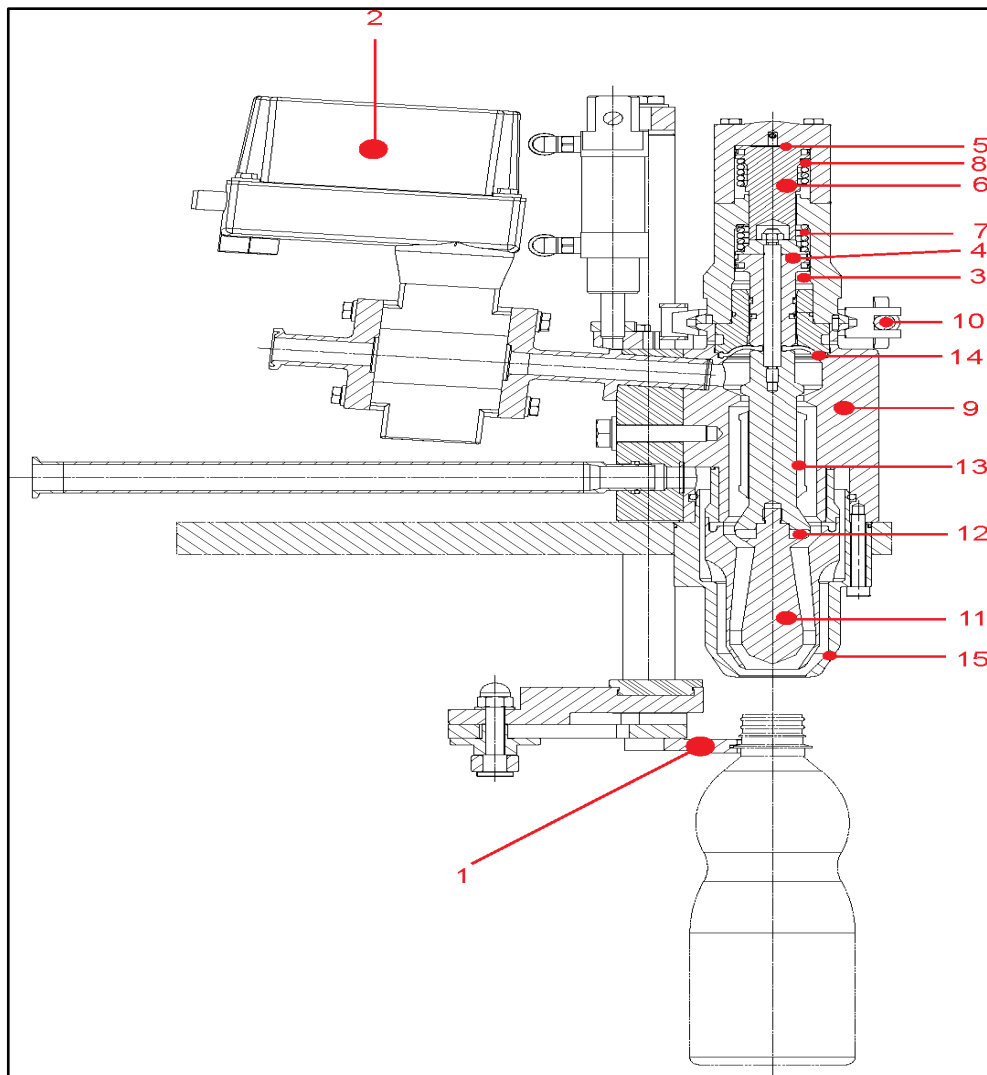


Figure II.5 : Pièces de la vanne de remplissage [5]

II.3.3 Motorisation

Moteur électrique: Les différents composants de la machine (étoile d'entrée, carrousel de remplissage, capsulatrice et étoiles de transfert) sont motorisés par un seul moteur triphasé (Figure II.6) (réducteurs, courroie dentée, roues dentées et cardan).

Réducteurs :

La transmission du mouvement se fait à l'aide du réducteur. Les réducteurs doivent être lubrifiés et contrôlés périodiquement, suivant la séquence d'entretien de la machine.

Engrenage : La transmission du mouvement entre les réducteurs et les arbres des étoiles de transfert ou les renvois de motorisation, se fait à l'aide de couples d'engrenages avec contact plastique/acier et cardan [5].

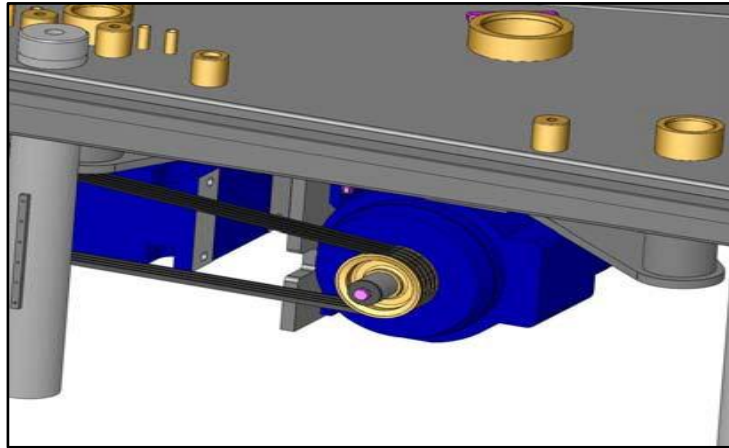


Figure II.6:Moteur électrique de Remplisseuse.[5]

II.3.4 Débitmètre

Le débitmètre a pour fonction de mesurer le flux des liquides qui coulent à travers le tuyau intérieur en céramique. Spécialement conçu pour des remplisseuses tournantes, ce dispositif est caractérisé par une excellente capacité de répétition et soin des opérations (Figure II.7).

Chaque débitmètre est équipé d'une carte électronique qui commande les phases d'ouverture/fermeture de la vanne au moyen d'un groupe électropneumatique.

Toutes les cartes électroniques des débitmètres sont connectées l'une à l'autre par un PLC, à l'aide d'un Réseau CAN (Controlled Area Network)[5].



Figure II.7 : Le Débitmètre [5]

II.4 Les Capteurs

Les fonctions de la machine et la séquence des opérations sont contrôlées par des capteurs et des photocellules. Notamment le capteur de phase, les capteurs de présence bouteille et la photocellule de synchronisation. Les signaux provenant des capteurs sont élaborés par un PLC[5].

➤ Capteur à ultrasons de présence bouteille

Il détecte la présence de la bouteille. Ce capteur permet de commander la dépose des bouchons et de les exclure en cas d'absence bouteille. Il augmente également les compteurs des bouteilles produites (Figure II.9) [5]/

➤ Capteur de vitesse d'horloge (clock)

Le capteur de présence bouteille doit travailler en accord avec le capteur de vitesse d'horloge (1) de la soutireuse sur le front de montée du capteur il sera possible de vérifier la présence des bouteilles (Figure II.8) [5].



Figure II.8 : Capteur de vitesse d'horloge [5] **Figure II.9 :** Capteur de présence bouteille[5]

➤ Capteur de relevé de la position des vannes

Les capteurs de relevé de la position correcte des vannes automatiques de production et de CIP sont positionnés sur la tuyauterie du produit et du CIP. Ils garantissent le flux correct du produit et du liquide de stérilisation (Figure II.10) [5].

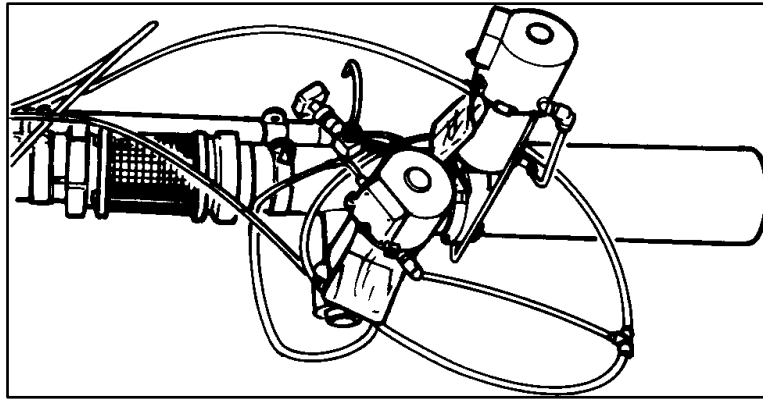


Figure II.10 : Capteur de relevé de la position des vannes[5]

➤ **Photocellule présence des bouteilles dans la machine**

Ces cellules photoélectriques servent à vérifier que la bouteille enregistrée à l'entrée de la machine est toujours présente dans le passage contrôlé par les cellules photoélectriques.

En cas de perte de la bouteille ou de bourrage des bouteilles, et suite à l'absence de 3 bouteilles consécutives, une alarme critique se déclenche pour arrêter la machine en Arrêt rapide [5].

➤ **Capteur de détection de la position correcte des vannes automatiques de production et CIP**

Il arrête le fonctionnement et empêche la rotation de la machine quand il détecte la position erronée d'une vanne [5].

➤ **Disjoncteurs magnétothermiques des moteurs électriques**

Ils sont situés dans l'armoire électrique et arrêtent la machine en cas de surchauffe ou de court-circuit des moteurs [5].

II.5 Les Actionneurs

Ce sont des éléments qui transforment une énergie tirée d'une source externe en une action physique sur le matériau de travail.

II .5.1 Les vérins

Ils transforment l'énergie d'un fluide sous pression en énergie mécanique (mouvement avec effort). Ils peuvent soulever, pousser, tirer, serrer, tourner, bloquer.... [6].

II .5.2 Les Moteurs

La machine est actionnée par un moteur électrique contrôlé par un inverseur, l'inverseur permet de régler la vitesse de production. Ce moteur par le biais d'un réducteur, entraîne le carrousel des vannes de remplissage. Un second réducteur entraîne les étoiles de transport bouteille et la vis sans fin.

Les caractéristiques du moteur sont:

- Une tension : 400V.
- fréquence : 50 HZ.
- Puissance : 11 kW [5].

II .5.3 Les Vannes

Une vanne est un dispositif destiné à contrôler (stopper ou modifier) le débit d'un fluide liquide, gazeux, pulvérulent ou multiphasique, en milieu libre (canal) ou en milieu fermé (canalisation).

Dans notre travail, on trouve les différentes vannes suivantes :

a) Vanne Modulante

La vanne modulante (Figure II.11), est une vanne mono siège à deux voies, équipée du servomoteur pneumatique. De nombreuses variantes de corset de servomoteurs permettent son adaptation à chaque cas d'utilisation. Grâce à sa fabrication en série et ses éléments standardisés, son champ d'application est extrêmement vaste [7].



Figure II.11 : Vanne modulante [7]

b) Vanne d'arrêt d'air

La vanne d'arrêt d'air sert pour isoler la machine du circuit d'alimentation de l'air et doit être utilisée pour effectuer les entretiens à l'installation pneumatique. L'évacuation de l'air du circuit pneumatique de la machine a lieu par la vanne verrouillable prévue à cet effet.

La clé doit être enlevée et conservée. L'entretien étant terminé, il faut alors rouvrir la vanne d'arrêt de l'air. On peut reporter la machine à l'état initial avec les protecteurs fermés en maintenant pressé le bouton RESET pendant environ 15/20'' pour permettre la pressurisation de l'installation, le réarmement du pressostat et le maintien de l'électrovalve d'arrêt [5].

c) Vanne Pneumatique

Une vanne pneumatique est un robinet à commande motorisé dont le mécanisme de fermeture et d'ouverture est actionné par un servomoteur à gaz comprimé (habituellement de l'air) [5].

II .5.4 Les Pompes

Les pompes exercent sur le liquide les forces nécessaires pour le mettre en mouvement. Elles agissent avec aspiration d'un côté et de manière répressive de l'autre. Cela occasionne une augmentation de la pression du côté de la sortie de la pompe (tubulure de refoulement) et un abaissement de la pression du côté entrée de la pompe (tubulure d'aspiration).

La machine remplisseuse est équipée d'une seule pompe hydraulique, elle est utilisée pour le retour CIP [7].

II.6 Les pré-actionneurs

La Majorité des systèmes automatisés industriels ont pour partie commande un A.P.I (Automate Programmable Industriel). Cet automate est généralement incapable de distribuer directement l'énergie nécessaire à l'actionneur car il traite de l'information, sous forme d'énergie de faible niveau. Le pré-actionneur est donc là pour s'occuper de distribuer une énergie forte adaptée à l'actionneur en fonction de la commande (énergie faible) venant de l'API. La raison d'être du pré-actionneur réside donc dans les problèmes de distribution de l'énergie à l'actionneur[6].

On distingue trois types de pré-actionneurs :

a) Distributeur : Il est utilisé pour commuter et contrôler le débit du fluide sous pression, suite à la réception d'un signal de commande qui peut être mécanique, électrique ou pneumatique. Il permet de :

- ✓ contrôler le mouvement de la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur hydraulique ou pneumatique (distributeurs de puissance)

- ✓ choisir le sens de circulation d'un fluide (aiguiller, dériver, etc.)
- ✓ exécuter, à partir d'un fluide, des fonctions logiques (fonctions ET, OU, mémoire, etc)
- ✓ démarrer ou arrêter la circulation d'un fluide (robinet d'arrêt, bloqueur, ...) [7].

b) Contacteur : C'est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture qui servent à couper des tensions et des courants élevés. Il est utilisé pour commuter de moyennes ou grosses charges électriques. Il se compose d'une bobine qui est l'organe de commande, de contacts principaux et de contacts auxiliaires [7].

c) Électrovanne: Une électrovanne est un dispositif électromécanique d'un circuit hydraulique, qui utilise un courant électrique pour générer un champ magnétique et actionner ainsi un solénoïde qui contrôle l'ouverture du flux de fluide dans une vanne [8].

II.7 Les Codeurs Rotatifs

Un codeur rotatif est un dispositif permettant d'obtenir des informations relatives à une position angulaire pour des applications de commande de mouvements. Les informations récoltées concernent la vitesse angulaire, la position, le déplacement, la direction ou l'accélération.

II.7.1 Fonction d'un codeur de position rotatif

C'est un capteur de position angulaire (Figure. II.12)

- ✓ lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne, son axe fait tourner un disque qui lui est solidaire. Le disque comporte une succession de parties opaques et transparentes.
- ✓ une lumière émise par des Diodes Électroluminescentes (DEL), traverse les fentes de ce disque créant sur les photodiodes réceptrices un signal analogique.
- ✓ électroniquement ce signal est amplifié puis converti en signal carré, qui est alors transmis à un système de traitement (généralement un automate programmable industriel)[7].

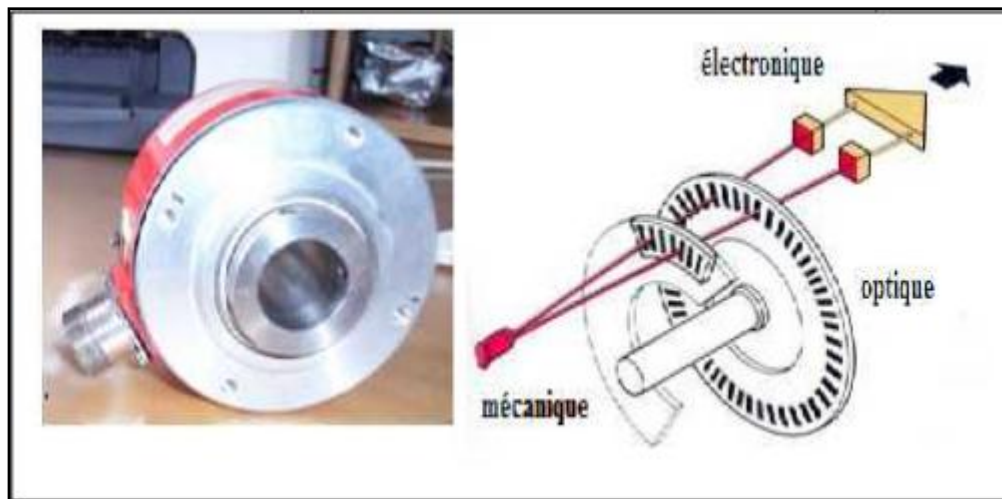


Figure II.12 : Codeur Rotatif.[7]

II.7.2 Le Codeur incrémental (ou générateur d'impulsions)

Les codeurs incrémentaux (Figure II.13) sont destinés à des applications de positionnement et de contrôle de déplacement d'un mobile par comptage et décomptage des impulsions qu'ils délivrent. Le disque d'un codeur incrémental comporte deux types de pistes.

a) Principe de fonctionnement : La piste extérieure : (voie A) est divisée en « n » intervalles d'angles égaux alternativement opaques et transparents, « n » s'appelant la résolution ou nombre de périodes ; c'est en effet le nombre d'impulsions qui seront délivrées par le codeur pour un tour complet de son disque. La piste intérieure : (voie Z) comporte une seule fenêtre transparente. Celle-ci ne délivre donc qu'un seul signal par tour. Ce signal Z appelé «top zéro» dure 90° électriques et est synchrone des signaux A et B. Ce «top zéro» détermine une position de référence et permet la réinitialisation à chaque tour. Derrière la piste extérieure sont installées deux photodiodes décalées qui délivrent des signaux carrés A et B en quadrature. [7]

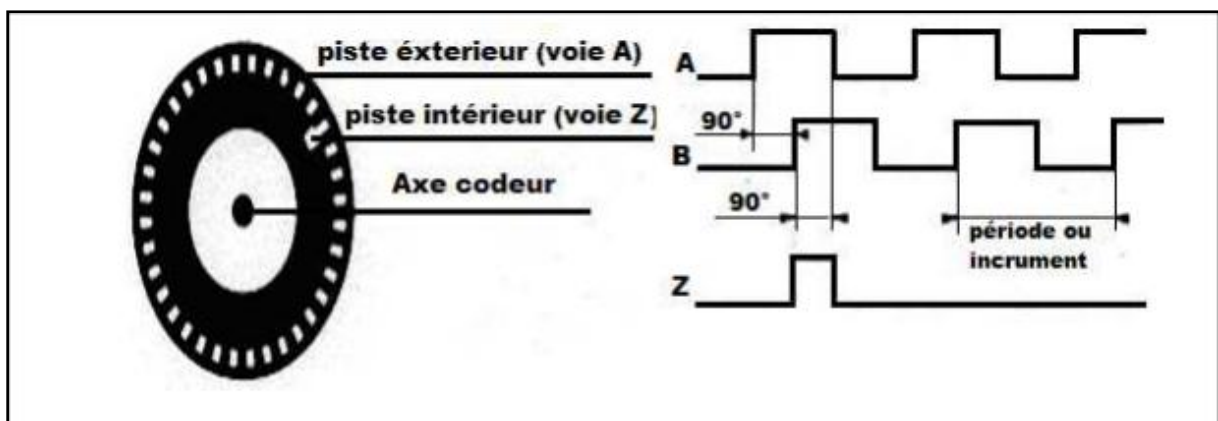


Figure II.13 : Principe de fonctionnement de codeur incrémental.[7]

b) Détermination du sens de rotation : Le déphasage de 90° électriques des signaux

A et B permet de déterminer le sens de rotation (**Figure. II.14**) :

- dans un sens pendant le front montant du signal A, le signal B est à 0.
- dans l'autre sens pendant le front montant du signal A, le signal B est à 1[7].

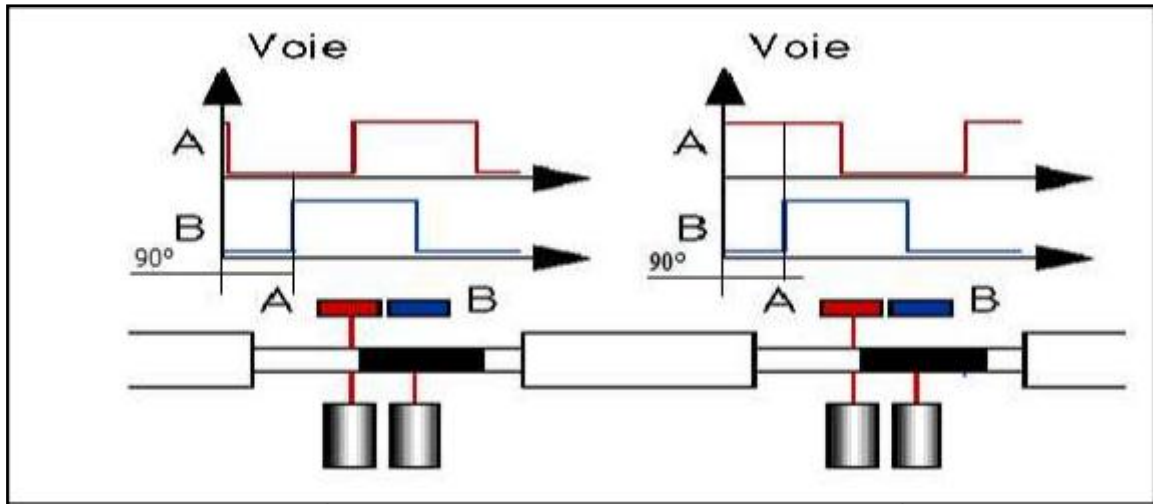


Figure. II.14 : Sélection de sens de rotation.[7]

II.8 Le variateur de vitesse (DANFOS)

Les variateurs de vitesse sont des convertisseurs de fréquence destinés à la commande des moteurs de la machine

La **Figure II.15** montre le variateur (DANFOSS) utilisé dans la station pour la commande de moteur électrique qui motorise les différentes composantes de la machine (étoile d'entrée, carrousel de remplissages, capsulatrice et étoiles de transfert).

Vue leur utilité, ils sont devenus indispensables dans Toutes les industries. La tension et la fréquence variables qui alimentent le moteur offrent des possibilités infinies de régulation. [9].



Figure II.15 : Variateur de vitesse

II.8.1 Constitution et principe de fonctionnement

Le variateur est un contrôleur de moteur électronique qui convertit l'entrée de secteur CA en une sortie de forme d'onde CA variable. La fréquence et la tension de la sortie sont régulées pour contrôler la vitesse ou le couple du moteur.

Le variateur de vitesse (**Figure II.16**) est destiné à :

- réguler la vitesse du moteur en réagissant au signal de retour du système ou à des ordres distants venant de contrôleurs externes.
- surveiller le système et l'état du moteur .
- fournir une protection du moteur contre la surcharge.[9]

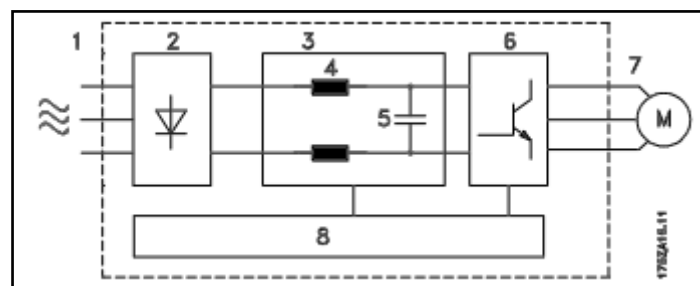


Figure II.16 : Schéma de principe du variateur.

II.8.2 Installation électrique

Cette section contient des instructions détaillées pour le câblage du variateur de fréquence. Les tâches suivantes sont décrites ci-dessous (Figure II.17) :

- Câblage du moteur aux bornes de sortie du variateur de fréquence
- Câblage du secteur CA aux bornes d'entrée du variateur de fréquence

- Raccordement du câblage de commande et de la communication série
- Une fois que la tension est appliquée, vérification de la puissance d'entrée et de la puissance du moteur, programmation des bornes de commande selon leurs fonctions prévues [9].

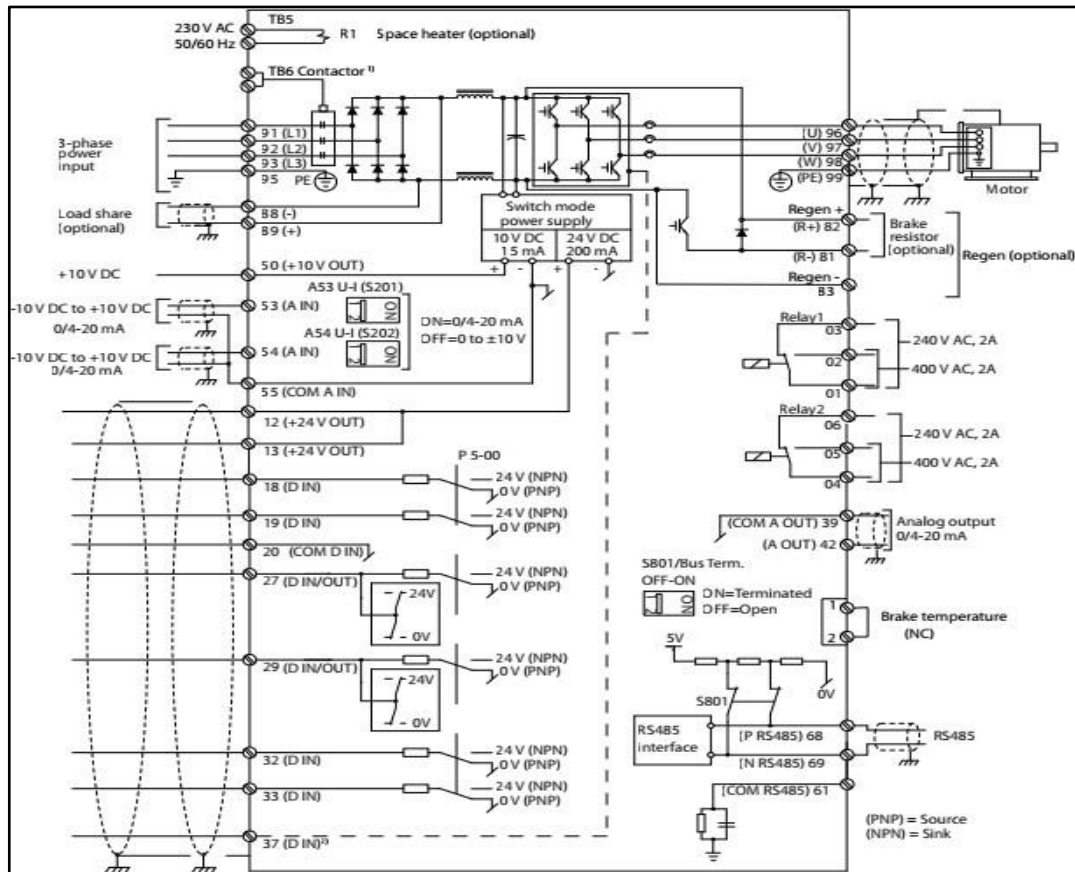


Figure II.17 : Schéma de câblages du variateur [9].

II.8.3 Alimentation secteur

Pour relier le variateur à la tension du secteur, on raccorde les trois phases L1, L2 et L3 aux bornes 91, 92 et 93 comme le montre la figure suivante :

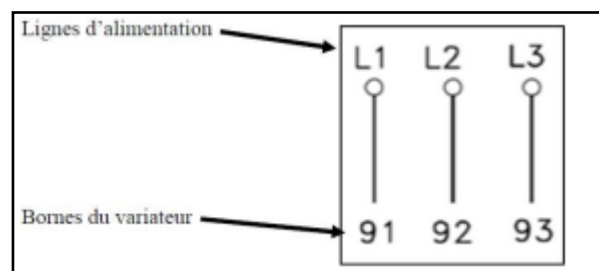


Figure II.18 : Alimentation du variateur [9].

II.8.4 Alimentation du moteur

Les moteurs de petite puissance sont généralement montés en étoile (200/400 V, D/Y). Les moteurs de grande puissance sont montés en triangle (400/690 V, D/Y). Pour relier le moteur au variateur, on raccorde les trois phases U, V et W aux bornes 96, 97 et 98 comme le montre la figure suivante :

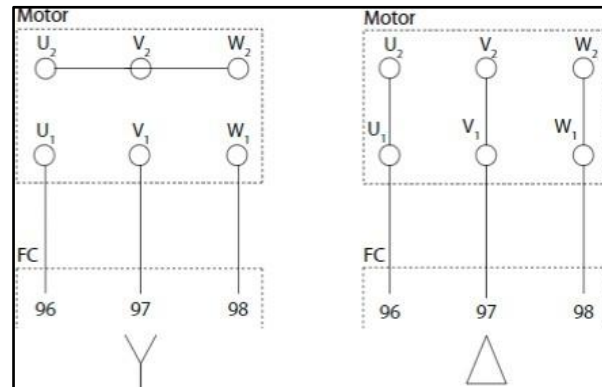


Figure II.19 : Raccordement en étoile et triangle. [9]

II.8.5 Configuration du variateur

Nous allons voir ci-dessous comment programmer les principales fonctions dont on aura besoin. D'après la Figure II.20, il est clair que c'est grâce à un panneau de commande que cette opération est réalisée.

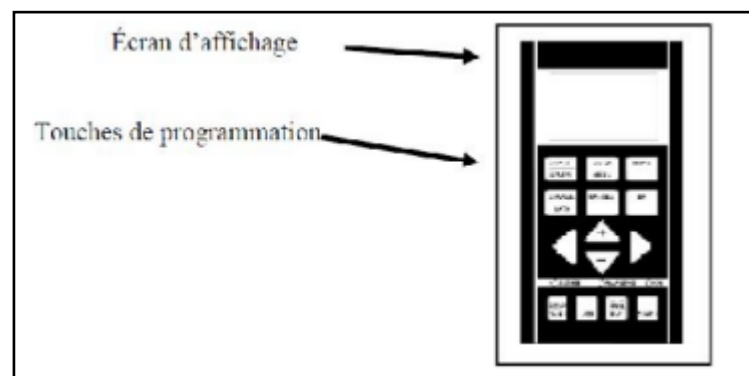


Figure II.20 : Panneau de commande.[9]

II.9 Cycle de nettoyage (CIP)

CIP est l'acronyme anglais de : Clean In Place, qu'on appelle aussi en français «NEP» (pour : Nettoyage En Place).

II.9.1 Définition CIP

Comme son nom l'indique, le CIP 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)[7].

II.9.2 Les phases de CIP

L'opération de CIP se déroule essentiellement en deux phases :

- **phase 1** : CIP avec un produit chimique (soude, acide,...etc.)
- **phase 2** : CIP avec de l'eau chaude.

Et pour chaque phase, on distingue trois chemins différents de CIP :

- CIP de chemin du réservoir.
- CIP de chemin des vannes de remplissage.
- CIP de chemin tuyauterie.

Et tous ce cycle va se reprendre pendant un temps de contact qui a été défini par le laboratoire spécialisé dans la préparation de CIP[7].

II.10 Système de sécurité de la machine de remplisseuse

La machine est équipée de carters de protection fixe et de portes de protection ouvrable qui délimitent le champ d'action de l'opérateur sur la machine afin d'en garantir la sécurité.

Par ailleurs, sur la machine sont positionnés les dispositifs électromécaniques de sécurité tels que boutons poussoirs d'urgence, microcontacts, témoins lumineux.

Ces dispositifs arrêtent la machine ou permettent sa mise en marche, signale l'inconvénient sur le tableau de commande, et allument la lumière rouge clignotante sur la colonne lumineuse.

La machine ne pourra repartir qu'après avoir éliminé le défaut et avoir pressé le bouton de reset [5].

II.10.1 Boutons poussoirs d'arrêt d'urgence

La machine est équipée de boutons poussoirs coup-de-poing d'arrêt d'urgence, rouges sur fond jaune (Figure II.21), ces boutons poussoirs provoquent un arrêt instantané de la machine en prévalence sur toutes les autres opérations.

Ces boutons poussoirs doivent être utilisés :

- en cas de danger imminent ou d'accident mécanique.
- Quand la machine est déjà à l'arrêt, après quelques instants pour assurer le maintien de l'arrêt de la machine.

Ces boutons poussoirs doivent être maintenus pressés en cas de :

- a) Interventions d'entretien.
- b) opérations qui demande l'accès et la permanence de l'opérateur à l'intérieur de la zone dangereuse [5].



Figure II.21 : Boutons poussoirs d'arrêt d'urgence.[5]

II.10.2 Colonne lumineuse avec sirène

La colonne lumineuse (Figure II.22) signale les conditions de fonctionnement de la machine.

L'avertisseur sonore a la fonction de signaler le démarrage de la manutention de la machine en conditions particulières et signale aussi toute éventuelle panne de fonctionnement ou toute situation d'urgence.

En phase de production le redémarrage en automatique est annoncé par un signal sonore. En mode JOG arrière, avec configuration de production, le signal sonore est actif [5].

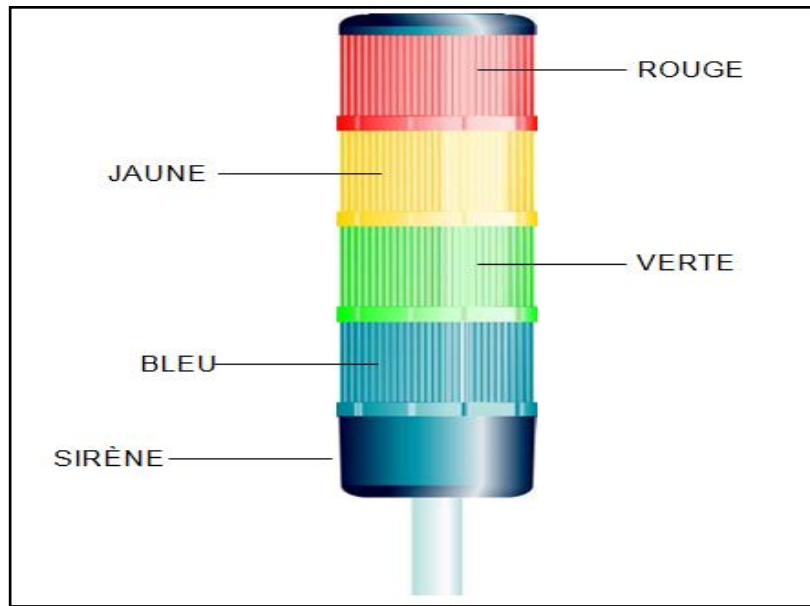


Figure II.22 : La colonne lumineuse avec sirène. [5]

II.11 Conclusion

Le présent chapitre expose le contexte dans lequel nos recherches sont menées.

En d'autres termes il a été question d'énumérer et de définir le rôle des différents éléments électrique, hydraulique et pneumatique (capteurs, pré-actionneur, actionneur) utilisés dans la conception de la remplisseuse.

La compréhension de ces différentes parties va nous faciliter la tâche de modélisation de fonctionnement qui sera présentée dans le chapitre suivant.

Chapitre III
Modélisation par l'Outil
GRAFCET

III.1 Introduction

La conception d'un système automatisé industriel comprend un certain nombre de spécifications, en collaboration avec les divers ministères ayant recours à ce système. Outre les contraintes techniques, il inclut des instructions obligatoires liant la partie commande à la partie Opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur.

Dans ce chapitre nous allons traduire le principe de fonctionnement de remplisseuse, avons utilisant le GRAFCET qui est considéré comme un outil simple, permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes logiques de fonctionnement.

III.2 Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel.

Il est parfois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser [10].

III.3 Les Concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- d'étapes auxquelles sont associées des actions (activités).
- de transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes [11].

La figure III.1 montre les éléments de base d'un GRAFCET

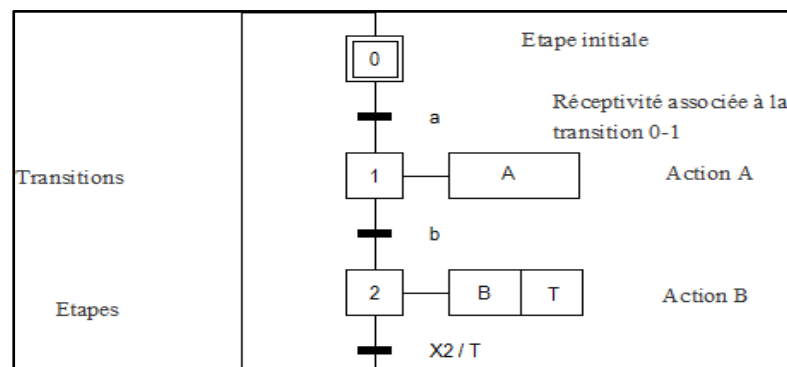


Figure III.1 : Symbolisation d'un GRAFCET .[11]

III.4 Niveau d'un GRAFCET

Dans un grafcet, on rencontre les deux niveaux suivants (Figure III.2) :

III.4.1 Grafcet de niveau 1

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée.

Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions (**figure III.2.a**)

III.4.2 Grafcet de niveau 2

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité (**figure III.2.b**) [11].

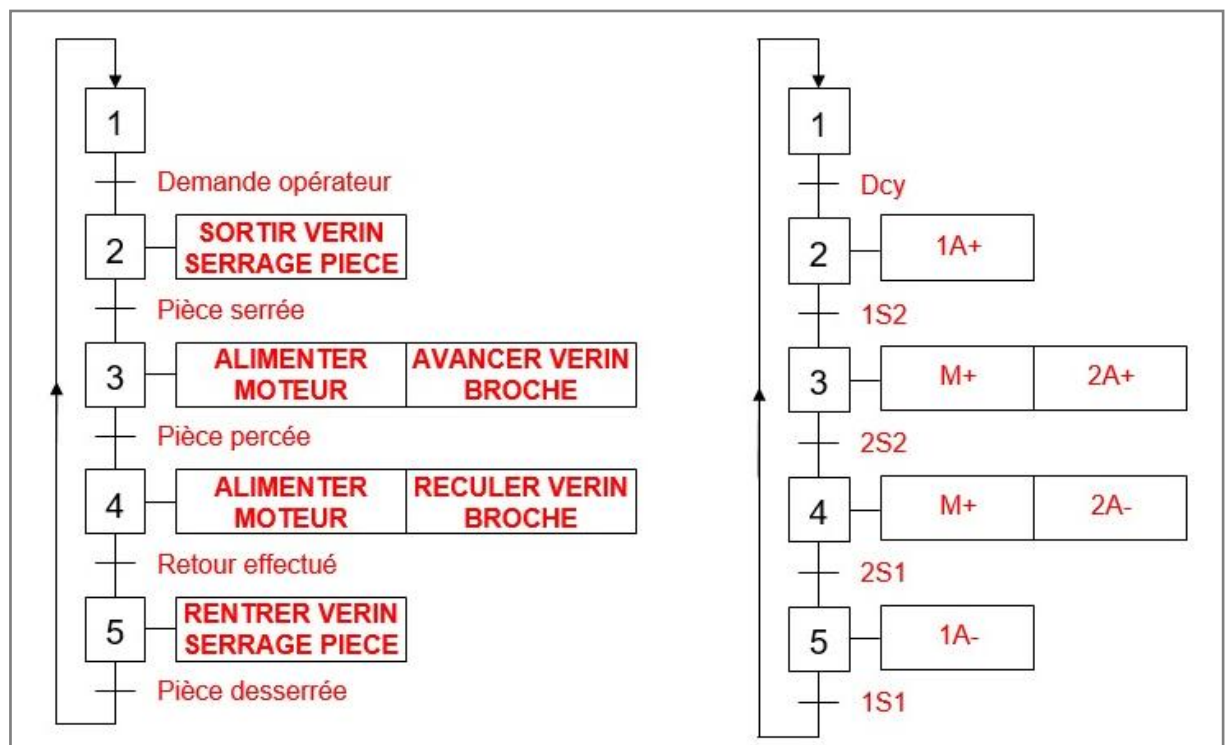


Figure III.2 : Les niveaux de GRAFCET. [11]

III.4.3 Mise en équation d'un grafcet

Soit le grafcet de la figure suivante [13] :

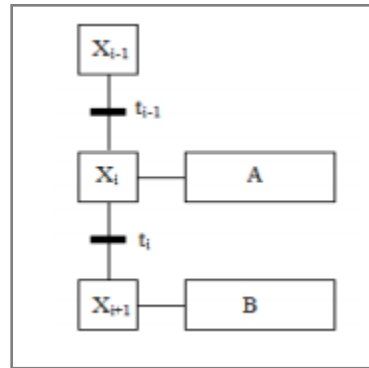


Figure III.3 : Exemple de grafcet

- L'état d'une étape X_n peut être noté comme suit :
 - $X_n = 1$ Si l'étape n est active
 - $X_n = 0$ Si l'étape n est inactive
- De plus, la réceptivité qui est une variable binaire a pour valeur :
 - $t_n = 1$ Si la réceptivité est vraie.
 - $t_n = 0$ Si la réceptivité est fausse
- Soit la variable d'arrêt d'urgence dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUd) tel que :
 - $AUD = 1$ Désactivation de toutes les étapes.
 - $AUd = 1$ Désactivation des actions, les étapes restent actives.
- Pour une étape initiale, on définit aussi la variable **Init** comme suit :
 - $Init = 1$ Initialisation du Grafcet (mode d'arrêt)
 - $Init = 0$ Déroulement du cycle (mode marche)
- La 2^{ème} et la 3^{ème} règle d'évolution du GRAFCET permettent de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :
- Pour une étape initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n} + Init) * \overline{AUD}$$

Avec : $CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Init) * \overline{AUD}$

$$CDX_n = X_{n+1} * Init + AUd$$

Avec : CAX_n est la condition d'activation de l'étape n et CDX_n la condition de désactivation de l'étape n .
- Pour une étape non initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n}) * \overline{Init} * \overline{AUD}$$

Avec : $CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1} * \overline{Init} * \overline{AUD}$

$$CDX_n = X_{n+1} + \text{Init} + \text{AUD}$$

- Pour une action :

$$A = X_n * \overline{AUD}$$

III.5 Cahier de charge Remplisseuse

La machine est divisée en deux modes principales, le premier est le mode de production et le deuxième est le mode CIP (nettoyage en place).

III.5.1. En mode production

a) Conditions initiales :

- Il faut s'assurer que tous les arrêts d'urgence sont désactivés, ainsi que la machine qui est en amont (la souffeuse) est en marche.
- On sélectionne le mode production, le mode automatique et le mode asservi.
- On appuie sur le bouton poussoir marche et le moteur de la remplisseuse démarre.
- Quand le capteur de synchronisation souffeuse remplisseuse est excité on arrête le moteur de la remplisseuse.
- Quand le capteur de synchronisation remplisseuse souffeuse est excité, on redémarre le moteur de la remplisseuse une autre fois, pour mettre les deux machines en phase.

b) Démarrage de cycle :

- Après que la vitesse de la remplisseuse atteint la consigne (cadence souffeuse).
- On ouvre les vannes concernées et la vanne de la régulation.
- Quand la sonde de niveau est supérieure à la consigne.
- Fermeture de la vanne modulante proportionnellement au niveau d'eau dans le réservoir, jusqu'à ce que le niveau d'eau atteigne le maximum, et la vanne modulante se ferme complètement, et vice versa.
- Quand le capteur de température indique une température supérieure à celle de la consigne.
- Ouverture de la vanne concernée, pour faire évacuer l'eau chaude à l'extérieur et on ferme les autres vannes, pour empêcher de l'eau chaude de pénétrer au réservoir et au bec de remplissage.

III.5.2. En mode CIP

a) Les conditions initiales :

- Il faut s'assurer que tous les arrêts d'urgence sont désactivés.
- Activation du mode CIP et le mode automatique
- On appuie sur le bouton poussoir insertion fausse bouteille.

b) Démarrage du cycle de nettoyage :

- Après avoir actionné le bouton poussoir marche.
- On ouvre les vannes concerné et on ferme les autres vannes.
- Quand le capteur de présence de liquide à l'aspiration et le capteur de débit sont activé, donc on démarre la pompe retour CIP pendant Cinque minute.
- Après l'achèvement de ce temps, on ouvre les vannes concerné et on ferme les autres vannes pendant Cinque minute.
- Après l'achèvement de ce temps, on ouvre les vannes concernées et on ferme les autres vannes, avec une temporisation de Cinque minute.
- Après l'achèvement de ce temps, on reprend le cycle pendant le temps de contacte définit par le laboratoire, jusqu'à ce que le capteur de débit et le capteur de présence de liquide a l'aspiration sont désactivés, et on arrête le cycle.

III.6. la modélisation du procédé par l'outil GRAFCET

La figure ci-dessous représente la page de commande et de contrôle.

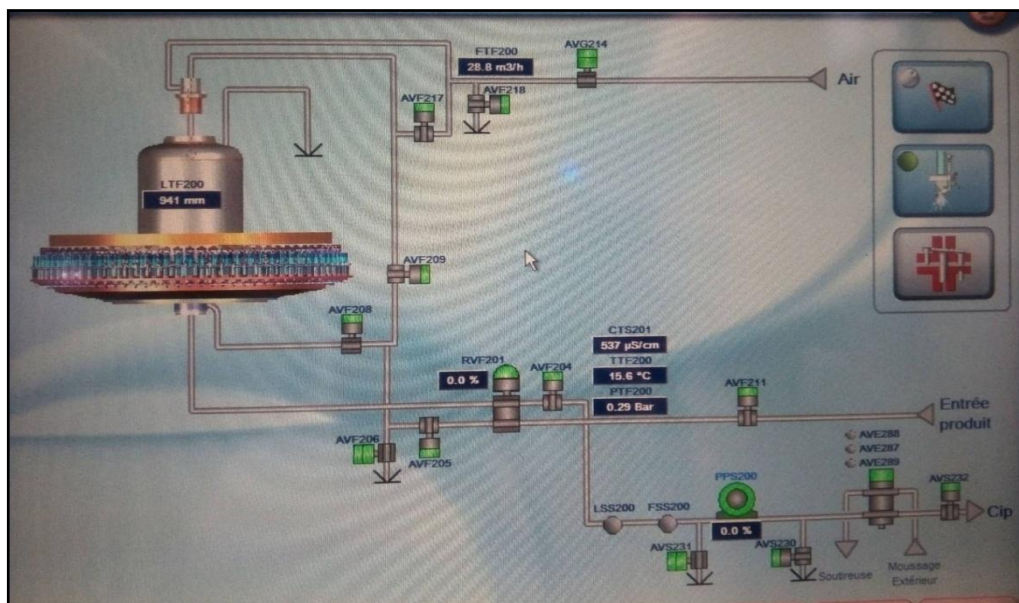
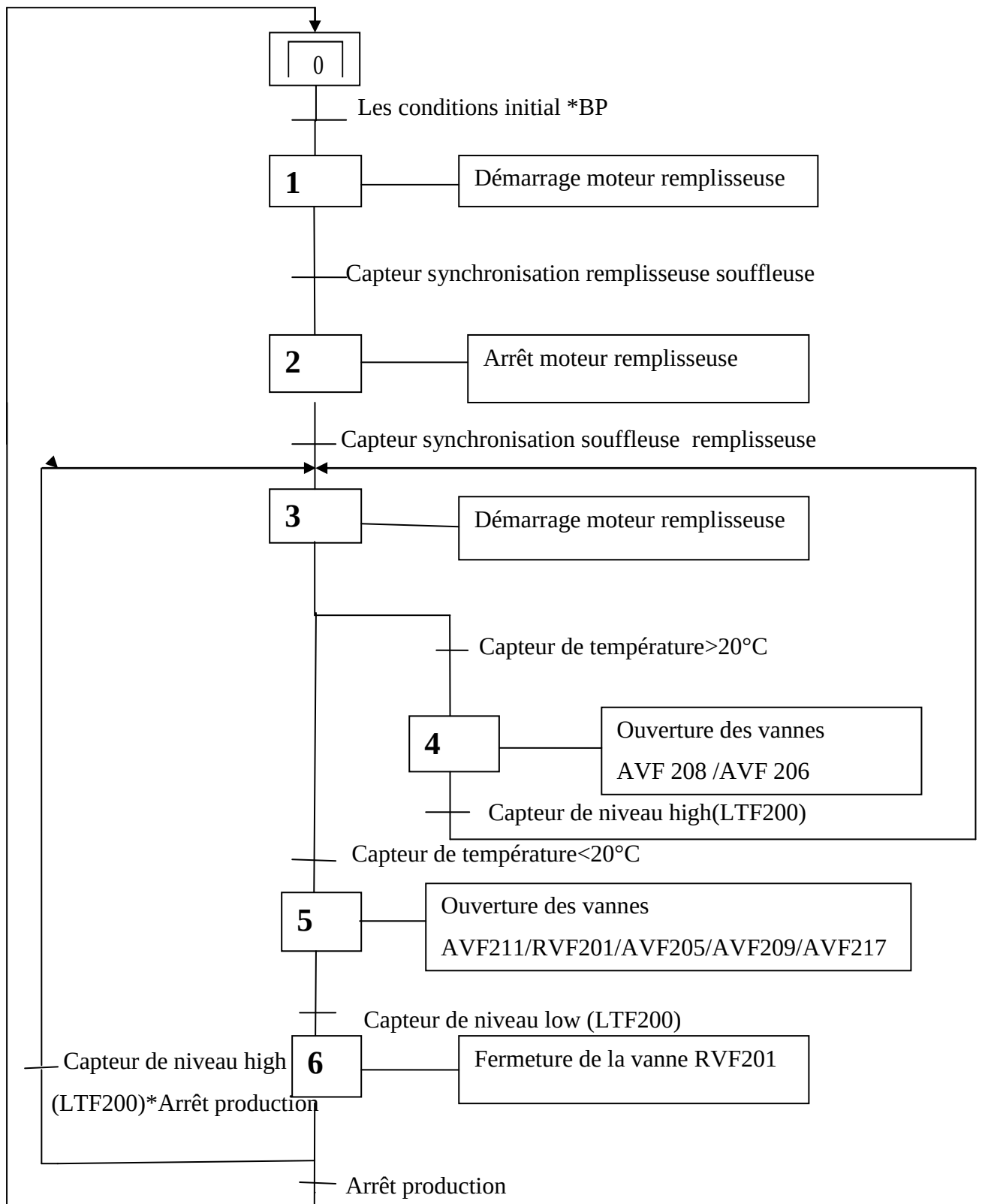


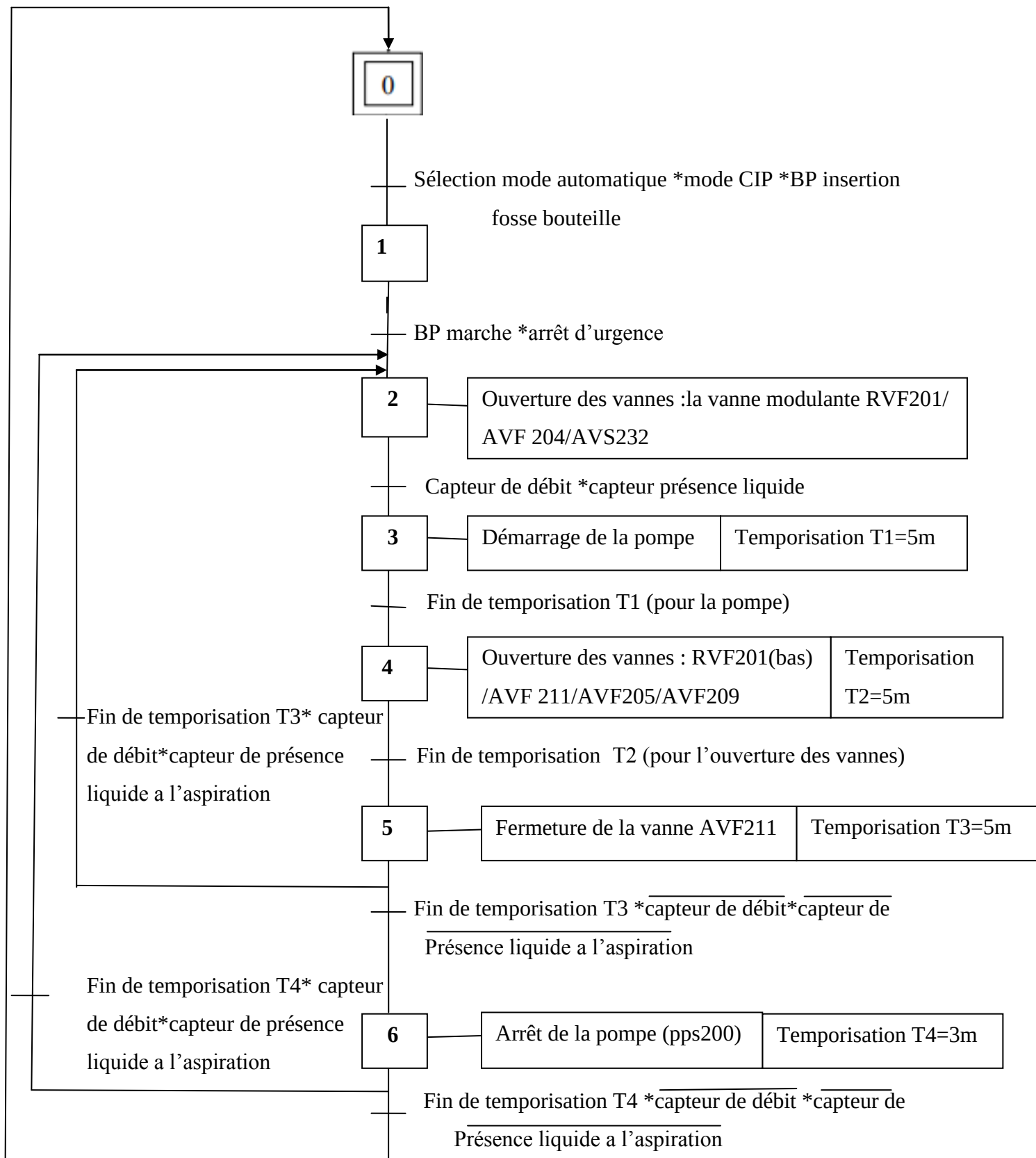
Figure III.4 : L'écran de contrôle de la machine

III.6.1 Grafcet niveau 1 Remplisseuse:

a) En mode production :

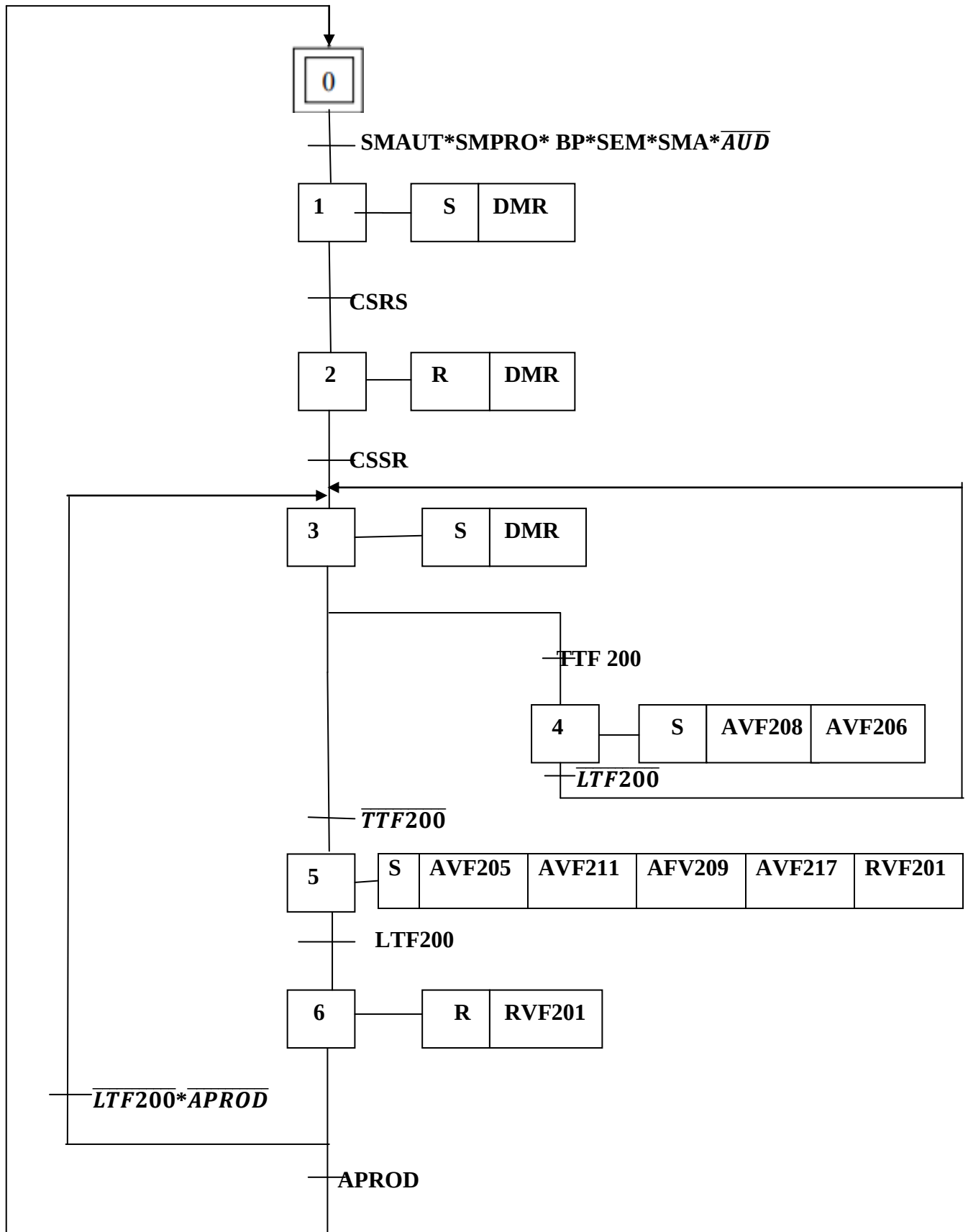


b) En mode CIP

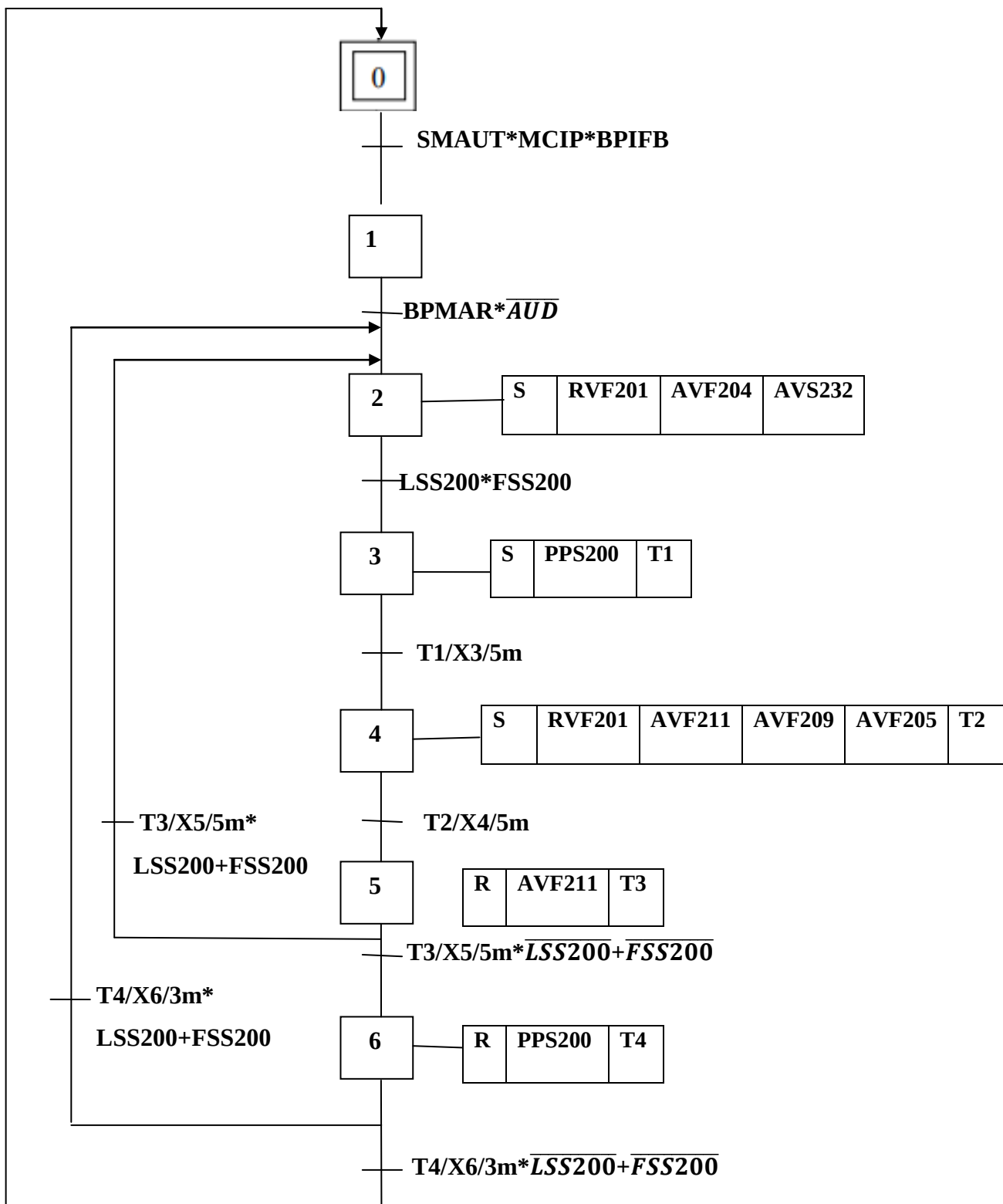


III.6.2 Grafcet niveau 2 Remplisseuse

a) En mode production :



b) En mode CIP :



III.6.3 Abréviations utilisés dans notre GRAFCET :

Le Tableau III.1 présente les abréviations utilisées dans la modélisation du cycle de fonctionnement de la machine.

Abréviations	Signification
SMAUT	Système mode automatique
SMPRO	Système mode production
BP	Botton poussoir
SEM	Système en marche
SMA	Système mode asservi
AUD	Arrêt d'urgence dur
DMR	Démarrer
CSRS	Capteur synchronisation remplisseuse souffleuse
CSSR	Capteur synchronisation souffleuse remplisseuse
R	Reset
S	Set
TTF 200	Capteur de température
APROD	Arrêt production
LTF 200	Capteur de niveau
MCIP	Mode CIP
BPIFB	Botton poussoir insertion fosse bouteille
BPMAR	Botton poussoir marche
FSS 200	Capteur de débit
LSS 200	Capteur de capteur de présence liquide a l'aspiration
T	temporisation
PPS 200	la pompe
AVS/AVF /RVF	Les vannes

Tableau III.1 : Les abréviations de Grafcet

III.6.4 Les équations d'activation et désactivation

a) En mode production :

➤ étape 0

Équation d'activation : $[(E6 * APROD) + E0] * \overline{E1}$

Équation de désactivation : E1

➤ étape 1

Équation d'activation : $[(E0 * (SMAUT * SMPRO * BP * SEM * SMA * \overline{AUD}) + E1] * \overline{E2}$

Équation de désactivation : E2

➤ étape 2

Équation d'activation : $[(E1 * CSRS] + E2] * \overline{E3}$

Équation de désactivation : E3

➤ étape 3

Équation d'activation : $[(E2 * CSSR) + (E6 + \overline{LTF200} * \overline{APROD}) + (E4 * \overline{LTF200}) + E3] * \overline{E4 + E5}$

Équation de désactivation : E4+E5

➤ étape 4

Équation d'activation : $[(E3 * TTF200) + E4] * \overline{E3}$

Équation de désactivation : E3

➤ étape 5

Équation d'activation : $[(E3 * \overline{TTF200}) + E5] * \overline{E6}$

Équation de désactivation : E6

➤ étape 6

Équation d'activation : $[(E5 * LTF200) + E6] * \overline{E0}$

Équation de désactivation : E0

b) En mode CIP :

➤ étape 0

Équation d'activation : $[(E6 * (T4/X6/3m * \overline{LSS200} + \overline{FSS200})) + E0] * \overline{E1}$

Équation de désactivation : E1

➤ **étape 1**

Équation d'activation : $[(E0 * (SMAUT * MCIP * BPIFB)) + E1] * \overline{E2}$

Équation de désactivation : E2

➤ **étape 2**

Équation d'activation : $[(E1 * BPMAR * \overline{AUD})$

$+ (E5 * T3/X5/5m + LSS200 + FSS200) + (E6 * T4/X6/3m * LSS200 + FSS200) + E2] * \overline{E3}$

Équation de désactivation : E3

➤ **étape 3**

Équation d'activation : $[(E2 * LSS200 * FSS200) + E3] * \overline{E4}$

Équation de désactivation : E4

➤ **étape 4**

Équation d'activation : $[(E3 * T1/X3/5m) + E4] * \overline{E5}$

Équation de désactivation : E5

➤ **étape 5**

Équation d'activation : $[(E4 * T2/X4/5m) + E5] * \overline{E6}$

Équation de désactivation : E6

➤ **étape 6**

Équation d'activation : $[(E5 * T3/X5/5m * \overline{LSS200} + \overline{FSS200}) + E6] * \overline{E0}$

Équation de désactivation : E0

III.6.5 La simulation

La Figure III.4 présente un exemple de simulation d'une partie du grafcet développé et qui a été réalisé par le logiciel Tiaportal (Totally Integrated Automation Portal).

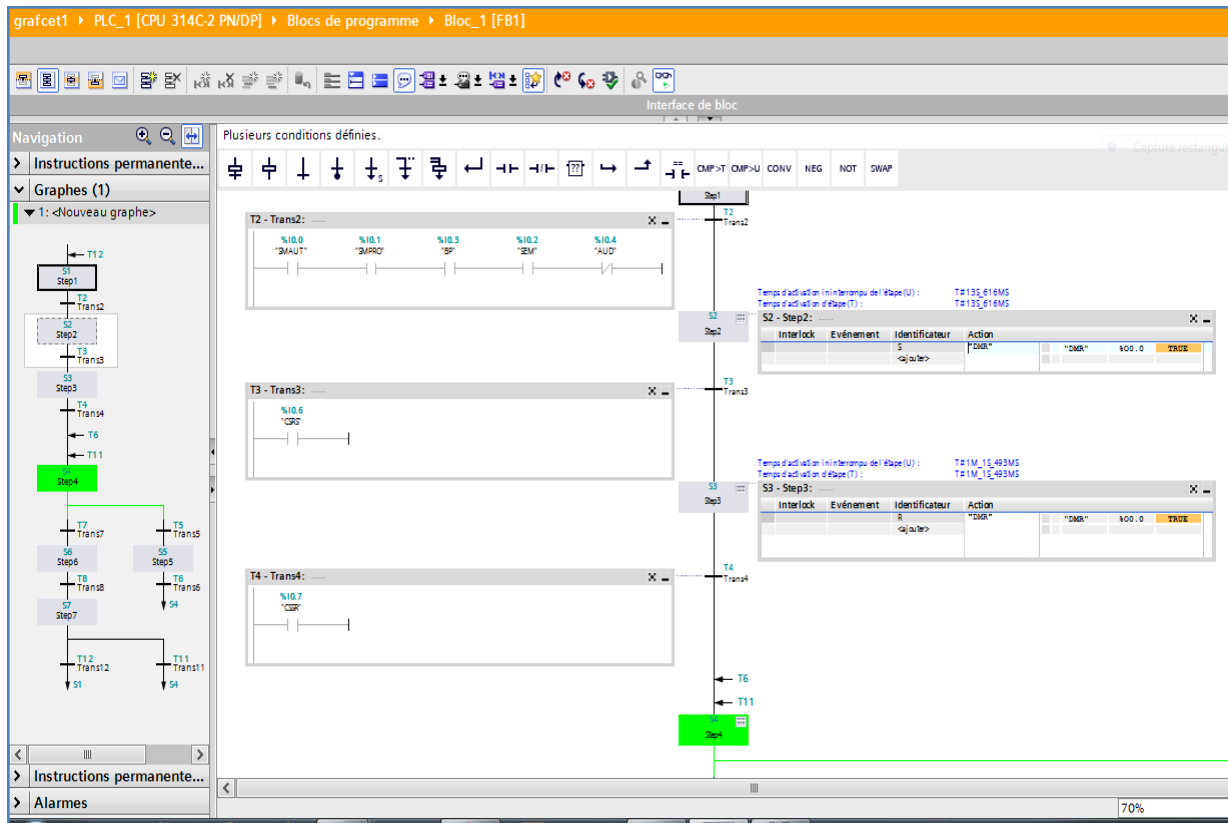


Figure III.5 : La simulation de grafcet

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons modélisé le procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Nous avons élaboré en premier lieu un grafcet de niveau 1 pour expliquer le système général de remplisseuse en mode production et en mode CIP. Puis le grafcet niveaux 2 qui met en œuvre et décrit la partie opérative

À la fin de ce chapitre, nous concluons que GRAFCET est un outil de modélisation qui permet le passage facile d'une spécification fonctionnelle à un langage d'implémentation optionnelle. Il permet de décrire le comportement attendu de la partie commande d'un système automatique, puisqu'il permet de créer un lien entre la partie commande et la partie opérationnelle.

Ainsi, le GRAFCET a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation, et nous permettra au chapitre suivant faire la description de L'api et aborder la programmation à l'aide du STEP7.

***Chapitre IV : Description de L'API
S7300 et Simulation par Step7***

IV.1 Introduction

L'automate programmable industriel SIMATIC S7-300 est un modulaire très utilisé dans l'industrie. Sa modularité lui permet de réaliser des fonctions d'automatisation les plus diverses. Après avoir modélisé le fonctionnement de notre système par le GRAFCET, nous allons concevoir le programme qui sera implanté dans l'automate S7-300.

Et avant d'entamer la programmation, nous allons présenter l'automate utilisé dans notre projet et simulation par le logiciel step7.

IV.2 Les Systèmes automatisés

Un système automatisé est composé de plusieurs éléments qui exécutent un ensemble de tâches programmées sans que l'intervention de l'homme ne soit nécessaire.

IV.2.1 Généralité sur systèmes automatisés

L'automatisation d'une production consiste à transformer l'ensemble des tâches de commande et de surveillance, réalisées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelés partie commande. Cette dernière mémorise le savoir-faire des opérateurs, pour obtenir l'ensemble des actions à effectuer sur le processus afin d'élaborer le produit final [14].

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations et pour le quel l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage. Les buts d'un système automatisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives pour obtenir l'efficacité et la précision [15].

IV.2.2 Objectifs de l'automatisation

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le Système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- ✓ Accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenté la quantité de produits élaborés pendant une durée donnée.
- ✓ Améliorer la flexibilité de production.
- ✓ Améliorer la qualité du produit.
- ✓ S'adapter à des contextes particuliers.
- ✓ Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme

(manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées).

- ✓ Augmenter la sécurité [10].

IV.2.3 Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé est composé de deux parties principales : partie opérative et partie commande.

La communication entre la partie opérative et la partie commande se fait par l'intermédiaire d'une interface qui est constituée par l'ensemble de capteurs et pré actionneurs.

La structure interne d'un système automatisé peut se représenter comme suit

(Figure IV.1) :

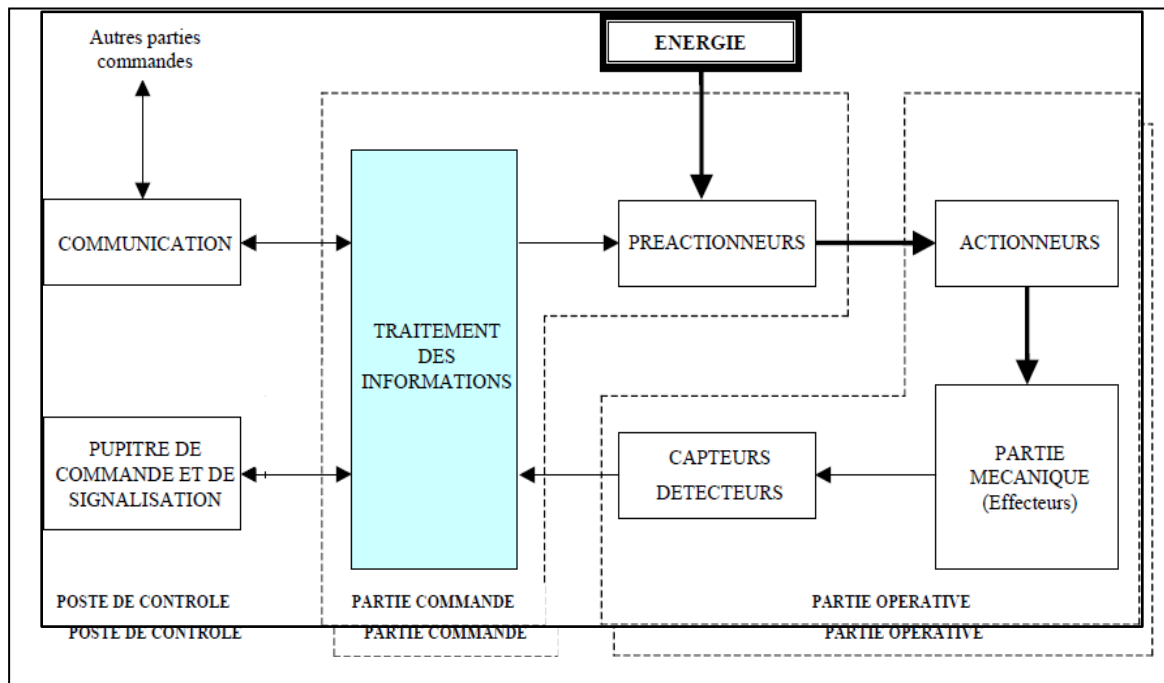


Figure IV.1 : Structure d'un système automatisé. [10]

a) Partie Opérative

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les capteurs détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système [10].

b) Partie Commande

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative.

Les pré actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, Distributeur...

Ces pré actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations.

Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie Opérative transmises par les capteurs détecteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate Programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée)), elle va commander les préactionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de Commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication [10].

IV.3 Définition d'un automate programmable industriel (API) :

Un API (ou PLC) est un appareil électronique adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique

Les automates SIMATIC S7 :

La gamme SIMATIC S7 comprend les systèmes d'automatisation suivants :

- S7-200 : un micro-automate compact de l'entrée de gamme.
- S7-300 : un micro-automate modulaire de milieu de gamme.
- S7-400 : il couvre le haut et très haut de gamme [10].

IV.3.1 Structure Interne

La structure interne d'un automate programmable est constituée comme suit:

a) Module d'Alimentation

Permet de fournir à l'automate la tension nécessaire à son fonctionnement. Ils délivrent, à partir du 220V alternatif, des sources de tension nécessaires à l'automate de 24V en continu [10].

b) Unité centrale :

Unité centrale est à base de micro-processeur. Elle réalise toutes les fonctions logiques, Arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation) à partir d'un programme contenu dans sa mémoire. Elle commande l'interprétation et l'exécute les instructions qui sont effectuées les unes après les autres, séquencées par une horloge [10].

c) Le bus interne

Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions [10].

d) Mémoire

Un système de processus est accompagné par un ou plusieurs mémoires qui permettent de stocker le système d'exploitation dans des RAMs ou ROMs et le programme dans des EEPROMs.

Les données système lors du fonctionnement dans des RAMs.

Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA [10].

e) Module d'entrées/sortie

L'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée qui reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur (BP). Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte aussi des adresses de sortie et qui transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre.

Chaque pré-actionneur est relié à une de ces adresses [10].

La Figure IV.2, assemble la structure interne d'un API.

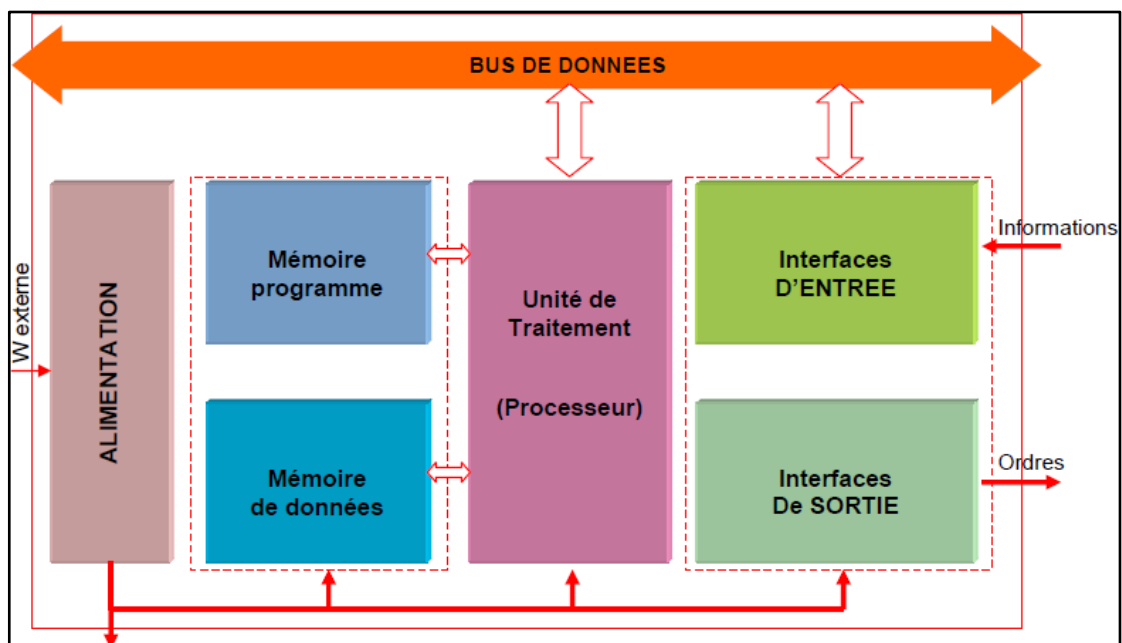


Figure IV.2 : Structure interne d'un API. [10]

IV.3.2 Critères de choix d'un automate

Pour choisir un automate programmable, l'automaticien doit préciser :

- ❖ Le nombre et la nature des entrées et des sorties.
- ❖ Le type de programmation souhaité et les besoins de traitement permettant le choix de l'unité centrale et la taille de la mémoire utilisateur.
- ❖ La nature de traitement (temporisation, couplage,...etc.).
- ❖ Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- ❖ La communication avec d'autre système.
- ❖ La fiabilité et robustesse [10].

En tenant compte des points soulignés précédemment, nous avons choisis comme système de traitement l'automate SIEMENS, S7 – 300.

En plus de cela :

- Il est le plus utilisé dans les industries.
- Nous possédons son logiciel de programmation

IV.4 Présentation du S7-300

L'automate S7-300 est un automate modulaire fabriqué par la firme SIEMENS, on peut le composer en fonction de nos besoins à partir d'un vaste éventail de modules.

La gamme de modules comprend :

- ❖ Des CPU de différents niveaux de performance
- ❖ Des modules de signaux pour les entrées/sorties TOR et analogique
- ❖ Des processus de communication pour les tâches de communication
- ❖ Des modules d'alimentation pour le raccordement du S7-300 sur le secteur 120/320 volts
- ❖ Des coupleurs pour configurer un automate sur plusieurs profil-supports.[15]

IV.5 Les Caractéristiques du S7-300

L'automate S7-300 possède les caractéristiques suivantes :

- ❖ Automate très performant, optimal dans la résolution des problèmes
- ❖ Gamme diversifiée de CPU
- ❖ Programmation libre

- ❖ Gamme complète de modules
- ❖ Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules
- ❖ Raccordement central de la console de programmation.[15]

IV.6 Modularité du S7-300

Le S7-300 est un automate modulaire, disposant d'une vaste gamme de modules qui peuvent être combinés pour constituer un automate particulier adapté à une application donnée. La figure suivante dénombre les différents modules du S7-300 .

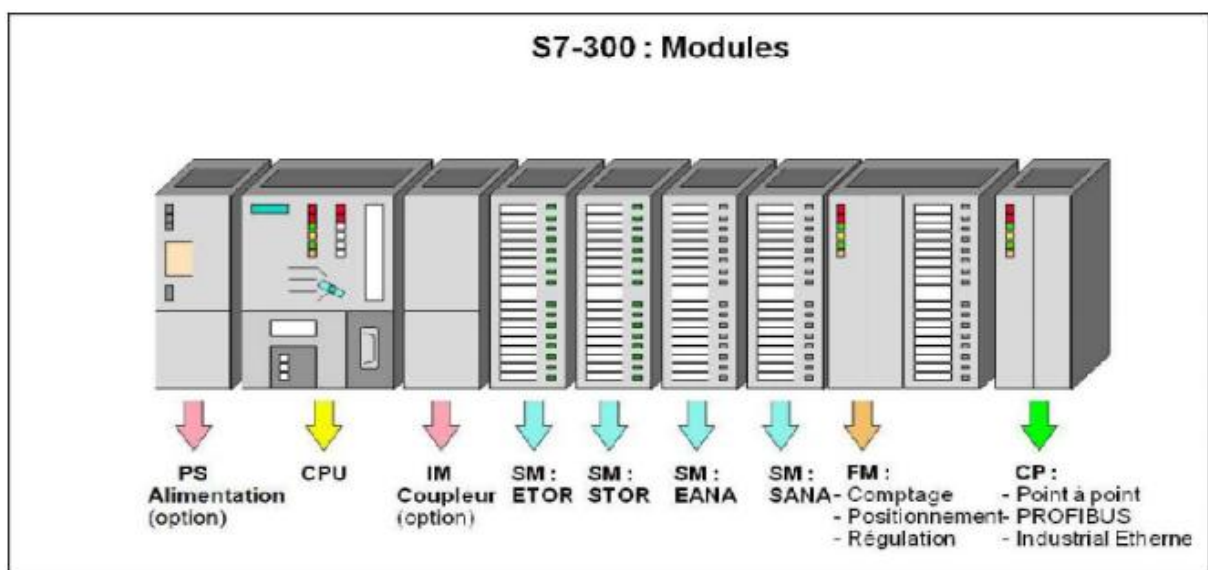


Figure IV.3 : Les différents modules du S7-300. [15]

IV.6.1 Module d'alimentation (PS)

Le S7-300 nécessite une tension de 24 vcc. Le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 380/220 vca en tension de 24vcc.

Une LED indique le bon fonctionnement du module d'alimentation et en cas de surcharge de la tension, un témoin se met à clignoter.

IV.6.2 Unité centrale (CPU)

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 la CPU 314 IFM.

Les fonctions intégrées permettent d'automatiser à moindre coût des tâches qui ne nécessitent pas la performance d'un module de fonction.

La particularité de ces CPU est qu'elles sont dotées d'une EEPROM intégrée.

La CPU 314 IFM dispose des fonctions intégrées suivantes :

- * La fonction intégrée fréquencemètre.
- * La fonction intégrée compteur.
- * La fonction intégrée compteur A/B.

CPU avec interface Profibus DP : CPU 315-2 DP, CPU 316-2DP et CPU 318-2DP.

Elles sont utilisées pour la mise en place des réseaux.

Toutes ces CPU peuvent être utilisées uniquement comme DP maître ou esclave DP à l'exception de la CPU 318-2DP qui est utilisée uniquement comme maître DP [16].

IV.6.3 Modules de signaux (SM)

Les modules de signaux établissent la tension entre la CPU du S7-300 et le processus commandé. Il existe plusieurs modules de signaux.

IV.6.4 Module de fonction (FM)

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes en calcul. On peut citer les modules suivants :

- * FM 350-1 : module de comptage
- * FM 355 : module de régulation.
- * FM 353/FM 357 : module de positionnement pour moteur pas-à-pas.
- * FM 354/FM 357 : module de commande d'axe pour servomoteurs.

IV.6.5 Module de communication (CP)

Les processeurs de communication (CP) réalisent le couplage point-à-point qui relie les partenaires de communication (automates programmables, scanner, PC,...etc).

On peut citer les modules suivants : CP 340, CP 341..

IV.6.6 Modules de simulation

Ce sont des modules spéciaux qui offrent à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service et en cours de fonctionnement.

Dans le S7-300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR. Il assure plusieurs fonctions telles que :

- La simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- La simulation d'état des signaux de sorties par des LED. [15]

IV.6.7 Châssis d'extension (UR)

Support en aluminium, permettant le montage et raccordement électrique des différents Modules.[16]

IV.6.8 Module de coupleur (IM)

Les coupleurs permettent de configurer le S7-300 sur plusieurs rangées et assurent la liaison entre les châssis (le châssis d'extension et le châssis de base) et le couplage entre les différentes unités. Ainsi la communication entre les entrées/sorties et d'autre périphérique et l'unité centrale est assurée.

Pour la gamme S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- * IM 360/ IM361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distance.
- * IM 365 : pour les couplages entre les châssis distant d'un mètre au maximum [15].

IV.7 Brève présentation du logiciel Step 7

STEP7 fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Il représente le logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation.

Les tâches de bases qu'il offre à son utilisateur lors de la création d'une solution d'automatisation sont :

- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- Création et gestion de projets
- La gestion des mnémoniques.
- La création des programmes
- Le chargement de programmes dans les systèmes cibles.
- Le test de l'installation d'automatisation en mode simulation et en temps réel.
- Le diagnostic lors des perturbations dans l'installation.

IV.7.1 Application du logiciel STEP7

Le logiciel STEP7 met à disposition les applications de base suivantes :

- * Le gestionnaire de projets.
- * La configuration du matériel.

- * L'éditeur de programmes CONT, LOG, LIST.
- * La configuration de la communication NETPRO.
- * Le diagnostic du matériel [15].

IV.8 Structure d'un programme Step 7

Le logiciel de programmation STEP 7 permet de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire de le subdiviser en différentes parties autonomes (blocs).

IV.8.1 Les blocs utilisateurs

Ces blocs sont destinés à structurer le programme utilisateur et dont on peut citer les blocs importants suivants :

- a) **Bloc d'organisation (OB)** : Ce bloc est appelé cycliquement par le système d'exploitation, il constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs
- b) **Fonction** : Elle contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Elle peut être utilisée pour :
 - ❖ Renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
 - ❖ Exécuter une fonction technologique.

Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données

- c) **Bloc fonctionnel (FB)** : Il contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélération,...etc).
- d) **Bloc de données (DB)** : Les DB sont des zones de données dans lesquelles l'on enregistre les données utilisateur.
- e) **Les blocs système** : Ils sont des blocs prédéfinis et intégrés dans le système d'exploitation de la CPU. Ces blocs peuvent être appelés par le bloc utilisateur et utilisés dans le programme. Il s'agit des blocs fonctionnels système (FSB), les fonctions système (SFC) et les données système (SDB) [15].

IV.9 Utilisation de STEP 7

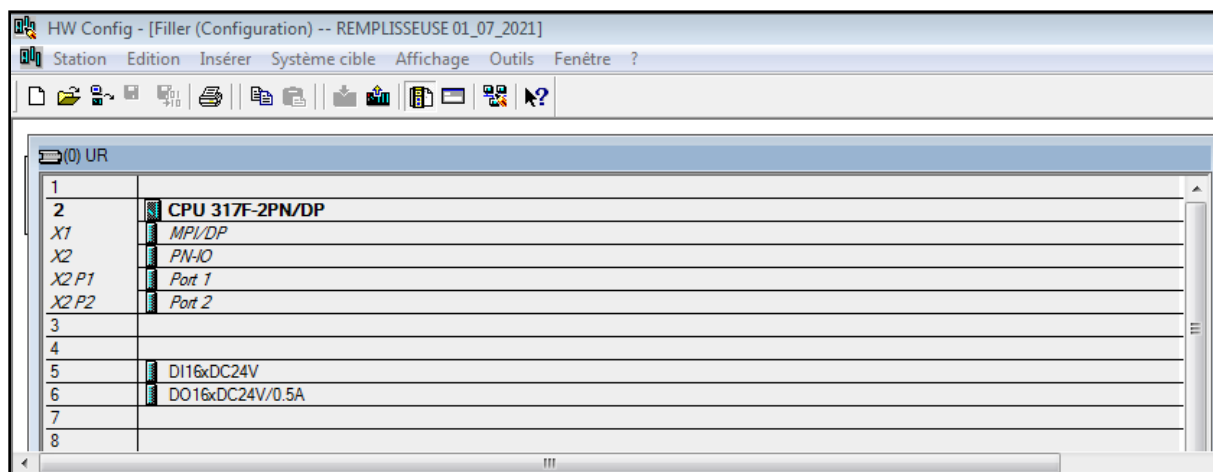
Après avoir créé un projet sous STEP 7 et choisir la CPU qui convient, on passe à la configuration matérielle.

IV.9.1 Configuration matérielle

La configuration matérielle consiste en la disposition des châssis (racks), des modules et d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut placer un nombre défini de modules, comme dans les châssis réels.

Nous avons choisi donc : une CPU 317F-2PN/DP, un module d'entrée TOR, un module de sortie TOR et un module d'entrée sortie analogique pour établir notre configuration matérielle.

Ce choix est justifié par le nombre d'entrées / sorties que possède notre installation ainsi que leurs nature. La figure suivante illustre notre configuration matérielle :



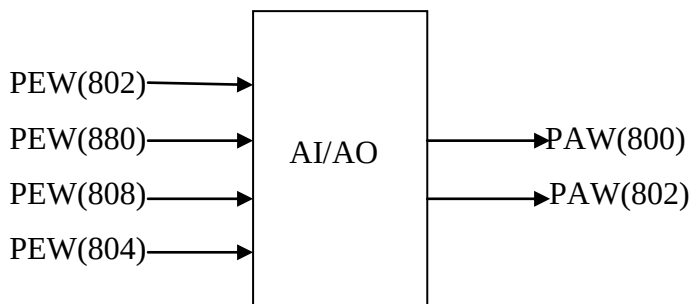
Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sortie	Commentaire
1							
2	CPU 317F-2PN/DP	6ES7 317-2FK14-0AB0	V3.1				
X1	MPI/DP				2047"		
X2	PN-IO				2046"		
X2 P1	Port 1				2045"		
X2 P2	Port 2				8153"		
3							
4							
5	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			0...1		
6	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				0...1	
7							
8							
9							
10							
11							

Figure IV.4 : Configuration matérielle.

Où, on a essentiellement :

- CPU 317F-2PN/DP.
- 1 module d'entrées digitales 16 bits.
- 1 module de sorties digitales de 16bits.
- 1 module d'entrées sorties analogiques : 4entrée et 2sorties

La structure générale du module d'entrée/sortie analogique est comme suite :



- ✓ PEW(802) : entrée pour le capteur de pression
- ✓ PEW(880) : entrée pour la sonde de niveau remplisseuse
- ✓ PEW(808) : entrée pour le capteur de conductivité (CTS201)
- ✓ PEW(804) : entrée pour capteur de débit (FTF200)
- ✓ PAW(800) : sortie du signal de commande de la vanne modulante (RVF201)
- ✓ PAW(802) : sortie non utilisée.

Après avoir fait la configuration matérielle, on passe au programme.

IV.9.2 Création de la table mnémonique:

Une mnémonique est un nom défini par l'utilisateur qui obéit à certaines règles de syntaxes. Ce nom peut remplacer une variable, un type de données, un repère de saut ou un bloc dans la programmation. Il est destiné à rendre le programme utilisateur lisible, et à se retrouver facilement dans le cas de grands nombres de variables. La table mnémonique présenté sur la Figure IV.5 est une table qui permet d'affecter des mnémoniques à des adresses de données globales et qui sont accessibles à partir de tous les blocs de code (FC, FB, OB).

Editeur de mnémoniques - Programme S7(1) (Mnémoniques)

Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?

Tous les mnémoniques

Programme S7(1) (Mnémoniques) -- remp\Station SIMATIC 300\CPU317-2 PN/DP(1)

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
1		CIP a commencé	M 20.1	BOOL	CIP a commencé
2		CIP running	M 30.5	BOOL	CIP en cours
3		CIP started	M 30.1	BOOL	CIP a commencé
4		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
5		DB2	DB 2	DB 2	
6		HMI général DB	DB 1	DB 1	operateur command DB
7		INIT option_fir DB	DB 50	DB 50	DB de configuration de fichier
8		M10.1	M 10.1	BOOL	bloc de production
9		M10.2	M 10.2	BOOL	production suspendue
10		M100.1	M 100.1	BOOL	interdiction de production
11		M20.0	M 20.0	BOOL	interdiction CIP
12		M30.2	M 30.2	BOOL	bloc CIP
13		M30.3	M 30.3	BOOL	CIP suspendu
14		M30.4	M 30.4	BOOL	système CIP inondé
15		ON	M 100.0	BOOL	Toujour activé
16		production DB	DB 10	DB 10	
17		prod running	M 10.5	BOOL	production running
18		production started	M 10.4	BOOL	la production a commencé
19					

Figure. IV.5:Table des mnémoniques

IV.9.3 Quelques Exemples du notre programme avec simulation

Les Figures IV-6 à IV-12, présentent quelques exemples de notre programme.

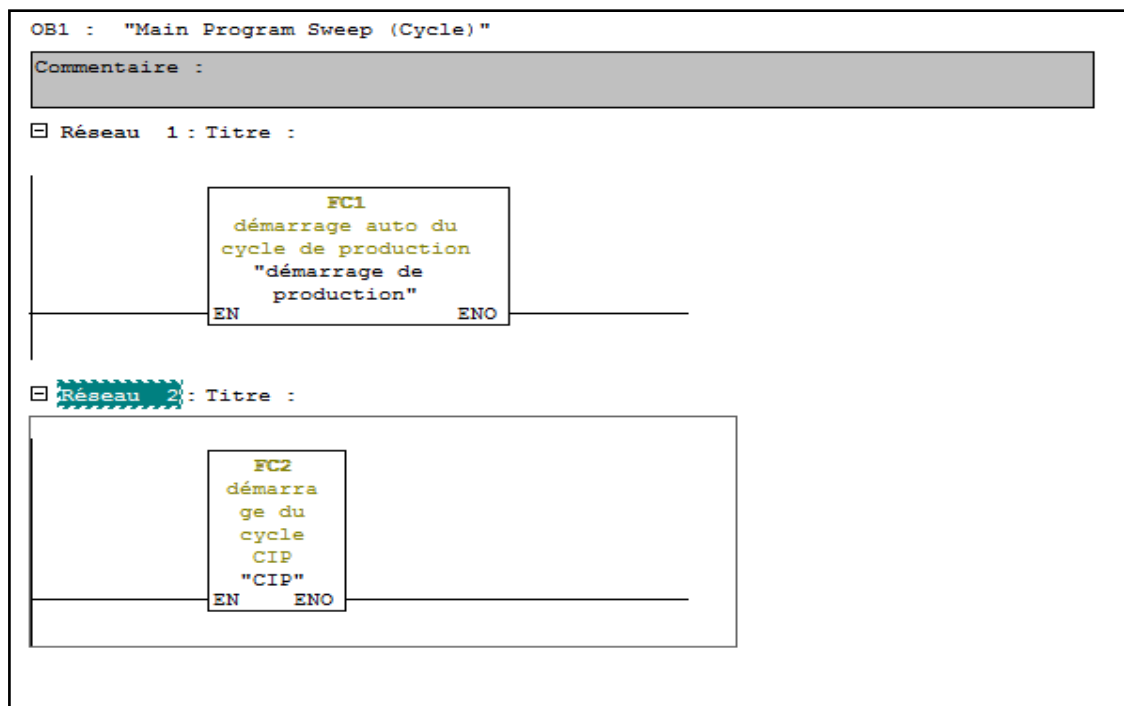


Figure. IV.6: La fonction FC1 et FC2 (appel dans OB1).

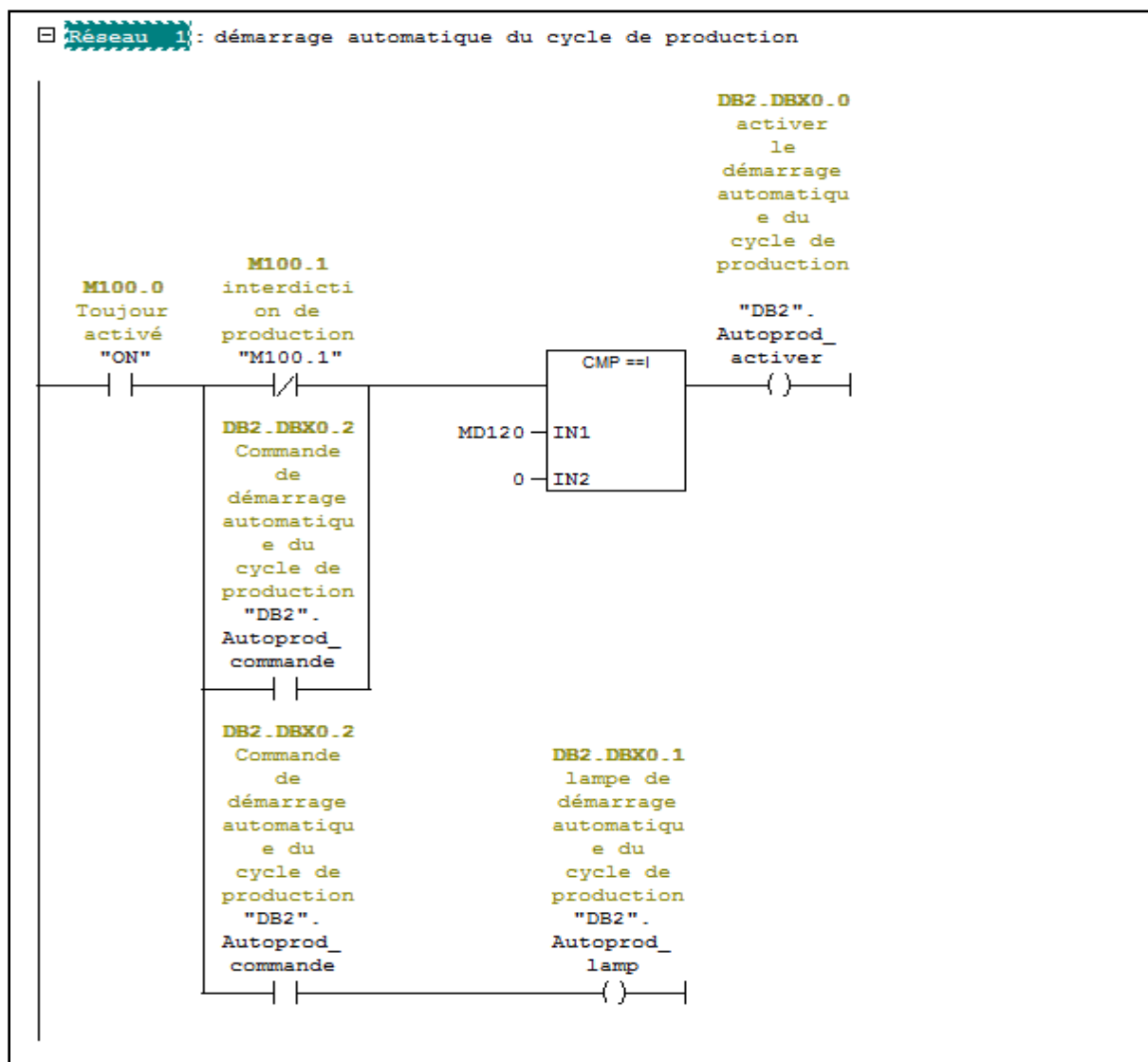


Figure. IV.7: Le démarrage automatique de cycle de production

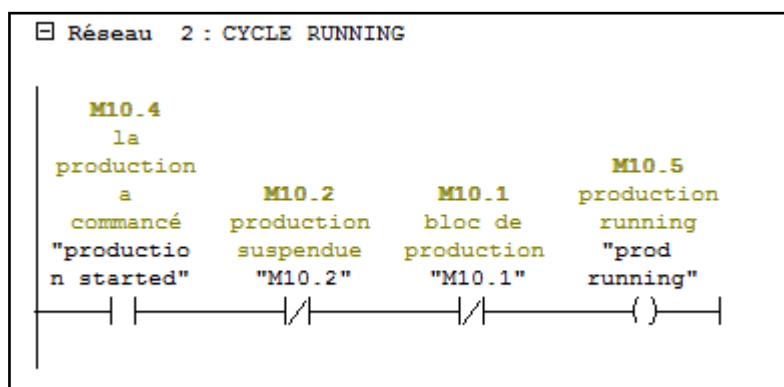


Figure. IV.8 : Le cycle en cours d'exécution

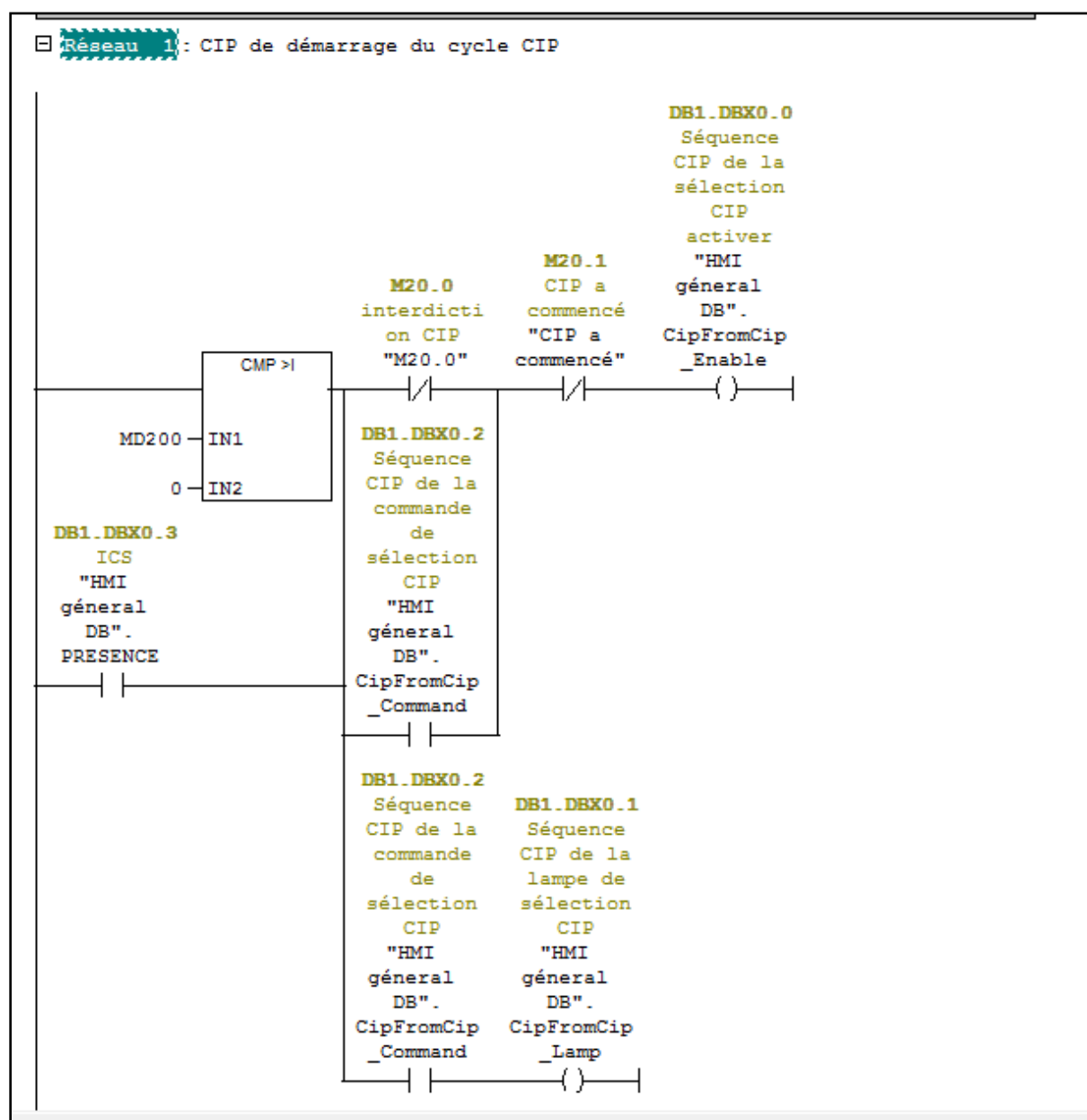


Figure. IV.9 : Démarrage de cycle CIP

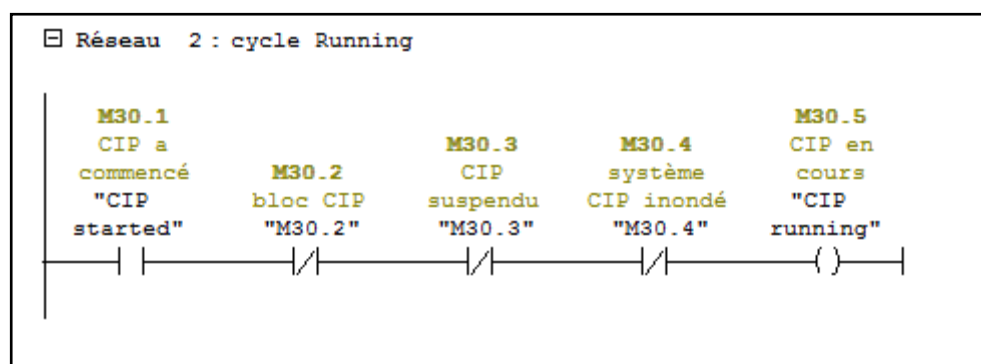


Figure. IV.10 : Le cycle CIP en cours d'exécution

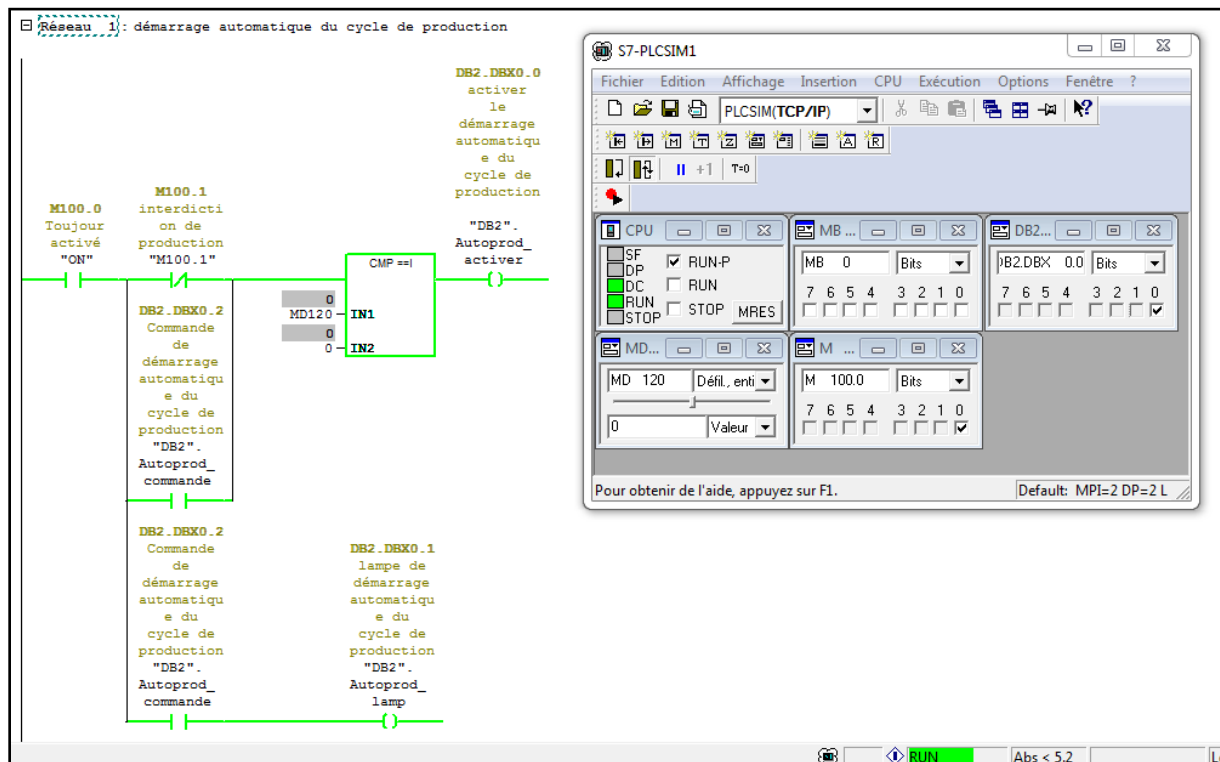


Figure. IV.11 : Simulation de FC1 par S7- PLCSIM

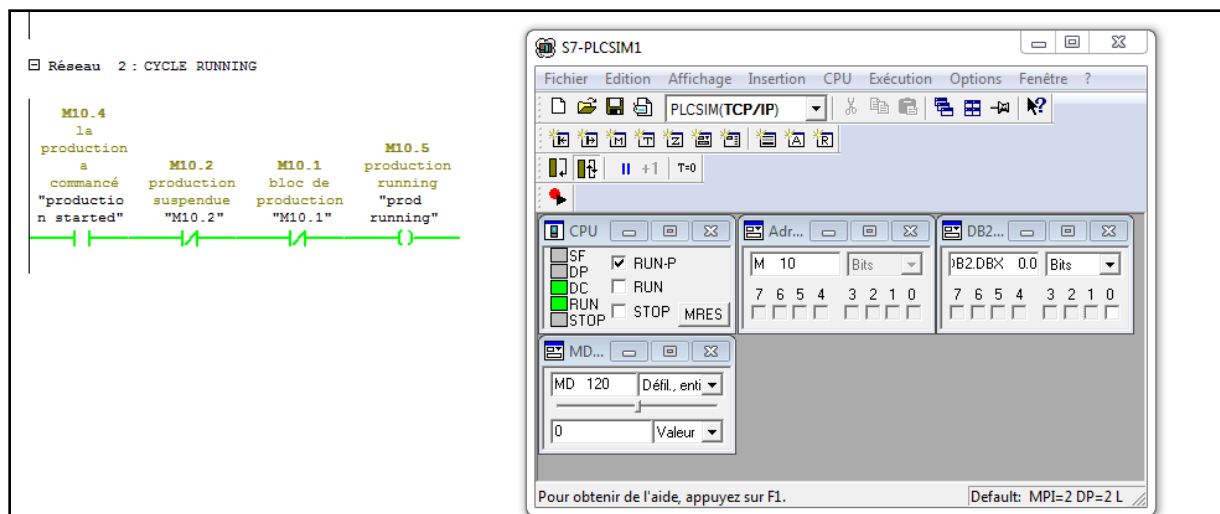


Figure. IV.12 : Simulation de cycle de production commencé

IV.11 Conclusion

Les solutions programmées présentent plusieurs avantages comme la flexibilité, la facilité d'extension de ses modules et la possibilité de visualiser le programme établi avant sa mise en œuvre sur un véritable automate grâce au logiciel de simulation S7-PLCSIM. Les actions de chaque sous-système sont programmées en FC pour identifier et faciliter les modifications à faire si nécessaire.

Conclusion Générale

Mon 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 deux mois.

Le but de mon travail consiste à faire l'étude et la simulation de la machine de remplissage d'eau. Ceci m'a permis de connaître la technologie qui constitue cette machine et comprendre son fonctionnement. J'ai débuté par lire la documentation technique de cette machine pour bien comprendre son fonctionnement. Ensuite, j'ai détecté les principaux composants nécessaires qui contiennent comme les capteurs et les actionneurs et l'automate utilisée, et à la fin j'ai fait la modélisation par GRAFCET et la simulation de programme avec le logiciel Step 7 et S7 PLCSIM.

Le système automatique de cette remplisseuse a donné plusieurs opportunités de bien connaître 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'il m'a apporté comme :

- D'affronter le milieu professionnel
- Se familiariser avec le milieu du travail;
- d'approfondir mes connaissances dans différents secteurs tels que le pneumatique et l'automatisation industrielle
- mettre mes connaissances théoriques en pratique et l'expérience engrangée lors de ma collaboration avec l'équipe d'ingénieurs
- Maîtriser certains instruments et certains outils indispensables pour un automaticien tel que le GRAFCET, la programmation STEP7

Cependant, j'espère que ce modeste travail sera précieux et pour a 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.

Bibliographie

- [1] :<https://m.facebook.com/Blida.Services/photos/a.664701756939665/2200143136728845/> ,(consulté le 30/06/2022).
- [2] : A.Mekfouldji, « 300 emplois pour la SPA Taberkachent », article Nestlé-Sidi El Kebir, www.elwatan.com, Algérie ,21/05/2005,(consulté le 10/07/22)
- [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.1instruction originale, Sidel S.p.A. 43126 PARMA – Italy Via La Spezia, 241/A
- [6] :M.L. FAS, « Les actionneurs hydrauliques & pneumatiques »,Cours 3 ème année Licence, Automatique, Département d’électronique, USDB1, Algérie, 2019.
- [7] :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.
- [8] :<https://guide.directindustry.com/fr/bien-choisir-une-electrovanne/>, (consulté le 30/06/2022).
- [9] : DANFOSS, « Manuel de configuration du VLT ® 5000 »,MG.52.B1.04 – VLT, [En ligne]. Disponible: https://files.danfoss.com/download/Drives/doc_MG52B104.pdf , (consulté le 15/06/22)
- [10] :A.GONZAGA. « Les Automates programmables industriels », [En ligne]. Disponible:https://www.geea.org/IMG/pdf/LES_AUTOMATES_PROGRAMMABLES_INDUSTRIELS_pour_GEEA.pdf, (consulté le 10/06/22)
- [11] : R. DAVID, H. ALLA, « Du Grafcet aux réseaux de pétri », Edition HERMEX, Paris, 1992, 1997,493pages ,Deuxième édition revue et augmentée.
- [12] : J.Louis , « Le GRAFCET »,[En ligne]. Disponible: <http://hu.jean-louis.pagesperso-orange.fr/ressourc/auto/pdf/macros.pdf> ,(consulté le 10/06/22)
- [13] : L. BERGOUGNOUX, « API Automate Programmables Industriels», cours API, polytech Marseille, France,2004-2005.[En ligne]. Disponible: <https://fr.scribd.com/document/88755125/coursAPI> ,(consulté le 02/08/2022)

[14] :M.Bouamoud, B.Maamar,« Automatisation d'une station de lavage: étude, programmation et simulation par Step7»,Mémoire de Master professionnel, université Akli Moand Oulhadj, Buira,Algérie,2016

[15] :Siemens , « Langage CONT pour SIMATIC S7-300/400 ».[En ligne]. Disponible: <https://cours.etsmtl.ca/gpa141/autresdocuments/siemens/kop.pdf> , (consulté le 25/06/22)