

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : **Automatique et Informatique  
Industrielle**

*Présenté par*

**Hocine MAHOUCHE**

**Ahcene MAHOUCHE**

Thème

# Étude Et Programmation Et Supervision D'une Banderoleuse PIERI SILVER-FAST

*Mémoire soutenu publiquement le 29/09/2024 devant le jury composé de :*

**M Moussa CHARIF**

MA, UMMTO, Président

**M Saida BEDOUHENE**

MAA, UMMTO, Encadrant

**M Karima HOUACINE**

MCB, UMMTO, Examineur

**M Khedoudja KHERRAZ**

MCB, UMMTO, Examineur

# Remerciements

*La présentation de cette étude nous permet d'exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui nous en apporter leurs aides avec leurs conseils si précieux durant l'élaboration de ce projet de fin d'études.*

*Nous tenons à exprimer notre haute estime à nos aimables enseignants qui ont participé depuis le début jusqu'à la fin de notre cursus universitaire dont tout le personnel de la faculté génie électrique et informatique de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.*

*Notre gratitude ira particulièrement à notre promotrice Mme BEDOUHENE SAIDA pour son assistance et son encouragement.*

*Nous adressons également nos profonds remerciements à Monsieur AHMED GHERNAOUT ingénieur en qualité d'encadreur, ainsi que tout les employés de la SARL TIFRA LAIT pour leur aide et leur serviabilité tout au long de notre stage pratique.*

*Notre respect pour les membres du Jury pour l'honneur qu'ils nous font en participant au jugement de ce travail.*

# *Dédicaces*

*Avec tout mes sentiments de respect. Avec l'expérience de notre reconnaissance.*

*On dédit notre remise de diplôme et notre joie*

## *À Notre Merveilleuse Maman*

*Chaque jour, on est reconnaissant pour l'amour et la douceur que tu apportes dans notre vie.*

*Ta force et ta bienveillance nous inspirent à être les meilleurs. Merci d'être toujours là, de croire en nous et de nous soutenir inconditionnellement*

*On t'aime de tout nos cœurs.*

## *À Ma Tante chérie Ourida*

*Ta présence illumine notre vie ! Merci pour tout les moments de joie, les rires partagés, ta*

*générosité et tout les souvenirs merveilleux que nous partageons.*

*On est tellement chanceux de t'avoir dans notre vie.*

## *À Notre Grand Frère Adoré Dada Mohand*

*Tu étais toujours l'exemple que nous suivons*

*Merci d'être toujours là pour nous avec ton soutien et ta sagesse.*

## *À Nos Deux Sœurs Uniques*

## *À Notre neveu bien aimé Yasten*

## *À Notre Cher Cousin Amir et Notre Beau Frère Moussa*

*À ceux qu'on à eu la chance de connaître, dans les meilleurs moments de notre vie.*

## *À Nos Amis Les Plus Fidèles*

*À la mémoire de nos très chers grands-parents qui sont toujours vivants dans*

*nos cœurs et gravé dans nos mémoires à tout jamais.*

*Ahcène & Hocine*



|  |    |
|--|----|
| <b>Introduction générale</b> .....   | 1  |
| <b>Chapitre 1 : Généralité sur la SARL TIFRA LAIT</b>                                  |    |
| Introduction.....  | 3  |
| 1.1 Historique de l'entreprise .....   | 3  |
| 1.2 Les trois divisions de l'entreprise Tifra lait .....                               | 4  |
| 1.3 Organigramme générale de l'entreprise TIFRA-LAIT .....                             | 5  |
| 1.4 Capacité de transformation .....   | 5  |
| 1.5 Réseau de distribution .....   | 6  |
| 1.6 Déroulement de la fabrication du produit final .....                               | 7  |
| 1.6.1 Machine Universelle STEPHAN UM200 .....  | 7  |
| 1.6.2 Machine UHT STEPHAN .....  | 8  |
| 1.6.2.1 Cuiseur en continu STEPHAN (CC) .....  | 9  |
| 1.6.2.2 Ligne UHT STEPHAN .....  | 9  |
| 1.6.2.3 Cuve de crème et module de refroidissement intégrés .....                      | 10 |
| 1.6.3 Corazza FF220E .....   | 10 |
| 1.6.4 Corazza EB80 .....   | 12 |
| 1.6.5 banderoleuse semi-automatique .....  | 14 |
| 1.7 Missions et objectifs .....  | 14 |
| 1.8 Problématique .....  | 15 |
| Conclusion.....  | 15 |
| <b>Chapitre 2 : Étude de la machine banderoleuse et son principe de fonctionnement</b> |    |
| Introduction.....  | 16 |
| 2.1 Les machines banderoleuses.....  | 16 |
| 2.1.1 Types des banderoleuses et principe de fonctionnement .....                      | 16 |
| 2.1.1.1 Banderoleuse semi-automatique .....  | 16 |
| 2.1.1.2 Banderoleuse automatique .....   | 17 |
| 2.1.2 Avantages et inconvénients de l'emballage automatique et semi-automatique.....   | 18 |
| 2.2 Banderoleuse pieri silver fast .....   | 19 |
| 2.3 La partie pneumatique de la banderoleuse silver fast .....                         | 20 |
| 2.3.1 Alimentation pneumatique .....   | 20 |
| 2.3.2 Circuit pneumatique .....  | 21 |
| 2.3.3 Constituants pneumatiques .....  | 21 |
| 2.3.3.1 Le compresseur .....   | 21 |
| 2.3.3.2 Unité de conditionnement FLR .....   | 22 |
| 2.3.4 Les distributeurs .....  | 23 |
| 2.3.5 Les distributeurs pneumatiques .....   | 23 |
| 2.3.6 Les vérins .....   | 25 |
| 2.3.6.1 Constituants de base d'un vérin .....  | 26 |
| 2.3.6.2 Utilisation des vérins dans la banderoleuse .....                              | 26 |
| 2.4 La partie électrique de la banderoleuse silver fast .....                          | 27 |
| 2.4.1 Le bouton poussoir .....   | 27 |
| 2.4.2 Le bouton d'arrêt d'urgence .....  | 27 |
| 2.4.3 Un encodeur .....  | 28 |
| 2.4.4 Le disjoncteur magnétothermique .....  | 28 |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 2.4.5  | Commutateur de position rotative .....                   | 29 |
| 2.4.6  | Capteur photoélectrique .....                            | 30 |
| 2.4.6.1  | Avantages .....  | 30 |
| 2.4.6.2  | Fonctionnement des photocellules électriques .....       | 30 |
| 2.4.7  | Détecteur de position (fin de course) .....              | 31 |
| 2.4.7.1  | Avantages .....  | 31 |
| 2.4.8  | Variateurs de vitesse .....                              | 32 |
| 2.4.8.1  | Avantages .....  | 32 |
| 2.4.9  | Serrure électrique de sécurité .....                     | 33 |
| 2.5  | La partie mécanique de la banderoleuse silver fast ..... | 33 |
| 2.5.1  | Moteur électrique .....                                  | 33 |
| 2.5.2  | Moteur réducteur .....                                   | 34 |
| 2.5.3  | Convoyeurs à rouleaux motorisés .....                    | 35 |
| 2.5.3.1  | Avantages .....  | 36 |
| 2.5.4  | Mécanisme porteur groupe de pré-étirage (film) .....     | 36 |
| 2.6  | Installation de la banderoleuse silver fast .....        | 37 |
| 2.6.1  | Vue de haut de l'installation .....                      | 37 |
| 2.6.2  | Mode de fonctionnement .....                             | 38 |
| 2.6.2.1  | Groupe des convoyeurs .....                              | 38 |
| 2.6.2.2  | Bras tournant.....                                       | 39 |
| 2.6.2.3  | Mécanisme de finition .....                              | 39 |
| 2.6.3  | Déroulement des étapes de fonctionnement.....            | 41 |
|  | Conclusion.....  | 42 |
| <b>Chapitre 3 : Modélisation de la banderoleuse avec l'outil GRAFCET</b> |  |    |
|  | Introduction.....  | 43 |
| 3.1  | Le GRAFCET .....   | 43 |
| 3.1.1  | Définition du GRAFCET .....                              | 43 |
| 3.1.2  | Les concepts de base d'un GRAFCET.....                   | 43 |
| 3.1.2.1  | Etape .....  | 44 |
| 3.1.2.2  | Actions associées aux étapes .....                       | 44 |
| 3.1.2.3  | Transition.....  | 45 |
| 3.1.2.4  | Réceptivité.....   | 45 |
| 3.1.2.5  | Liaisons orientées .....                                 | 46 |
| 3.1.3  | Classification des actions associées aux étapes.....     | 46 |
| 3.1.3.1  | Actions continues .....                                  | 46 |
| 3.1.3.2  | Actions conditionnelles .....                            | 46 |
| 3.1.3.3  | Actions mémorisées.....                                  | 48 |
| 3.1.4  | Règles d'évolution d'un GRAFCET .....                    | 48 |
| 3.1.5  | Symbolisation de GRAFCET.....                            | 49 |
| 3.1.6  | Les structures de base .....                             | 50 |
| 3.1.6.1  | Notion de séquence .....                                 | 50 |
| 3.1.6.2  | Saut d'étapes et reprise de séquence .....               | 51 |
| 3.1.6.3  | Aiguillage entre deux ou plusieurs séquences.....        | 51 |
| 3.1.6.4  | Parallélisme entre deux ou plusieurs séquences .....     | 52 |
| 3.2  | Les niveaux de GRAFCET.....                              | 53 |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 3.3  | Mise en équation d'un GRAFCET .....                          | 54 |
| 3.4  | Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC .....       | 55 |
| 3.5  | Modélisation de la Banderoleuse par l'outil GRAFCET.....     | 56 |
| 3.5.1  | Cahier des charges.....                                      | 56 |
| 3.5.2  | Le GRAFCET fonctionnel de la pieri silver fast .....         | 58 |
| 3.5.3  | Liste des abréviations du GRAFCET.....                       | 61 |
|  | Conclusion.....  | 63 |
| <b>Chapitre 4 : Programmation de la banderoleuse via le logiciel TIA PORTAL</b>  |  |    |
|  | Introduction.....  | 64 |
| 4.1  | L'automatisation des systèmes industriels .....              | 64 |
| 4.1.1  | But de l'automatisation des systèmes industriels.....        | 64 |
| 4.1.2  | Structure d'un système automatisé .....                      | 65 |
| 4.2  | Automate programmable industriel .....                       | 66 |
| 4.2.1  | Choix de l'automate .....                                    | 67 |
| 4.2.2  | Etude des différentes gammes .....                           | 67 |
| 4.2.3  | Automate Siemens Simatic S7300 .....                         | 70 |
| 4.2.3.1  | Constituants de l'automate S7-300 .....                      | 70 |
| 4.2.3.2  | Avantages S7300 .....  | 72 |
| 4.2.4  | Présentation de la CPU SIEMENS 314C-2 PN/DP .....            | 72 |
| 4.3  | Programmation de l'automate S7-300 avec TIA portal .....     | 72 |
| 4.3.1  | Présentation du logiciel TIA portal .....                    | 72 |
| 4.3.1.1  | Type de bloc .....   | 73 |
| 4.3.1.2  | Langages de programmation .....                              | 74 |
| 4.3.2  | Création d'un projet .....                                   | 75 |
| 4.3.3  | La configuration matérielle .....                            | 75 |
| 4.3.3.1  | Adressage des E/S .....                                      | 76 |
| 4.3.3.2  | Adresse Ethernet de la CPU .....                             | 76 |
| 4.3.3.3  | Compilation et chargement de la configuration matériel ..... | 77 |
| 4.3.4  | Les variables API.....                                       | 77 |
| 4.3.5  | Programmation de l'automate S7-300.....                      | 78 |
| 4.3.5.1  | Structure de programmation TIA PORTAL.....                   | 78 |
| 4.3.5.2  | Structure du programme réalisé.....                          | 78 |
| 4.3.5.3  | Table des variables d'entrées sorties .....                  | 79 |
| 4.3.5.4  | Simulation du programme réalisé .....                        | 80 |
|  | Conclusion.....  | 84 |
| <b>Chapitre 5 : Développement des vues de supervision associées à la machine</b> |  |    |
|  | Introduction.....  | 85 |
| 5.1  | Définition de la supervision industrielle .....              | 85 |
| 5.2  | Les avantages de la supervision .....                        | 85 |
| 5.3  | Partie hardware .....  | 86 |
| 5.3.1  | Dialogue homme machine .....                                 | 86 |
| 5.3.2  | Architecture du réseau de supervision .....                  | 87 |
| 5.4  | Partie software .....  | 87 |
| 5.4.1  | Modules fonctionnels d'un système de supervision .....       | 87 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.4.2 | Traitement des données .....  | 87 |
| 5.4.3 | Contrôle/Commande supervisé .....                                     | 88 |
| 5.5   | Constitution d'un système de supervision .....                        | 88 |
| 5.6   | Structure d'un système de supervision .....                           | 89 |
| 5.7   | Présentation du logiciel de supervision WinCC Flexible .....          | 89 |
| 5.7.1 | Avantages de WinCC Flexible .....                                     | 90 |
| 5.7.2 | Présentation WinCC sur TIA PORTAL .....                               | 90 |
| 5.8   | Présentation de la plateforme de supervision de la banderoleuse ..... | 91 |
| 5.8.1 | Vue identification .....  | 92 |
| 5.8.2 | Vue accueil .....   | 92 |
| 5.8.3 | Vue paramètres .....  | 93 |
| 5.8.4 | Vue convoyeurs .....  | 93 |
| 5.8.5 | Vue banderoleuse .....  | 94 |
| 5.8.6 | Vue alarmes .....   | 94 |
|       | Conclusion .....  | 95 |
|       | <b>Conclusion générale</b> .....                                      | 96 |
|       | <b>Références bibliographiques</b>                                    |    |

**Chapitre 1 : Généralité sur la SARL Tifra Lait**

|  |    |
|--|----|
| Figure 1.1 : L'entrée de la SARL TIFRA LAIT .....                        | 3  |
| Figure 1.2 : Les divisions de la SARL TIFRA LAIT.....                    | 4  |
| Figure 1.3 : L'organigramme de la SARL TIFRA LAIT .....                  | 5  |
| Figure 1.4 : Cuiseur discontinu STEPHAN UM200.....                       | 7  |
| Figure 1.5 : La machine STEPHAN UHT .....                                | 8  |
| Figure 1.6 : Cuiseur en continu .....                                    | 9  |
| Figure 1.7 : Ligne UHT.....  | 9  |
| Figure 1.8 : Cuve de crémage et module de refroidissement intégrés ..... | 10 |
| Figure 1.9 : Conditionneuse de portions FF220E .....                     | 11 |
| Figure 1.10 : Schéma de positionnement des portions de fromage.....      | 11 |
| Figure 1.11 : Cycle de travail de la Corazza FF220E .....                | 12 |
| Figure 1.12 : Machine Corazza EB80 .....                                 | 13 |
| Figure 1.13 : Cycle de travail de la Corazza EB80 .....                  | 13 |
| Figure 1.14 : Banderoleuse semi-automatique .....                        | 14 |

**Chapitre 2 : Étude de la machine banderoleuse et son principe de fonctionnement**

|  |    |
|--|----|
| Figure 2.1 : Les types des banderoleuses semi-automatiques .....               | 16 |
| Figure 2.2 : Etapes de fonctionnement de la banderoleuse semi-automatique..... | 17 |
| Figure 2.3 : Banderoleuse à bras tournant .....                                | 17 |
| Figure 2.4 : Banderoleuse à plateau tournant .....                             | 17 |
| Figure 2.5 : Banderoleuse automatique pieri silver fast.....                   | 19 |
| Figure 2.6 : Déroulement du circuit pneumatique.....                           | 21 |
| Figure 2.7 : Unité de conditionnement.....                                     | 22 |
| Figure 2.8 : Unité de conditionnement (Symbole).....                           | 22 |
| Figure 2.9 : Traitement de l'énergie par les distributeurs.....                | 23 |
| Figure 2.10 : Distributeur pneumatique .....                                   | 23 |
| Figure 2.11 : Exemple de distributeur pneumatique 5/2 .....                    | 24 |
| Figure 2.12 : Distributeur Monostable (schéma) .....                           | 24 |
| Figure 2.13 : Distributeur Bistable (schéma) .....                             | 24 |
| Figure 2.14 : Vérin simple effet .....   | 25 |
| Figure 2.15 : Vérin double effet .....   | 25 |
| Figure 2.16 : Constitution d'un vérin.....                                     | 26 |
| Figure 2.17 : Bouton poussoir .....  | 27 |
| Figure 2.18 : Les boutons d'arrêt d'urgence .....                              | 28 |
| Figure 2.19 : L'encodeur rotatif.....  | 28 |
| Figure 2.20 : Disjoncteur magnétothermique.....                                | 29 |
| Figure 2.21 : Commutateur rotative .....                                       | 29 |
| Figure 2.22 : Capteur photoélectrique.....                                     | 30 |
| Figure 2.23 : Fonctionnement des photocellules.....                            | 30 |
| Figure 2.24 : Capteur fin de course .....                                      | 31 |
| Figure 2.25 : Variateur de vitesse.....  | 32 |
| Figure 2.26 : Serrure électrique.....  | 33 |
| Figure 2.27: Les composants d'un moteur électrique asynchrone.....             | 34 |
| Figure 2.28 : Moteur réducteur .....   | 35 |

|   |    |
|---|----|
| Figure 2.29 : Convoyeur à rouleaux motorisé.....                                  | 35 |
| Figure 2.30 : Chariot porte bobine .....  | 36 |
| Figure 2.31 : Vue de haut de l'installation de la banderoleuse.....               | 37 |
| Figure 2.32 : L'enchaînement des convoyeurs avec l'emplacement des capteurs ..... | 38 |
| Figure 2.33 : Installation de la banderoleuse.....                                | 39 |
| Figure 2.34 : Mouvement du bras (Vérin°01) .....                                  | 40 |
| Figure 2.35 : Rotation de l'équipement de finition (Vérin n°02) .....             | 40 |
| Figure 2.36 : Mécanisme du crochet (Vérin n°03).....                              | 40 |
| Figure 2.37 : Mouvement de l'équipement crochet-résistance (Vérin n°04).....      | 41 |
| <b>Chapitre 3 : Modélisation de la banderoleuse avec l'outil GRAFCET</b>          |    |
| Figure 3.1 : Les étapes du GRAFCET .....  | 44 |
| Figure 3.2 : Les actions du GRAFCET .....   | 44 |
| Figure 3.3 : Transition du GRAFCET.....   | 45 |
| Figure 3.4 : Réceptivité du GRAFCET .....   | 45 |
| Figure 3.5 : Les liaisons orientées du GRAFCET.....                               | 46 |
| Figure 3.6 : Actions continues.....   | 46 |
| Figure 3.7 : Action conditionnelle simple .....                                   | 47 |
| Figure 3.8 : Action retardée.....   | 47 |
| Figure 3.9 : Action de durée limitée.....   | 47 |
| Figure 3.10 : Actions mémorisées .....  | 48 |
| Figure 3.11 : Evolution des étapes actives .....                                  | 49 |
| Figure 3.12 : Symbolisation de GRAFCET .....                                      | 50 |
| Figure 3.13 : Les séquences d'un GRAFCET .....                                    | 50 |
| Figure 3.14 : Saut d'étapes et reprise de séquence.....                           | 51 |
| Figure 3.15 : Divergence OU et convergence OU .....                               | 52 |
| Figure 3.16 : Divergence en ET .....  | 52 |
| Figure 3.17 : GRAFCET de niveau 1 .....   | 54 |
| Figure 3.18 : GRAFCET de niveau 2.....  | 54 |
| Figure 3.19 : Equation d'activation de l'étape de rang n .....                    | 55 |
| Figure 3.20 : Diagramme en échelle (Ladder) .....                                 | 55 |
| Figure 3.21 : GRAFCET de niveau 2 de la banderoleuse.....                         | 61 |
| <b>Chapitre 4 : Programmation de la banderoleuse via le logiciel TIA PORTAL</b>   |    |
| Figure 4.1 : Structure d'un système automatisé.....                               | 65 |
| Figure 4.2 : Structure interne d'un API.....                                      | 66 |
| Figure 4.3 : API SIEMENS S7-200 .....   | 68 |
| Figure 4.4 : API SIEMENS S7-300 .....   | 68 |
| Figure 4.5 : API SIEMENS S7-400 .....   | 68 |
| Figure 4.6 : API SIEMENS S7-1200 .....  | 69 |
| Figure 4.7 : API SIEMENS S7-1500 .....  | 69 |
| Figure 4.8 : Constituants de l'automate S7-300.....                               | 71 |
| Figure 4.9 : CPU SIEMENS 314C-2 PN/DP .....                                       | 72 |
| Figure 4.10 : Logiciel TIA PORTAL.....  | 73 |
| Figure 4.11 : Langages de programmation.....                                      | 74 |
| Figure 4.12 : Création d'un projet.....   | 75 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 4.13 : Choix de la CPU .....  | 75 |
| Figure 4.14 : Configuration matérielle .....                                     | 76 |
| Figure 4.15 : Adresse Ethernet de la CPU .....                                   | 76 |
| Figure 4.16 : Compilation et chargement .....                                    | 77 |
| Figure 4.17 : Adresses et commentaires des variables globales .....              | 77 |
| Figure 4.18 Programmation structurée de la banderoleuse .....                    | 78 |
| Figure 4.19 : Structure du programme réalisé .....                               | 79 |
| Figure 4.20 : Table des variables .....  | 80 |
| Figure 4.21 : Marche automatique du convoyeur 1 .....                            | 81 |
| Figure 4.22 : Marche automatique du convoyeur 2 .....                            | 81 |
| Figure 4.23 : Marche automatique du convoyeur 3 .....                            | 82 |
| Figure 4.24 : chargement du programme dans l'automate .....                      | 82 |
| Figure 4.25 : Simulateur S7-PLCSIM .....   | 83 |
| Figure 4.26 : Appel de FC1 dans OB1 .....  | 83 |
| Figure 4.27 : Simulation du bloc FC1 .....                                       | 83 |
| Figure 4.28 : Simulation du convoyeur 1 dans FC1 .....                           | 84 |
| Figure 4.29 : Simulation du convoyeur 2 dans FC1 .....                           | 84 |
| Figure 4.30 : Simulation du convoyeur 3 dans FC1 .....                           | 84 |
| <b>Chapitre 5 : Développement des vues de supervision associées à la machine</b> |    |
| Figure 5.1 : Dialogue Homme-Machine .....  | 87 |
| Figure 5.2 : Logiciel WinCC Flexible .....                                       | 89 |
| Figure 5.3 : Choix d'écran HMI .....   | 90 |
| Figure 5.4 : Liaison entre la station S7-300 et la station HMI .....             | 91 |
| Figure 5.5 : Plateforme de supervision de la banderoleuse .....                  | 91 |
| Figure 5.6 : Vue identification .....  | 92 |
| Figure 5.7 : Vue Accueil .....   | 92 |
| Figure 5.8 : Vue paramètres .....  | 93 |
| Figure 5.9 : Vue Convoyeurs .....  | 93 |
| Figure 5.10 : Vue banderoleuse .....   | 94 |
| Figure 5.11 : Vue alarmes .....  | 94 |

**Chapitre 1 : Généralité sur la SARL Tifra Lait**

Tableau 1.1 : Réseau de distribution ..... 6

**Chapitre 2 : Étude de la machine banderoleuse et son principe de fonctionnement**

Tableau 2.1 : Avantages et inconvénients de l'emballage automatique et manuel ..... 19

Tableau 2.2 : La différence entre l'alimentation pneumatique et hydraulique ..... 20

Tableau 2.3: Identification des composants de la banderoleuse ..... 37

**Chapitre 3 : Modélisation de la banderoleuse avec l'outil GRAFCET**

Tableau 3.1 : Liste des abréviations du GRAFCET ..... 62

# Introduction générale

L'automatisation est devenue un facteur déterminant dans la croissance des entreprises industrielles, notamment dans le secteur agro-alimentaire. Les avancées continues dans l'automatisation industrielle et la robotique rendent les industries de la transformation et de la fabrication alimentaires mondiales plus sûres, plus efficaces et leur permettent de fournir des bénéfices supérieurs. Pour cela, les ingénieurs et concepteurs s'efforcent continuellement d'améliorer leurs technologies pour offrir des environnements industriels dotés d'équipement de haute performance et de réseaux de communication sophistiqués.

Aujourd'hui, l'intégration de l'automatisation est indispensable dans l'industrie, rendant presque impossible la création d'un système de production sans recourir aux technologies avancées des systèmes automatisés.

Le travail qu'on va présenter dans ce mémoire consiste à proposer une solution à la problématique qui se trouve dans l'unité de conditionnement du produit final de TIFRA LAIT où s'est déroulé notre stage. D'après les études que nous avons faites, nous avons constaté que l'usine a besoin d'une machine banderoleuse automatique pour éliminer la surcharge de la première machine semi-automatique.

Notre Projet de Fin d'études consiste à développer une solution de commande et de supervision via le logiciel TIA PORTAL pour une banderoleuse à bras tournant, de marque Pieri model silver fast, qui est utilisée pour envelopper des charges palettisées afin de les protéger et les stabiliser avant leur stockage et leur transport.

Le travail qu'on va réaliser est basé sur l'utilisation d'une instrumentation bien choisi à savoir l'intégration de l'automate s7\_300 et l'écran tactile SIEMENS TP1200 COMFORT 12'' TOUCH, pour avoir une banderoleuse automatique avec un taux de sécurité élevé et un bon rendement par rapport à celle disponible dans l'usine.

Notre travail est réparti en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire une présentation générale de l'entreprise TIFRA LAIT, en donnant un aperçu sur la ligne de production du fromage fondu.

Le second chapitre sera consacré à l'étude de la machine silver fast et son principe de fonctionnement.

Le troisième chapitre est dédié à la modélisation de la banderoleuse en utilisant l'outil GRAFCET.

Le quatrième chapitre est une introduction aux automates programmable et la réalisation de notre programme sur le logiciel TIA Portal.

Le Cinquième chapitre est consacré à la réalisation de la plateforme de supervision de notre banderoleuse, avec laquelle nous allons pouvoir commander et superviser notre machine.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

**Chapitre 1 :**  
**Présentation générale de la**  
**SARL TIFRA LAIT**

## Introduction

Dans les années 1990, l'entreprise TIFRA LAIT s'installa à la périphérie de T.igzirt, située à 40 Km au nord du chef-lieu de Tizi-Ouzou et demeura toujours.

Voilà déjà plus d'un quart de siècle d'expérience. Créée en 1987 sous le statut d'entreprise familiale, elle est devenue SARL en 2004 en passant au stade d'industrie agroalimentaire de renommée dépassant les frontières.

Toute une filière au service de la qualité pour offrir de bons fromages, il faut un lait de qualité irréprochable. Depuis des années déjà, les producteurs de la région sont entièrement impliqués et produisent un lait qui correspond strictement aux critères exigés par TIFRA LAIT. Une exigence partagée par tous du début jusqu'à la fin du cycle de fabrication, c'est la première condition pour réussir.

### 1.1 Historique de l'entreprise

TIFRA LAIT est une entreprise industrielle spécialisée dans la fabrication de lait Et dérivés, elle débuta par la production de fromage de chèvre, et grâce à la volonté et aux efforts d'un homme qui forge son destin, le gérant M. MEDJKANE Mohamed, elle a pu devenir en 2004 un SARL (Société A Responsabilité Limitée). C'est l'une des seules entreprises du secteur privé à s'être installée dans la région de Tizgirt. Elle s'étale sur une superficie totale de 6300 m<sup>2</sup>. Son capitale sociale est de 12 000 000 DA [1] .



*Figure 1.1 : L'entrée de la SARL TIFRA LAIT*

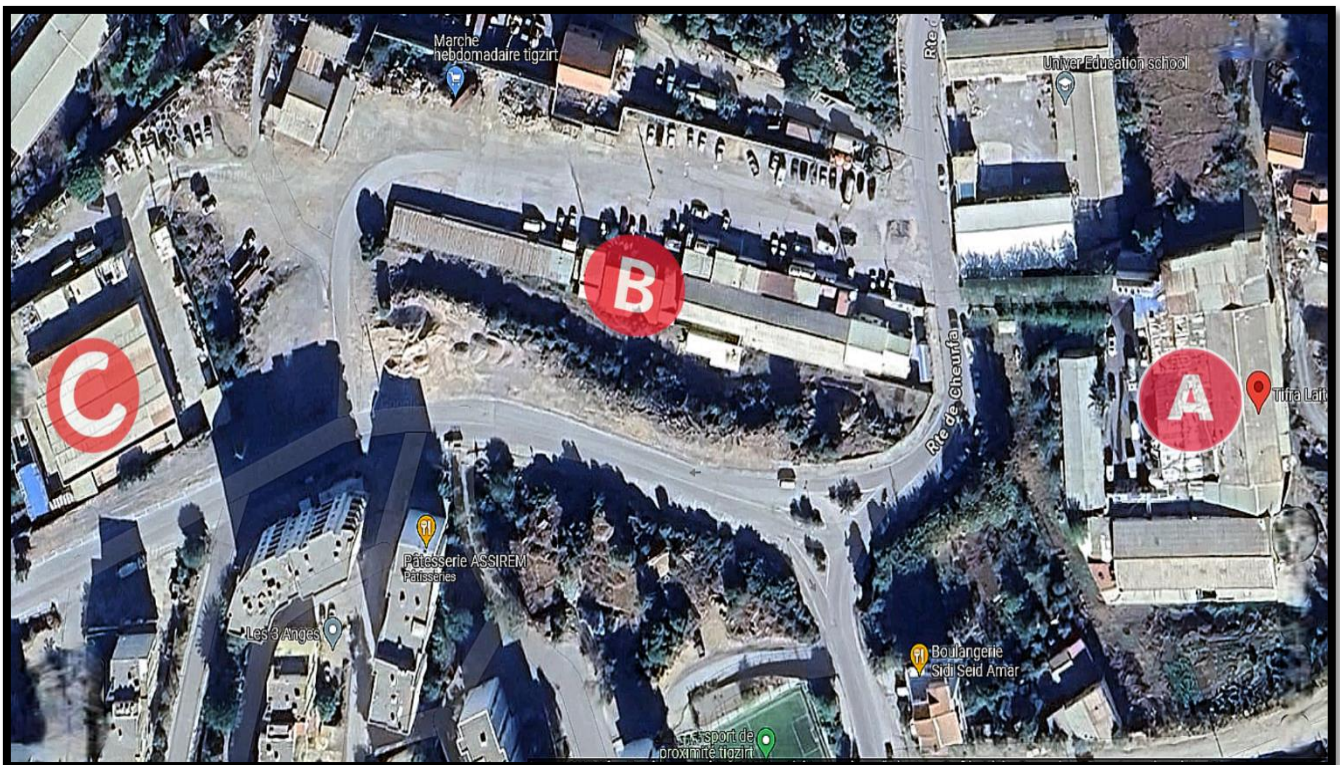
Aujourd'hui, TIFRA LAIT compte trois unités, réparties comme suit :

- **Unité de Tigzirt-Sur-Mer:** production de fromage pâte molle.
- **Unité de Tizi-Ouzou:** production de lait frais l'ben raieb.
- **Unité de Sidi Bel-Abbes:** qui travaille présentement en sous-traitance pour le gérant de Fromager français « Président » pour le lait UHT long conservation.

Les distinctions internationales pleuvent alors deux médailles honorifiques de la commission européenne en 2000 et 2006, puis la certification ISO 9001 version 2008 délivrée en 2012 par le cabinet vicomte de belge pour ses camemberts.

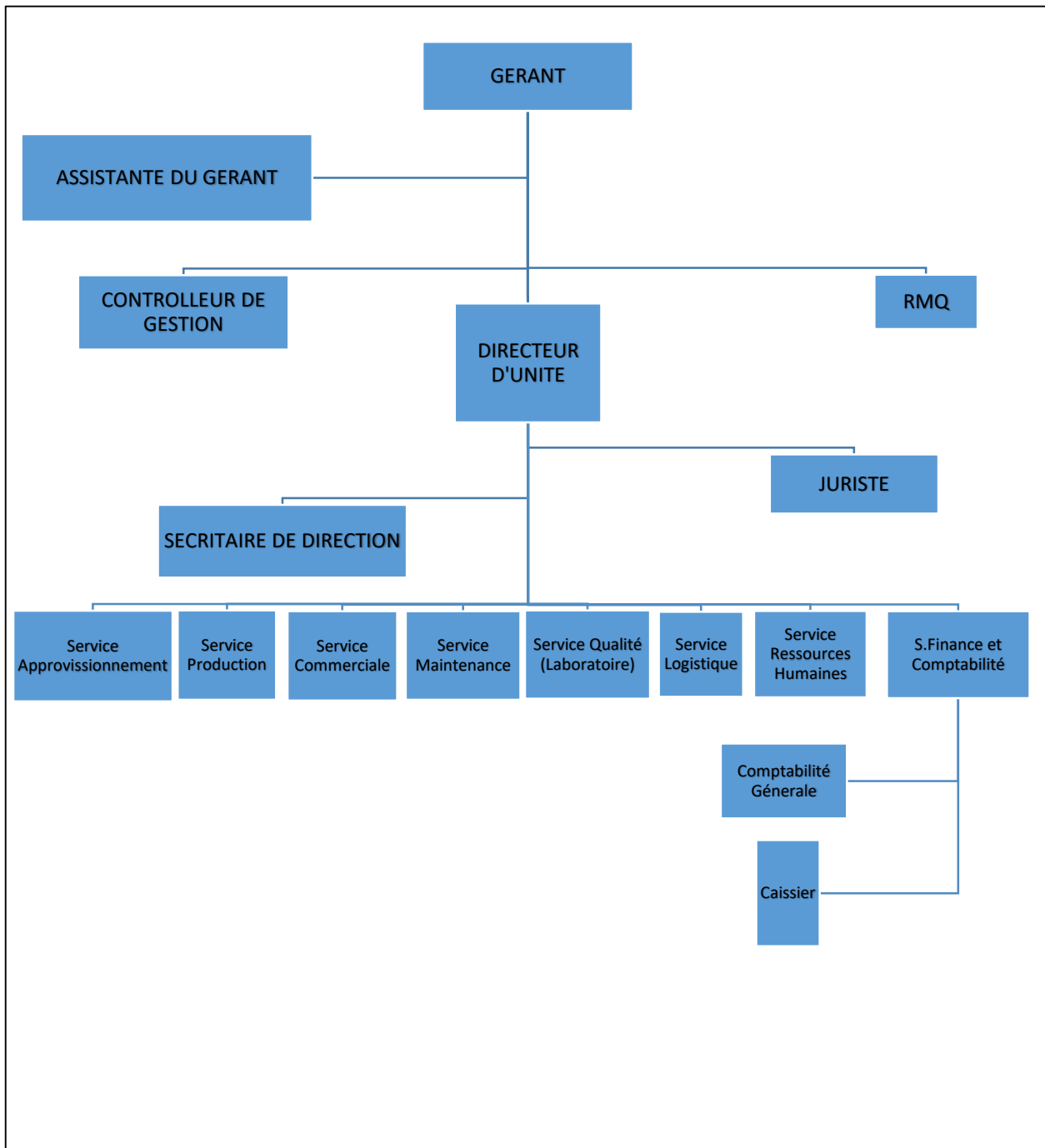
## 1.2 Les trois divisions de l'entreprise Tifra lait

- **Zone A :** La zone de production.
- **Zone B :** L'administration de la SARL TIFRA LAIT.
- **Zone C :** Le stock.



*Figure 1.2 : Les divisions de la SARL TIFRA LAIT*

### 1.3 Organigramme générale de l'entreprise TIFRA-LAIT



*Figure 1.3 : L'organigramme de la SARL TIFRA LAIT*

### 1.4 Capacité de transformation

**SARL TIFRA LAIT:** 100 000 litres / jour dont 40 000 en lait pasteurisé.

**SARL MATINALE:** 150 000 litres / jour dont 64 000 en lait pasteurisé.

**SARL IFKI LAIT:** 250 000 litres / jour.

➤ **Effectif**

L'effectif global de TIFRA LAIT est de 400 personnes directs et 1181 employés indirects répartis comme suit :

**SARL TIFRA LAIT**: 268 employés directs et 846 indirects dont 809 éleveurs bovins laitiers.

**SARL MATINNALE** : 60 employés directs et 320 indirects dont 275 éleveurs bovins laitiers.

**SARL IFKI LAIT**: 72 employés directs et 15 indirects.

### 1.5 Réseau de distribution

| CENTRE  | EST  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alger</li> <li>• Boumerdes</li> <li>• Tipaza</li> <li>• Tizi-ouzou</li> <li>• Bouira</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sétif</li> <li>• BB Arreridj</li> <li>• Annaba</li> <li>• Skikda</li> <li>• Guelma</li> <li>• Jijel</li> <li>• Bejaia</li> <li>• Constantine</li> <li>• Batna</li> <li>• Msila</li> </ul> |
| OUEST   | SUD  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oran</li> <li>• Tlemcen</li> <li>• Relizane</li> <li>• Mostganem</li> <li>• Mascara</li> <li>• Ain timouchent</li> <li>• Sidi bellabès</li> <li>• Tiaret</li> <li>• Ain defla</li> <li>• Chlef.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hassi Messaoud</li> <li>• Ouargla</li> <li>• Laghouat</li> </ul>  |

***Tableau 1.1 : Réseau de distribution***

## 1.6 Déroulement de la fabrication du produit final

Le produit final est un mélange de fromage cru, de différents ingrédients en poudre, de beurre, de matières grasses/huile et d'eau. Les ingrédients principaux, le fromage et le beurre requièrent des étapes de process en amont telles que vérification de la qualité, déballage, pesage, détection de métal et broyage.

La ligne de fabrication du produit final se compose d'une série des machines qui sont à l'ordre suivant :

### 1.6.1 Machine Universelle STEPHAN UM200

La UM 200 (cuiseur discontinu) est une machine universelle destinée en particulier à la fabrication de denrées alimentaires, elle est équipée d'un dispositif de vide, ce qui permet d'effectuer tous les processus sous vide [2].

La machine remplit les fonctions suivantes :

#### Chargement

- **Manuel**, par le couvercle ouvert.
- **Automatique**, par les vannes de dosage sous vide ou par des pompes.

#### Processus

- Mélanger, hacher, couper, broyer, émulsionner ou pétrir en fonction des outils de coupe et de mélange utilisés.
- Cuisson direct par injection de vapeur.
- Ventilation par dispositif de vide.



*Figure 1.4 : Cuiseur discontinu STEPHAN UM200*

## 1.6.2 Machine UHT STEPHAN

Le process en continu proposé par Stephan a été conçu spécifiquement en fonction des demandes de l'industrie laitière. Traitement de tous types de fromage fondu/reconstitué avec des paramètres précis et parfaitement maîtrisés.

La machine Stephan UHT (ultra haute température) est utilisée pour la stérilisation des liquides alimentaires par chauffage à très haute température, suivie d'un refroidissement rapide. Elle est idéale pour la pasteurisation de produits comme le lait, les jus et les sauces, garantissant une longue conservation tout en préservant les qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits. Grâce à sa technologie avancée, elle assure une homogénéité et une efficacité optimales dans le processus de traitement [3].

L'UHT est composée de plusieurs éléments clés pour son fonctionnement :



**Figure 1.5 : La machine STEPHAN UHT**

### 1.6.2.1 Cuiseur en continu STEPHAN (CC)

Dans le cuiseur en continu, le produit est chauffé par injection directe de vapeur en alliant un système en ligne de mélange dynamique très efficace. L'étape finale d'émulsion est réalisée dans l'homogénéisateur (rotor/stator) qui assure la meilleure qualité au produit.



*Figure 1.6 : Cuiseur en continu*

### 1.6.2.2 Ligne UHT STEPHAN

La ligne STEPHAN est ce qui se fait de mieux et permet de traiter tous les produits actuels même les plus novateurs. La longue conservation est obtenue par le chauffage à 145 C.

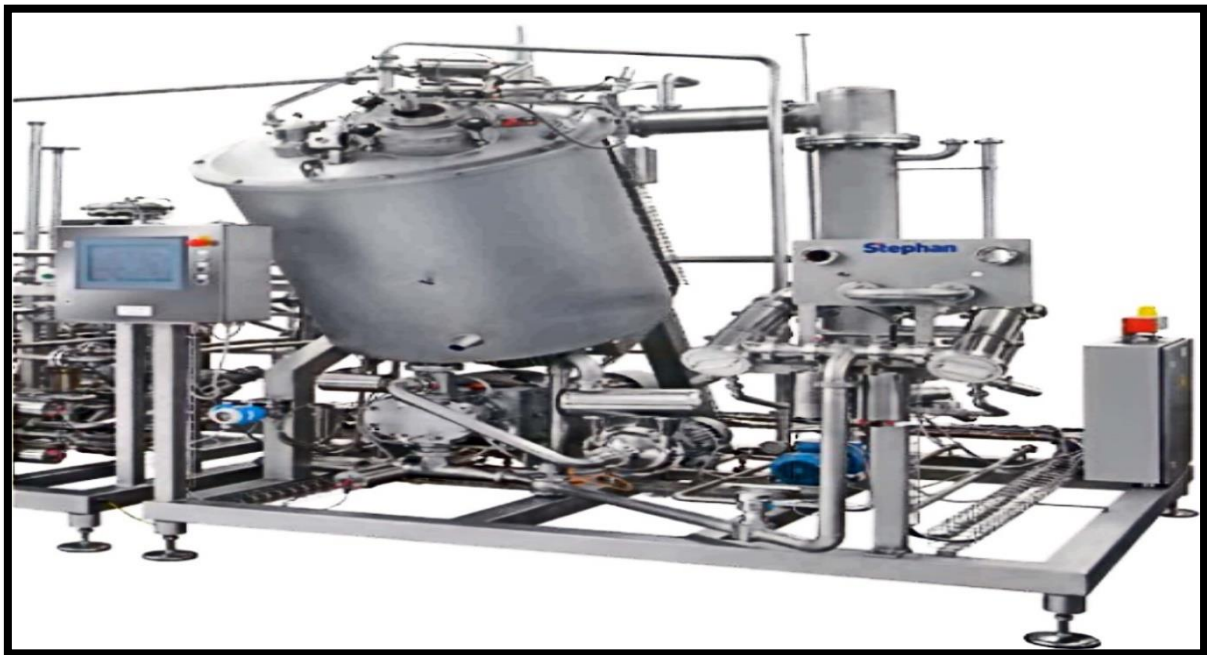


*Figure 1-7 : Ligne UHT*

### 1.6.2.3 Cuve de crémage et module de refroidissement intégrés

Avant le conditionnement, le produit doit être refroidi et désaéré par une mise sous vide contrôlée, suivi d'une cuve de crémage inclinée pour la restructuration et le développement de la viscosité à pression atmosphérique. La cuve de crémage est équipée d'un outil de crémage très efficace et d'un système de contrôle de la viscosité.

Le refroidissement, la désaération et le crémage du produit peuvent être obtenus par un système combiné unique la cuve de crémage avec le refroidissement sous vide intégré (Flash cooling STEPHAN).



*Figure 1.8 : Cuve de crémage et module de refroidissement intégrés*

### 1.6.3 Corazza FF220E

#### • Description générale

La machine doseuse et conditionneuse FF220E a été conçue pour le conditionnement de portions triangulaires de fromage fondu.

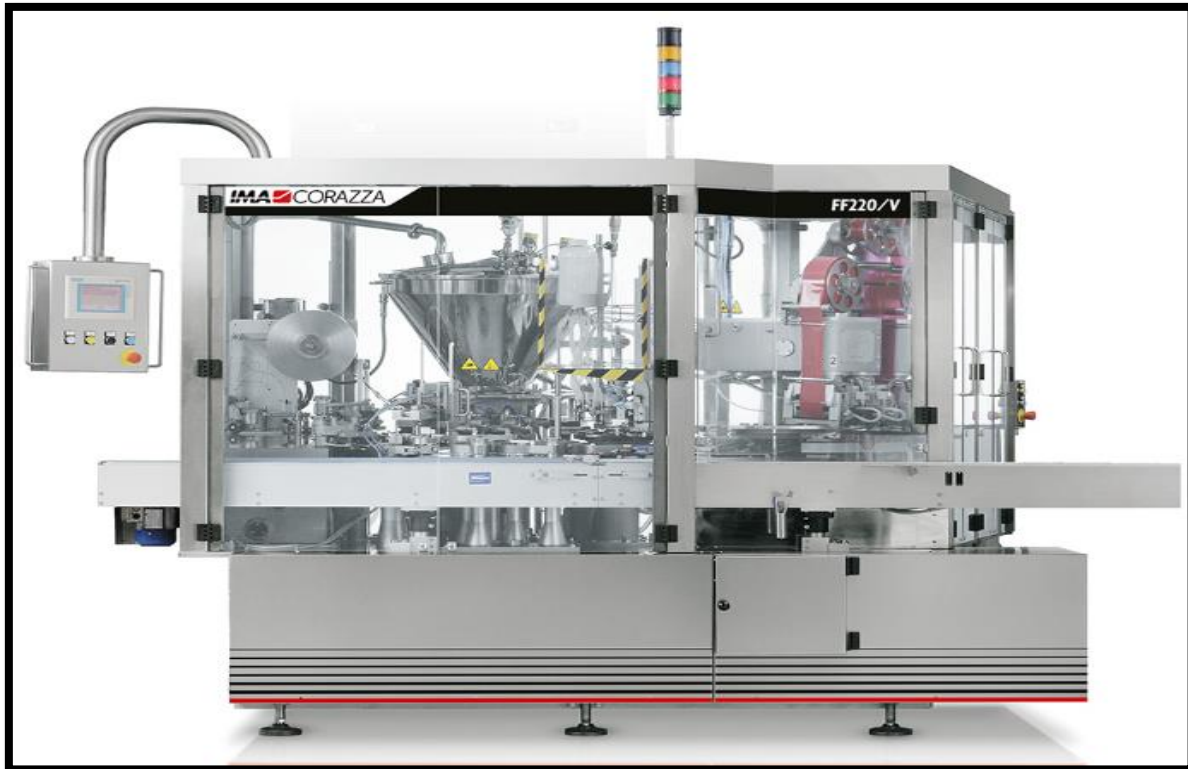
La machine réalise l'emballage à partir d'une bande d'aluminium thermoscellable. On remplit ensuite l'emballage de fromage fondu au poste de dosage.

L'emballage est ensuite fermé par une feuille, elle aussi en aluminium thermoscellable, laquelle sert de couvercle.

Des dispositifs scellent les parties puis replient les rabats sur la surface supérieure de la portion. Sur chaque portion est appliquée une étiquette publicitaire de forme triangulaire. L'étiquette est collée à froid avec de la colle au vinavyl.

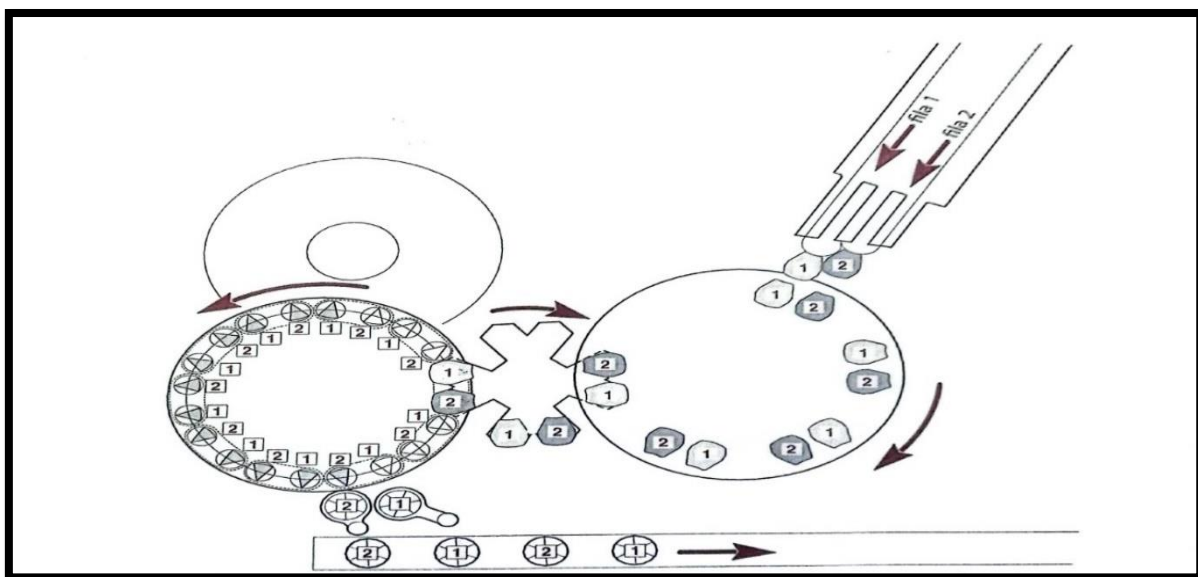
Chaque portion a une bandelette d'arrachage qui facilite l'ouverture de l'emballage au moment de sa consommation.

Les portions sont éjectées par les alvéoles de la plaque tournante, puis mises sur la bande de sortie [4].



**Figure 1.9 : Conditionneuse de portions FF220E**

Le schéma de la figure ci-dessous (figure 1.10) montre le positionnement du produit :

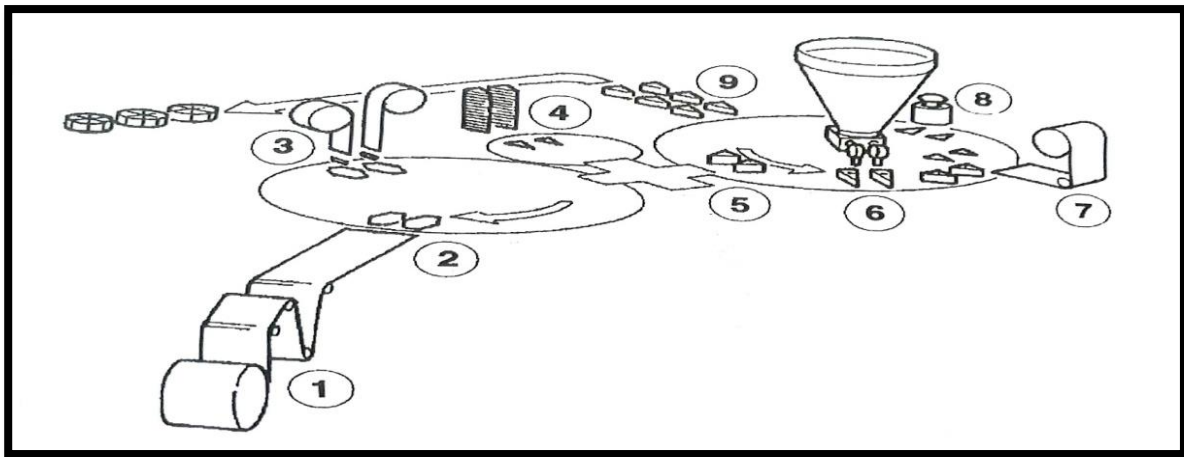


**Figure 1.10 : Schéma de positionnement des portions de fromage**

## • Cycle de travail

Se référer à la figure 1.11 pour identifier le cycle de travail de la machine :

- 1-Alimentation en papier aluminium
- 2-Coupe du papier aluminium
- 3-Alimentation en bandelettes d'arrachage
- 4-Alimentation en étiquettes
- 5-Formage de l'emballage
- 6-Alimentation en produit
- 7-Alimentation en feuilles
- 8-Fermeture et scellage des emballages
- 9-Sortie du produit



*Figure 1.11 : Cycle de travail de la Corazza FF220E*

### 1.6.4 Corazza EB80

#### • Description générale

La machine à coller les bandes EB-80 a été réalisée pour appliquer une bande de papier sur le côté latéral d'une boîte en carton de forme cylindrique contenant des fromages individuels.

La EB-80 est en mesure d'appliquer également une étiquette sur le côté supérieur de la boîte, d'effectuer un marquage sur la bande et éventuellement, d'introduire un fil en coton entre la bande et la boîte pour faciliter l'ouverture de cette dernière. La bande et l'étiquette sont appliquées avec de la colle à froid.

Elle peut aussi travailler avec différents formats de boîtes ou de bandes ; l'utilisation de formats différents est possible en faisant des remplacements ou des réglages sur les différents dispositifs de la machine [5].

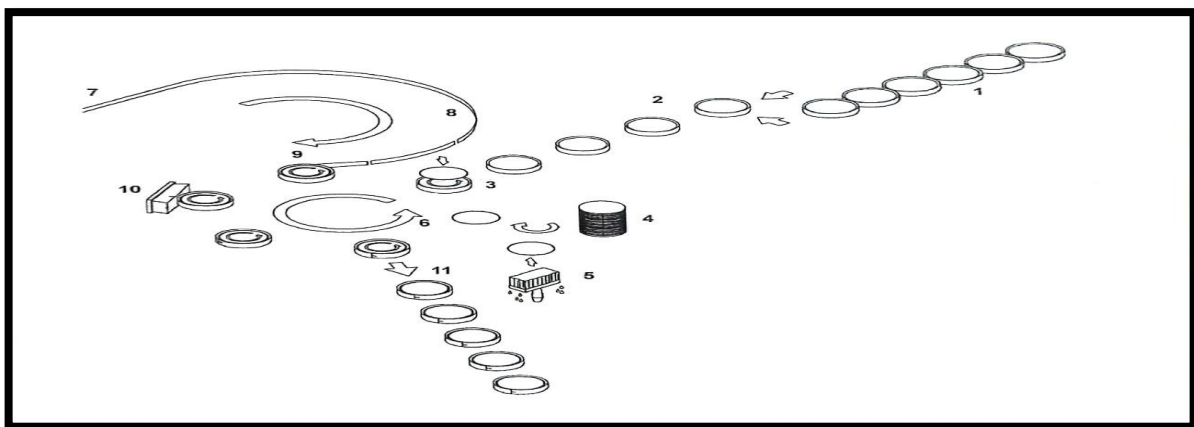


*Figure 1.12 : Machine Corazza EB80*

### • Cycle de travail

Dans la figure 1.13 on peut vérifier le cycle de travail de la machine comme suit :

- 1-Alimentation de la boîte
- 2-Introduction de la boîte sur les chaînes d'avancement à pas
- 3-Introduction de la boîte dans une alvéole de la roue des plateaux et application de l'étiquette (optionnel)
- 4-Prélèvement de l'étiquette du magasin
- 5-Application de la colle et marquage de l'étiquette
- 6-Introduction de l'étiquette dans une alvéole de la roue des plateaux
- 7-Application de la colle et introduction de la bande latérale avec le fil d'arrachage
- 8-Découpe de la bande
- 9-Application de la bande avec fil
- 10-Pressage de la bande
- 11-Expulsion de la boîte complète



*Figure 1.13 : Cycle de travail de la Corazza EB80*

### 1.6.5 Banderoleuse semi-automatique

Une banderoleuse semi-automatique est une machine utilisée dans les lignes de production pour emballer et sécuriser des produits sur des palettes ou des charges. Elle fonctionne en enveloppant un film étirable autour des produits de manière semi-automatisé. Bien qu'elle nécessite toujours une intervention humaine pour charger les produits et surveiller le processus d'emballage ce qui, peut entraîner des temps d'arrêt si les opérateurs ne sont pas disponibles. Cette machine peut avoir des vitesses de production plus lentes, ce qui peut être un inconvénient dans les environnements où la vitesse est critique.



*Figure 1.14 : Banderoleuse semi-automatique*

### 1.7 Missions et objectifs

Cette année 2024, le groupe TIFRA LAIT a pour objectif de :

- Accroître ses effectifs en personnel et son chiffre d'affaire.
- Accroître la satisfaction des clients.
- Augmenter la valeur de la production.
- L'amélioration de la gestion des déchets.
- La prévention des risques de pollution.
- La sensibilisation des parties intéressées.
- La formation du personnel sur l'environnement.

La mission essentielle de TIFRA LAIT, est la production, le développement, la recherche dans le domaine des différents types de fromages ainsi que la production et la commercialisation des produits laitiers.

## 1.8 Problématique

Après avoir reçu les commandes des clients, leur produit final doit être posé sur des palettes et emballer pour le protéger. La seule machine banderoleuse existante dans la ligne de conditionnement ne permet pas de satisfaire, dans des délais raisonnables, au nombre important des commandes qui arrivent à l'entreprise. D'où l'acquisition ou la réalisation de nouvelles machines banderoleuse s'avère nécessaire pour accélérer le processus de fabrication.

### Conclusion

L'objectif de ce projet, est d'essayer de pallier au problème cité ci-dessus, en faisant l'étude et la programmation d'une deuxième machine banderoleuse automatique, pour éliminer la surcharge sur la première machine.

Nous avons présenté, dans ce chapitre, un aperçu général sur l'entreprise TIFRA LAIT incluant l'historique de l'entreprise et le déroulement de la fabrication du fromage fondu. La problématique à résoudre ainsi que la solution adoptée ont été explicitées dans ce chapitre.

# Chapitre 2 :

## Étude de la machine banderoleuse et son principe de fonctionnement

## Introduction

De nos jours, l'automatisation a fait une révolution dans le domaine industriel et les machines automatisées sont devenues indispensables dans les usines à cause de leurs nombreux avantages. Une de ces machines est la banderoleuse qui est utilisée pour envelopper des charges palettisées pour les protéger et les stabiliser avant son stockage et son transport. Nous introduisons, dans ce chapitre, une description générale de la machine à Etudier et nous donnons son principe de fonctionnement.

## 2.1 Les machines banderoleuses

Les banderoleuses sont des machines utilisées principalement dans l'industrie de l'emballage, pour appliquer des banderoles en plastique autour des produits ou des palettes.

Elles jouent un rôle essentiel dans la protection des marchandises, ces équipements sont conçus pour améliorer l'efficacité des lignes de production tout en garantissant une finition de qualité. Grâce à leur utilisation, les entreprises peuvent optimiser leur logistique et renforcer la sécurité de leurs produits durant le transport et le stockage.

### 2.1.1 Types des banderoleuses et principe de fonctionnement

Il existe deux modes de fonctionnement d'une banderoleuse : **automatique** et **semi-automatique**. Pour chaque mode on trouve plusieurs types :

#### 2.1.1.1 Banderoleuse semi-automatique

Cette situation requiert l'intervention d'un agent, mais le fonctionnement est en général similaire à celui des banderoleuses automatiques. Il y a trois types :

- **Banderoleuse à plateau tournant.**
- **Banderoleuse à bras tournant.**
- **Robot à banderole.**



*Figure 2.1 : Les types des banderoleuses semi-automatiques*

Son mode de fonctionnement est comme suit:

- **Première étape** : l'agent amène la palette dans la zone de filmage.
- **Deuxième étape** : l'agent accroche le film sur la palette, puis lance son programme de banderolage.
- **Troisième étape** : l'opérateur coupe le film et retire la palette.



*Figure 2.2 : Etapes de fonctionnement de la banderoleuse semi-automatique*

### 2.1.1.2 Banderoleuse automatique

Ce modèle de banderoleuse n'implique pas l'intervention d'un agent. Il existe deux types:

- **Banderoleuse à plateau tournant** : Un plateau tournant la palette n'est pas en mouvement, elle est posée au sol.
- **Banderoleuse à bras tournant** : Un bras tournant est une banderoleuse où le chariot porte bobine va tourner autour de la charge et y déposer le film étirable.



*Figure 2.3 : Banderoleuse à bras tournant*



*Figure 2.4 : Banderoleuse à plateau tournant*

Son mode de fonctionnement est comme suit :

- La palette avance sur un convoyeur en direction de la banderoleuse.
- La banderoleuse détecte la présence de la palette et arrête son avancée.
- Le film se dépose, s'enroule et se coupe de manière automatique.
- Une fois le Banderolage est terminé, le convoyeur se remet en route pour sortir la palette.

### 2.1.2 Avantages et inconvénients de l'emballage automatique et semi-automatique

Les avantages et les inconvénients de chaque machine sont résumés dans le tableau ci-dessous :

| Type de banderoleuses | Avantages  | Inconvénients  |
|-----------------------|--|--|
| <b>Automatique</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• moins de manutention.</li> <li>• moins de temps de réglage.</li> <li>• adaptée à toute situation, toute palette et à tout produit.</li> <li>• encombrement au sol réduit de 100%</li> <li>• L'assurance de pouvoir sécuriser la charge pour son transport ou son stockage.</li> <li>• L'économie réelle de consommable (film).</li> <li>• L'abaissement du cout 2unitaire a palette.</li> <li>• augmenter la cadence de palettisation</li> <li>• dégager le préparateur qui va pouvoir s'atteler à une autre tache</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le cout : environ 40 000 euro</li> <li>• prend un grand espace dans l'usine</li> <li>• Consommation un peu grande de l'électricité</li> </ul> |
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mobile et portable</li> <li>• taux de panne ou d'indisponibilité quasi nuls.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte consommation de film étirable</li> <li>• l'usure de l'homme.</li> </ul>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Semi -<br/>automatique</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 90% d'économies par rapport à une banderoleuse automatique (Electricité).</li> <li>• L'assurance de pouvoir sécurisé la charge pour son transport ou son stockage.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pénibilité du filmage à la main réside dans la tension du film et dans les positions que doit prendre un opérateur tout au long du filmage.</li> <li>• Prend du temps pour banderoles.</li> </ul> |
|--|--|---|

**Tableau 2.1 : Avantages et inconvénients de l'emballage automatique et semi-automatique**

## 2.2 Banderoleuse pieri silver fast

La machine banderoleuse automatique à bras tournant, de marque **pieri** model **silver fast**, est une machine utilisée pour le conditionnement des palettes dans l'industrie. Le principe est d'appliquer un film plastique très fin (13 à 30 $\mu$ m) autour de la palette pour assurer une flexibilité totale de l'emballage (idéal pour envelopper des paquets de différentes formes et tailles, protéger et stabiliser le produit avant son stockage et son transport). Elle est Equipée d'une unité de préhension, découpe et soudage de film en polyéthylène étirable.

Elle est très répandue dans l'industrie à forte production, ou un opérateur ne peut pas suivre la cadence à la main. Ce type de machine à un encombrement réduit, le bras tournant vous garantira un maintien homogène sur la totalité de vos opérations de filmage tout en gardant la maîtrise de votre consommation de film et de vos coûts de filmage [6] .

En termes de productivité, la silver fast (jusqu'à 80 p/h) peut atteindre des performances encore plus élevées.



**Figure 2.5 : Banderoleuse automatique pieri silver fast**

### 2.3 La partie pneumatique de la banderoleuse silver fast

Les énergies pneumatiques et hydrauliques sont fréquemment utilisées dans les systèmes industriels. Selon les besoins et les caractéristiques de nos machines, on peut choisir le type d'alimentation entre les deux. Le tableau suivant résume les différents avantages, inconvénients et exemple d'application d'un système hydraulique et système pneumatique :

Dans notre cas, nous utilisons un système pneumatique pour alimenter les vérins de la banderoleuse [7] .

|                               | <b>Pneumatique</b>   | <b>hydraulique</b>  |
|-------------------------------|--|---|
| <b>Avantages</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance facile</li> <li>• Commande simple</li> <li>• Démarrage en charge</li> <li>• Réglage simple</li> <li>• Vitesse importante</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport poids/puissance</li> <li>• Charge importante</li> <li>• Précision position</li> <li>• Démarrage en charge</li> <li>• Réglage simple</li> <li>• Pression jusqu'à 300 bar</li> </ul> |
| <b>Inconvénients</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effort limités</li> <li>• Pression jusqu'à 10 bar</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance délicate</li> <li>• Chère</li> <li>• Dangereuse</li> <li>• Vitesse lente</li> </ul>  |
| <b>Exemples d'application</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatisme industriel</li> <li>• Outillage grande vitesse</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Véhicule avec charge lourde</li> <li>• Machine outil</li> </ul>  |

**Tableau 2.2 : La différence entre l'alimentation pneumatique et hydraulique**

#### 2.3.1 Alimentation pneumatique

L'énergie pneumatique utilise l'air comprimé comme fluide pour le transport de l'énergie et sa transformation en énergie mécanique avec un compresseur d'air entraîné avec un moteur

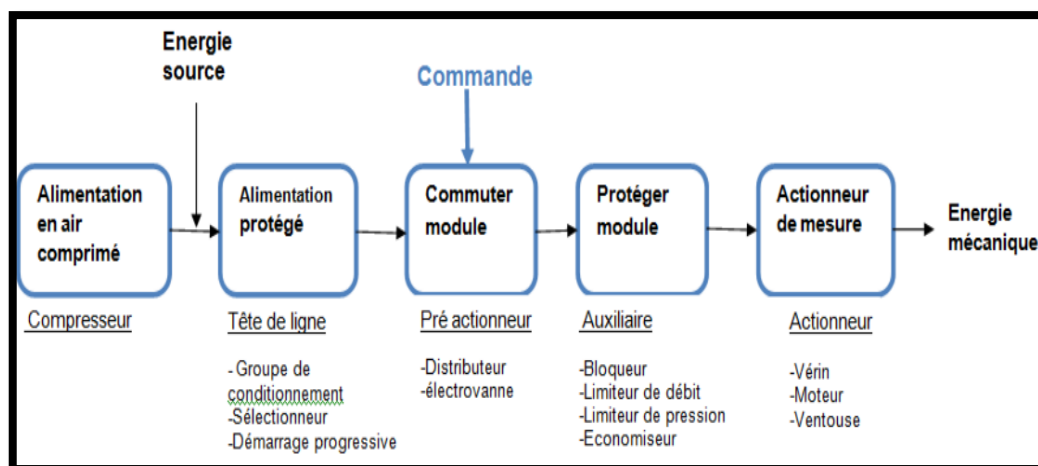
électrique. L'air est aspiré puis comprimé dans une cuve sous pression. De ce réservoir partent les canalisations pour la distribution.

### 2.3.2 Circuit pneumatique

L'emploi de l'énergie pneumatique permet de réaliser des automatismes avec des composants simples et robustes à moindre coût, notamment dans les milieux hostiles à hautes températures, milieux déflagrants, milieux humides.

Pour réaliser une installation pneumatique, on connecte des actionneurs (vérin, moteur), qui transforment l'énergie pneumatique en énergie mécanique et des pré actionneurs (distributeur), des organes de commandes (capteurs, bouton poussoir), des composants d'automatisme (fonctions logiques : OU, ET)

Le schéma suivant peut nous donner le déroulement du circuit pneumatique, commençant par le compresseur jusqu'au dernier dispositif.



*Figure 2.6 : Déroulement du circuit pneumatique*

### 2.3.3 Constituants pneumatiques [8]

#### 2.3.3.1 Le compresseur

C'est le premier élément dans le circuit pneumatique. Le fonctionnement d'un compresseur d'air est relativement simple, il utilise un moteur (électrique ou thermique) pour actionner un cylindre qui comprime de l'air dans une cuve étanche de plus ou moins grande capacité. A une certaine pression donnée, le moteur s'arrête. L'ensemble moteur-cylindre est nommé groupe de compression.

A partir de la station de compresseurs, à travers un bloqueur qui permet l'isolement de la machine de la ligne d'alimentation pneumatique, l'air doit être propre et sec. L'air humide

ou salle peut causer des dommages à l'installation et diminuer la durée de vie de tous les éléments pneumatique.

Une unité de conditionnement FLR qui adapte l'énergie pneumatique au système est utilisée.

### 2.3.3.2 Unité de conditionnement FLR

L'alimentation pneumatique contient les dispositifs suivants :

- **Robinet** : afin d'éliminer la pression pneumatique à l'intérieur de la machine.
- **Régulateur pression avec filtre et manomètre** : il règle la pression générale de l'installation pneumatique. Il suffit de tourner la poignée pour varier les valeurs de pression affichée sur le manomètre.
- **Pressostat** : il relève la valeur de la pression d'exercice lorsqu'elle descend à la valeur minimale.
- **Dispositif démarreur progressif** : il sert pour faire entrer l'air dans l'installation de façon graduelle.
- **Valve de décharge rapide** : En cas d'arrêt d'urgence, la valve de décharge rapide est utilisée pour évacuer la pression pneumatique à l'intérieur de la machine. Avant d'utiliser l'air, il faut le filtrer, l'assécher, le graisser et réguler sa pression. Ainsi, avant chaque installation pneumatique on place une unité de conditionnement **FRL** (tête de ligne) qui adapte l'énergie pneumatique au système. Cette unité **FRL** est constituée d'un filtre, d'un régulateur et d'un lubrificateur.

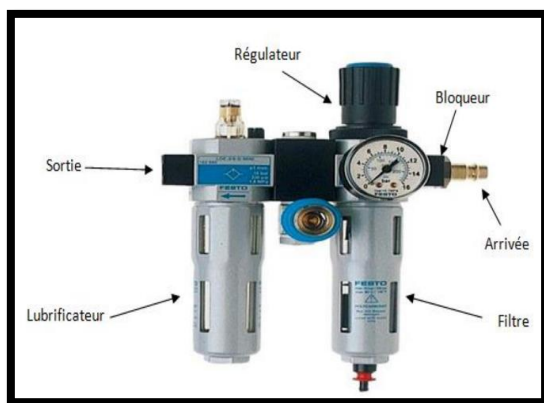


Figure 2.7 : Unité de conditionnement

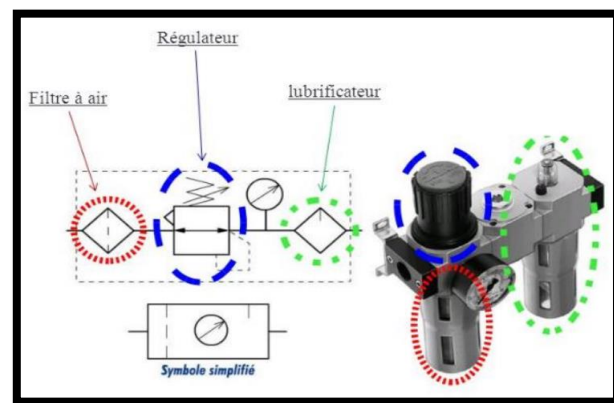
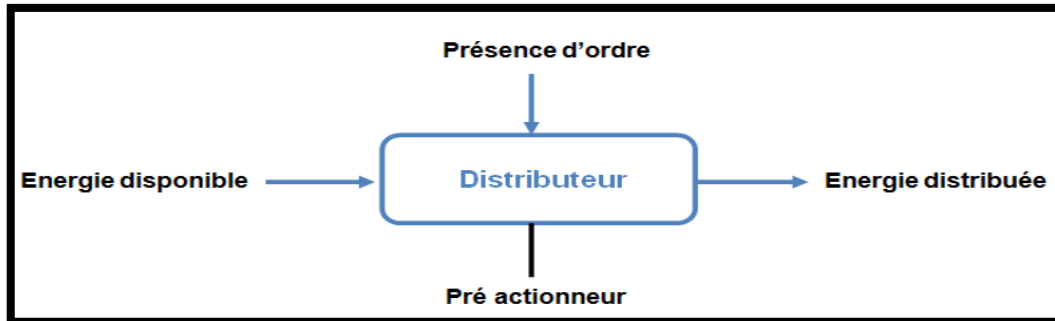


Figure 2.8 : Unité de conditionnement (Symbole)

### 2.3.4 Les distributeurs

Les distributeurs sont là pour s'occuper de distribuer une énergie forte adaptée à l'actionneur en fonction de la commande (énergie faible) venant de l'API.



*Figure 2.9: Traitement de l'énergie par les distributeurs*

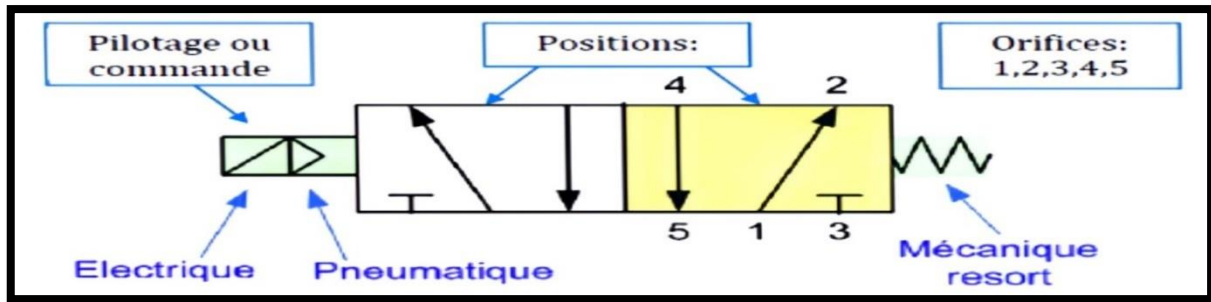
### 2.3.5 Les distributeurs pneumatiques

Les distributeurs pneumatiques se divisent en plusieurs types et modèles, selon les caractéristiques suivants :

- **Le type de commande** : ils déterminent la façon dont le distributeur est piloté (manuel, électrique, hydraulique, pneumatique..., etc).
- **Le nombre de position** : c'est le nombre des chambres, elles sont représentées par des cases.



*Figure 2.10 : Distributeur pneumatique*



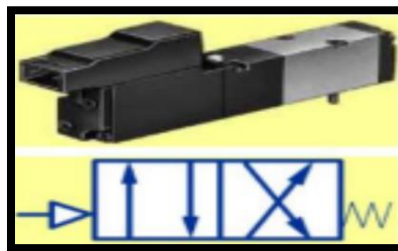
**Figure 2.11: Exemple de distributeur pneumatique 5/2**

• **Le nombre d'orifices** : c'est le nombre d'E/S, ce sont les raccordements nécessaires au passage de l'air comprimé (les flèches indiquent le sens de circulation de l'air).

• **La stabilité** : monostable ou bien bistable

- **Monostable** : on dit un distributeur monostable s'il a besoin d'un ordre pour faire passer de sa position de repos à sa position de travail, et le retour à sa position de repos s'effectue automatiquement lorsque l'ordre disparaît.

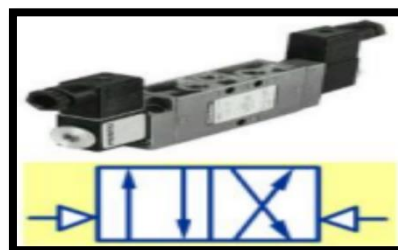
Ce distributeur possède une seule commande d'un côté et le retour du tiroir à sa position initiale est assuré par un ressort de rappel.



**Figure 2.12: Distributeur Monostable (schéma)**

- **Bistable** : on dit un distributeur bistable s'il a besoin d'un ordre pour passer de sa position de repos à sa position de travail et qu'il reste en position de travail à la disparition de cet ordre. Il ne peut revenir à sa position de repos que s'il reçoit un second ordre.

Ce distributeur possède une commande de chaque côté, c'est à dire qu'il faut faire une action à chaque fois que l'on veut changer d'état.



**Figure 2.13 : Distributeur Bistable (schéma)**

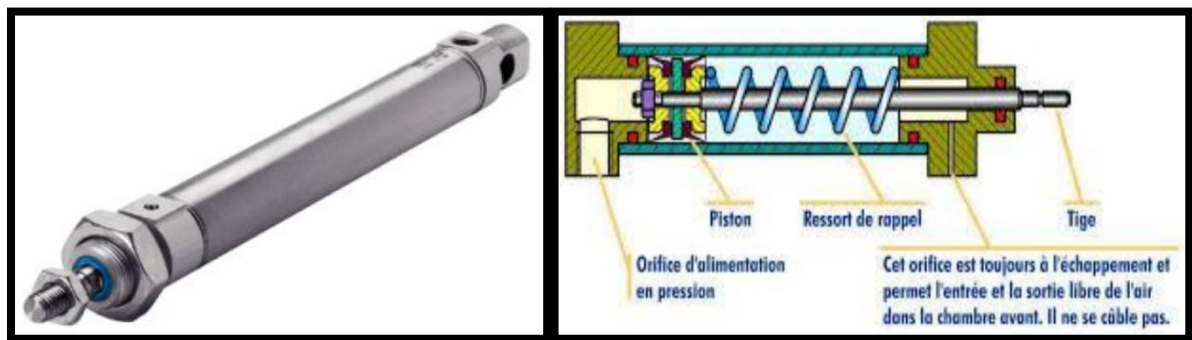
### 2.3.6 Les vérins

Les vérins sont des actionneurs linéaires, ils permettent de déplacer de façon linéaire divers mécanismes, ils transforment l'énergie d'un fluide sous pression en énergie mécanique (mouvement avec effort). Ils peuvent soulever, pousser, tirer, serrer, tourner, percuter,... Leur classification tient compte de la nature du fluide (pneumatique selon notre alimentation), et du mode d'action de la tige qui se divise en deux, **simple** et **double** effet.

#### • Les vérins simple effet

C'est un composant monostable, il n'a qu'une seule entrée d'air sous pression et ne développe un effort que dans une seule direction.

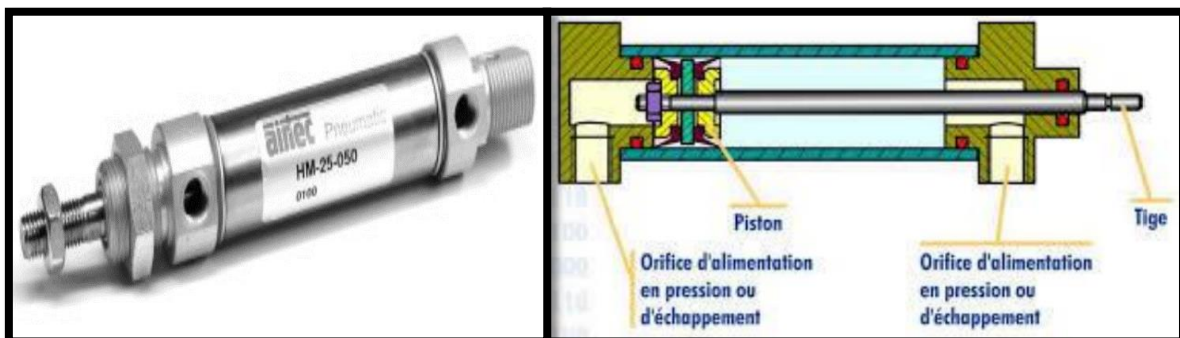
L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le rappel de tige est assuré par un ressort. Pendant le retour, l'orifice d'admission de l'air comprimé est mis à l'échappement.



*Figure 2.14: Vérin simple effet*

#### • Les vérins à double effet :

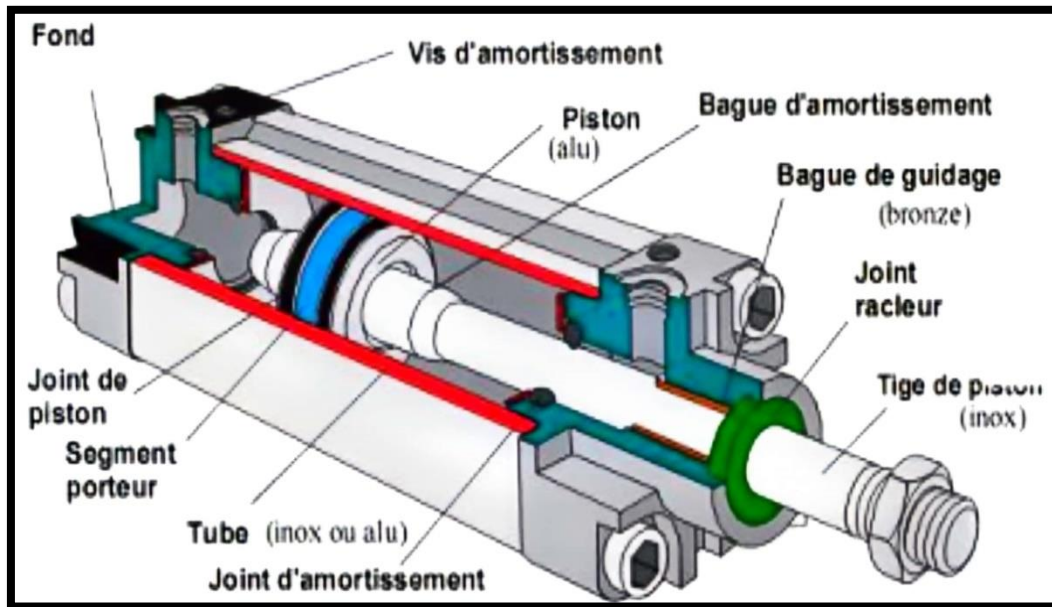
C'est un composant bistable, ce type de vérin peut produire un effort significatif dans les deux sens grâce à la pression de l'air comprimé (Comporte deux orifices d'admission et d'échappement alternativement). Le rappel de tige est obtenu par inversion de l'alimentation des deux chambres.



*Figure 2.15 : Vérin double effet*

### 2.3.6.1 Constituants de base d'un vérin

Peu importe le vérin, son type et son fabricant, il sera composé des mêmes éléments. Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps. Le corps est limité par le nez et le fond dans lequel sont aménagés des orifices d'alimentation en air comprimé. Les espaces vides qui peuvent être remplis par l'air comprimé s'appellent les chambres.



*Figure 2.26 : Constitution d'un vérin*

### 2.3.6.2 Utilisation des vérins dans la banderoleuse :

Pour avoir une machine 100% automatisée, nous sommes obligés d'utiliser des outils de finition, pour cela, nous avons utilisé quatre vérins pneumatiques à double effet pour assurer les opérations suivantes :

- **Vérin n°01 (Bras) :** Utilisé pour séparer la dernière couche du film pendant l'emballage, et ça pour faciliter le travail du crochet et de la résistance.
- **Vérin n°02 (vérin de rotation) :** Utilisé pour faire la rotation du dispositif porteur du matériel de finition.
- **Vérin n°03 (Crochet) :** Utilisé pour garder le film prêt à chaque utilisation sans intervention humaine.
- **Vérin 04 (Équipement crochet-résistance) :** Il porte le vérin n°03 (crochet) et le dispositif de résistance pour couper le film.

## 2.4 La partie électrique de la banderoleuse silver fast

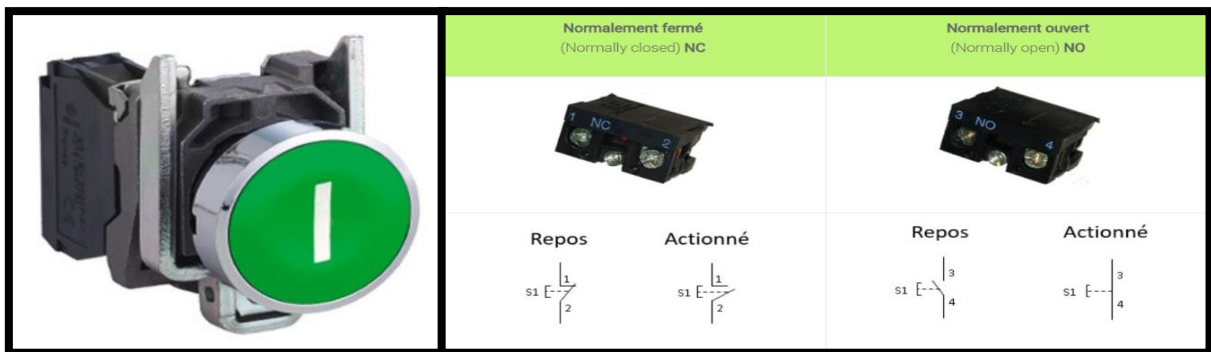
Notre machine contient beaucoup d'éléments électriques, nous citons dans cette partie les plus importants.

### 2.4.1 Le bouton poussoir

Il en existe deux types, les boutons poussoirs **normalement ouverts (NO)**, et les boutons poussoirs **normalement fermés (NF)**. Ils servent à ouvrir ou fermer un circuit électrique, dès qu'on les relâche ils reviennent dans leurs positions initiales.

Leurs couleurs permettent de distinguer leur fonctions : mise en marche, mise à l'arrêt, mise en ou hors énergie, consigne, acquittement...

- **NO (contact de type travail, ou à fermeture):** le contact électrique est établi par une action sur le bouton poussoir.
- **NF (contact de type repos, ou à ouverture):** le contact électrique est établi sans action et n'est rompu que par appui sur le bouton poussoir.



*Figure 2.37 : Bouton poussoir*

### 2.4.2 Le bouton d'arrêt d'urgence

Un bouton d'arrêt d'urgence est une commande de commutation, qui assure un arrêt complet sécurisé des machines et la sécurité des personnes qui les utilisent. Le but de ce bouton est d'arrêter l'installation rapidement lorsqu'un risque de blessure survient ou lorsque le flux de travail requiert l'arrêt de l'alimentation électrique.

Les boutons d'arrêt d'urgence sont des actionneurs importants pour la sécurité, ils sont présents dans toutes les industries, y compris les installations industrielles.

Les trois boutons d'arrêt d'urgence diffèrent par leur méthode de réinitialisation :

- **Push-Pull (pousser-tirer) :** le bouton est poussé pour arrêter et relâché en tirant en arrière.
- **Key reset (relâchement par clé) :** le bouton est poussé pour arrêter et relâché à l'aide d'une clé.

- **Twist-to-reset (relâchement par torsion)** : le bouton est poussé pour arrêter et relâché par torsion.



*Figure 2.48 : Les boutons d'arrêt d'urgence*

### 2.4.3 Un encodeur

L'encodeur est un dispositif électromécanique qui génère un signal électrique en fonction de la position ou du déplacement de l'élément mesuré (convertit le décalage et la position angulaire en un signal électrique).

L'encodeur rotatif est le plus courant, il permet d'obtenir une information en quasi-temps réel sur le sens et la vitesse du moteur. C'est un capteur de position angulaire, lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne, son axe fait tourner un disque qui lui est solidaire. Ce disque comporte une succession de parties opaques et transparentes.

Une lumière émise par des diodes électro luminescentes (**DEL**), traverse les fentes de ce disque et crée sur les photodiodes réceptrices un signal analogique. Une interface électronique (qui est incluse dans le codeur) amplifie ce signal puis le convertit en signal carré qui est alors transmis à un système de traitement (**API**).



*Figure 2.59 : L'encodeur rotatif*

### 2.4.4 Le disjoncteur magnétothermique

C'est un appareil de protection qui comporte deux relais, un relais magnétique qui protège contre les courts circuits et un relais thermique qui protège contre les surcharges.

- **Protection thermique:** Cette dernière protège contre les surcharges. En cas de surintensité prolongée, le bilame qui est un déclencheur thermique, chauffe par effet Joule jusqu'à atteindre la température de fonctionnement et se déforme. Il déclenche ainsi un mécanisme qui coupe les contacts et ouvre le circuit électrique. Le seuil de déclenchement est réglable directement sur le disjoncteur moteur et son temps de réaction est inférieur à une minute.

Pour garantir la protection du moteur, il faut calibrer l'intensité en concordance avec celle indiquée sur la plaque signalétique du moteur (exprimée en ampère).

- **Protection magnétique:** La protection magnétique protège quant à elle contre les courts-circuits. Lorsque le courant atteint la valeur de déclenchement électromagnétique, un déclencheur force la coupure du courant. Son dispositif magnétique, matérialisé par une bobine électromagnétique, quant à lui, va réagir en cas d'élévation brutale du courant engendrant un court-circuit. Dès lors, la bobine est traversée par le courant, ce qui entraîne l'ouverture du disjoncteur et donc, une coupure du circuit.

Contrairement à la protection thermique, la partie magnétique du disjoncteur ne peut pas être réglée. Le seuil de déclenchement est défini par les courbes de déclenchement.



*Figure 2.20 : Disjoncteur magnétothermique*

### 2.4.5 Commutateur de position rotative

Le commutateur rotatif est un organe de commande manuelle à positions multiples. Il permet d'établir, d'orienter ou de couper le courant électrique entre des bornes de connexion.

Avec un commutateur on peut commander le sens de rotation et l'arrêt du moteur électrique.



*Figure 2.21 : Commutateur rotative*

### 2.4.6 Capteur photoélectrique

Un capteur photoélectrique permet de détecter un objet cible grâce à un faisceau lumineux, et est constitué d'un émetteur de lumière (contenant une diode électroluminescente) associé à un récepteur photosensible (avec phototransistor). Lorsqu'un objet est atteint par le faisceau lumineux, ce dernier est alors envoyé vers le récepteur. Il contient trois fils, deux pour l'alimentation et un pour le signal [9] .



Figure 2.22 : Capteur photoélectrique

#### 2.4.6.1 Avantages

- Pas de contact physique avec l'objet détecté.
- Sortie statique pour la rapidité de réponse ou sortie à relais pour la commutation de charges jusqu'à 2 A.
- Détection d'objet de toutes formes et de matériaux de toutes natures.
- Généralement en lumière infrarouge invisible, indépendante des conditions d'environnement.

#### 2.4.6.2 Fonctionnement des photocellules électriques

- À très grande distance (jusqu'à 30m).
- Tout objet.
- Dépend de l'opacité et de la réflexion de l'objet.

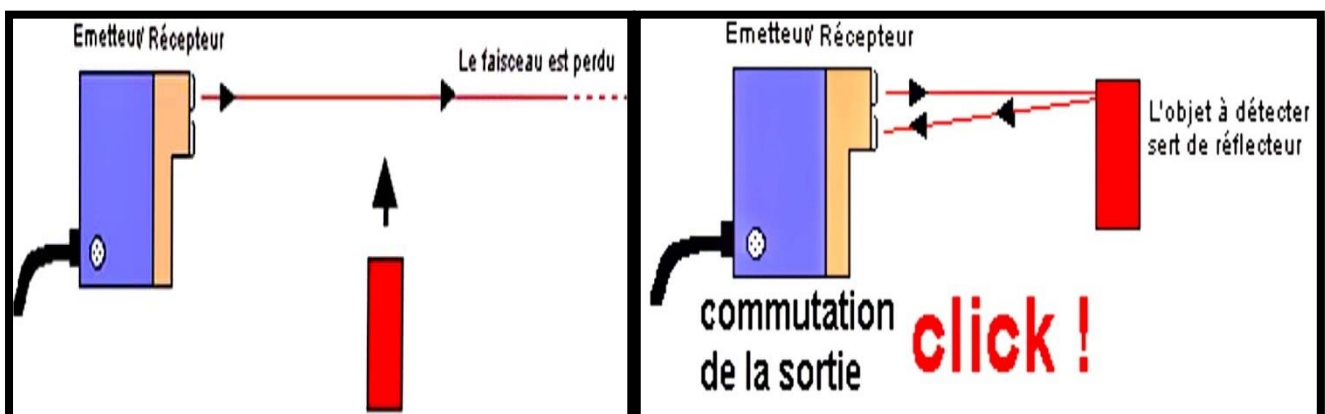


Figure 2.23: Fonctionnement des photocellules



### 2.4.8 Variateurs de vitesse

C'est un dispositif électronique qui permet de contrôler avec précision la vitesse des moteurs à induction, en agissant sur leur fréquence. Il est composé d'un pont redresseur, d'un filtre et d'un onduleur.

La fréquence (en hertz) d'un moteur asynchrone triphasé est directement liée à la vitesse du moteur (tour/min). Les variateurs de vitesse ont la capacité de contrôler l'accélération mais aussi la décélération d'un moteur.



*Figure 2.25 : Variateur de vitesse*

#### 2.4.8.1 Avantages

- Mode de démarrage progressif des moteurs ce qui permet de réduire les chutes de tension dans le réseau électrique et de limiter les courants de démarrage.
- Réduction de la consommation d'énergie électrique grâce aux effets de réduction du pic de couple de démarrage.
- Précision accrue de la régulation de la vitesse du moteur.
- Possibilité d'augmenter la capacité de production en augmentant la vitesse du processus.
- La durée de vie utile des moteurs devient plus longue.
- Prolongation de la durée de vie des équipements entraînés.
- Possibilité de créer des boucles de contrôle et d'interagir avec le processus (Actuellement, de nombreux variateurs de vitesse ont des fonctions de contrôle PID intégrées).
- Possibilité d'effectuer des freinages dynamiques.
- Amélioration du facteur de puissance.

### 2.4.9 Serrure électrique de sécurité

Les interrupteurs de sécurité à verrouillage verrouillent efficacement les dispositifs de protection et empêchent l'accès aux zones sécurisées par ces dispositifs. Les interrupteurs de sécurité verrouillage garantissent les points suivants : les personnes ne peuvent pas ouvrir les dispositifs de protection tant qu'une situation dangereuse, comme des mouvements successifs de machines, ou des processus machine qui ne doivent pas être interrompus, n'ont pas trouvé leur fin.

Nous avons utilisé ce dispositif dans la porte d'entrée de l'installation de la banderoleuse.



*Figure 2.66 : Serrure électrique*

## 2.5 La partie mécanique de la banderoleuse silver fast

### 2.5.1 Moteur électrique

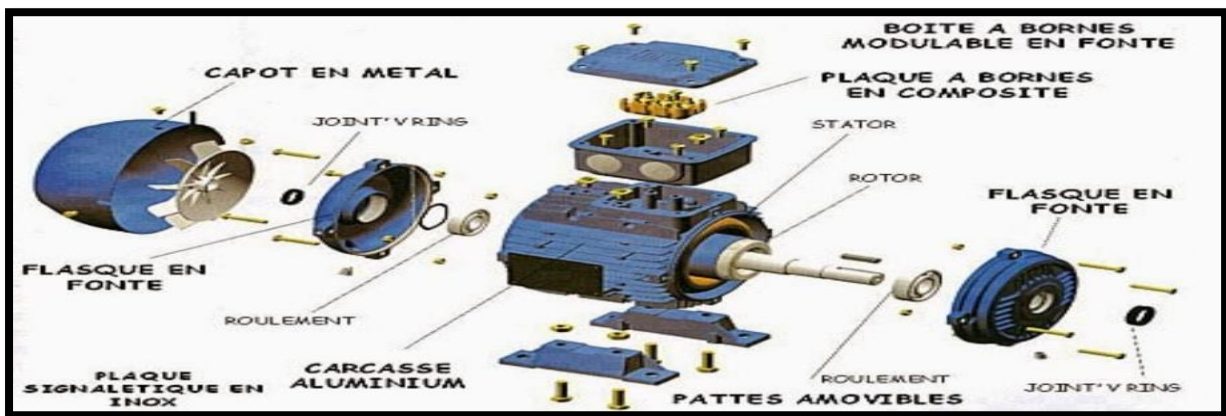
Les entraînements électriques pilotés par des machines asynchrones sont très utilisés dans le domaine industriel. Ces machines sont très robustes et de faible coût d'entretien et pouvant fonctionner dans des conditions très sévères.

Le moteur électrique asynchrone a pour rôle de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Ses performances dynamiques dépendent beaucoup de la qualité du découplage entre le flux et le couple. Ce découplage dans le cas d'une machine à courant continu à excitation séparée est naturel. Cependant, ce type de machine ne convient pas pour les grandes puissances. C'est l'une parmi d'autres raisons qui a conduit à l'utilisation du moteur asynchrone, et ce qui fait de lui le plus demandé dans l'industrie.

Les moteurs asynchrones triphasés sont constitués d'une partie fixe appelée **stator** et d'une partie tournante appelée **rotor**.

- **Stator (l'inducteur)** : Le stator est la partie fixe (statique) du moteur, formé d'une carcasse ferromagnétique qui contient trois enroulements alimentés par des tensions triphasées et produisant un champ magnétique tournant à la fréquence de rotation
- **Rotor (l'induit)** : C'est l'élément en rotation qui transmet la puissance mécanique. Il se trouve au centre du moteur (au centre des trois enroulements) et est soumis au champ magnétique créé par le stator [10] .

Nous avons utilisé ce type de moteur dans le bras de notre banderoleuse qui se déplace verticalement.



*Figure 2.77: Les composants d'un moteur électrique asynchrone*

## 2.5.2 Moteur réducteur

Un motoréducteur est un dispositif mécanique qui combine un moteur électrique avec un réducteur de vitesse intégré, permettant ainsi d'augmenter le couple tout en réduisant la vitesse de rotation.

Dans le domaine de l'automatisation industrielle, les motoréducteurs jouent un rôle essentiel dans la transmission de puissance et la réduction de vitesse. En effet, il permet la transmission du mouvement entre un moteur et un axe de sortie, tout en réduisant la vitesse et augmentant le couple.

Les motoréducteurs sont utilisés dans une variété d'applications industrielles, offrant des avantages tels qu'une meilleure efficacité énergétique, une transmission du couple précise et une longue durée de vie. En effet, ils sont très souvent utilisés dans l'industrie des tapis roulants, convoyeurs, agitateurs, etc.

Nous avons utilisé ce moteur dans **le bras rotatif** et **dans les trois convoyeurs** pour avoir une bonne commande de vitesse et déplacement.



*Figure 2.88 : Moteur réducteur*

### 2.5.3 Convoyeurs à rouleaux motorisés

Les convoyeurs à rouleaux sont particulièrement adaptés pour le transporter des objets le long d'une ligne de production. Ils permettent un transfert en douceur des charges et peuvent être équipés de systèmes de contrôle de vitesse pour ajuster la cadence de production.

Ils sont généralement constitués d'une structure de support solide sur laquelle sont fixés des rouleaux alignés dans le sens de la longueur. Les rouleaux peuvent être en acier, en plastique ou en aluminium, selon les exigences spécifiques de la charge à transporter. Ils sont espacés de manière à créer une surface continue sur laquelle les objets peuvent rouler en douceur.

Les convoyeurs à rouleaux motorisés propulsent les charges le long du système. Ils sont alimentés par des moteurs électriques, offrant un contrôle précis de la vitesse et l'arrêt, ces derniers fournissent la puissance nécessaire pour faire avancer les objets avec précision et contrôle.



*Figure 2.99 : Convoyeur à rouleaux motorisé*

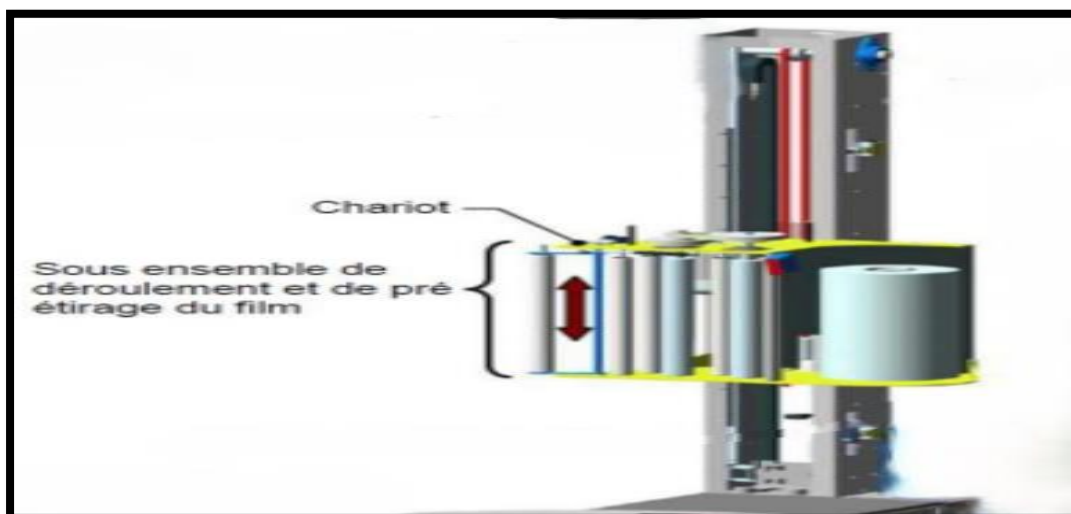
### 2.5.3.1 Avantages

Les avantages des convoyeurs à rouleaux commandés sont nombreux ;

- Ils permettent un transport efficace des charges lourdes ou encombrantes sur de longues distances (différents types de produits, différents formats, dimensions).
- Les rouleaux rotatifs réduisent la friction, facilitant ainsi le déplacement des objets.
- Ils peuvent être conçus pour des applications spécifiques, telles que le tri, l'accumulation, le transfert de charge d'un niveau à un autre, etc.
- Ces systèmes de convoyage offrent également une flexibilité en termes de configuration et de mise en réseau.
- Ils peuvent être intégrés dans des installations existantes, modifiés ou étendus selon les besoins de l'entreprise.
- Ces convoyeurs peuvent être utilisés seuls ou en combinaison avec d'autres types de convoyeurs pour créer un système de manutention plus complexe.
- Ces convoyeurs sont également conçus pour résister à des environnements difficiles, tels que des températures extrêmes, des conditions de travail humides ou corrosives.
- En ce qui concerne la sécurité, les convoyeurs à rouleaux commandés peuvent être équipés de dispositifs de protection tels que des capots de protection, des barrières de sécurité et des systèmes d'arrêt d'urgence pour garantir la sécurité des opérateurs et prévenir les accidents.

### 2.5.4 Mécanisme porteur groupe de pré-étirage (film)

C'est un système effectuant un mouvement de translation vertical alternatif tout le long du bras rotatif, portant avec lui la bobine du film.

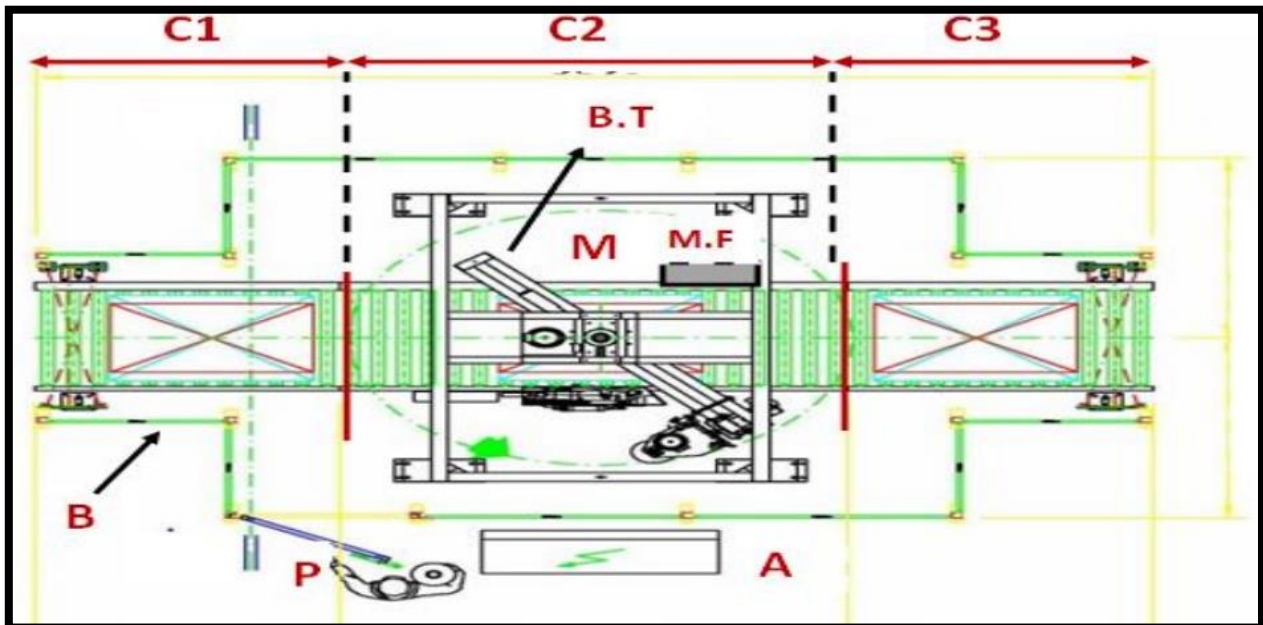


*Figure 2.30: Chariot porte bobine*

## 2.6 Installation de la banderoleuse silver fast

### 2.6.1 Vue de haut de l'installation

L'installation de la machine et leur ligne de transport de la palette au sein de l'unité de conditionnement du produit finale de TIFRA LAIT illustrée sur la figure suivante (figure 2.31) :



*Figure 2.31 : Vue de haut de l'installation de la banderoleuse*

| Symbolisation | Nom du dispositif                   |
|---------------|-------------------------------------|
| A             | Armoire de sécurité                 |
| B             | Barrière de sécurité                |
| B.T           | Bras tournant                       |
| C1            | Convoyeur n°01 a rouleaux motorisés |
| C2            | Convoyeur n°01 a rouleaux motorisés |
| C3            | Convoyeur n°01 a rouleaux motorisés |
| M             | Machine banderoleuse                |
| M.F           | Mécanisme de finition               |
| P             | Porte d'entrée                      |

*Tableau 2.3: Identification des composants de la banderoleuse*

## 2.6.2 Mode de fonctionnement

### 2.6.2.1 Groupe des convoyeurs

Le convoyeur de palette à rouleau motorisé est spécialement adapté pour la manutention des palettes et autres charges lourdes à fond plat, il est de conception fiable et robuste. Le convoyeur peut convoyer des charges lourdes.

Le transport de la palette est garanti par une série de convoyeurs qui sont à l'ordre suivant :

- **Le convoyeur C1** : Un convoyeur à rouleau motorisé transporte les palettes à partir du plan glissant vers le convoyeur **C2**, muni des capteurs de détection de présence, le premier (**Cp01**) est placé au début et incliné vers l'extérieur, et le second (**Cp02**) est placé à la fin du convoyeur **C1**.
- **Le convoyeur C2** : Est de même conception que **C1**, il transporte les palettes à partir du convoyeur **C1** vers le convoyeur **C3**, et traverse le milieu de la banderoleuse. Grâce à cet emplacement et à des capteurs qui sont repartis au milieu de la palette, il s'arrête au centre de la banderoleuse. Il y a trois capteurs utilisés dans le convoyeur **C2**, (**Cp03**) et (**Cp04**) sont dans une forme de lettre « V » avec projection vers l'extérieur, et au milieu on a un **capteur d'objet** qui assure la présence de la palette.
- **Le convoyeur C3** : Un convoyeur à rouleau motorisé, comme les deux premiers, muni de deux capteurs de détection de présence (**Cp05**) et (**Cp06**). Il transporte les palettes à partir du convoyeur **C2** vers la fin du convoyeur **C3** pour les stocker ou bien déplacer par d'autres outils manuels. Cette étape est la dernière dans une chaîne de production.

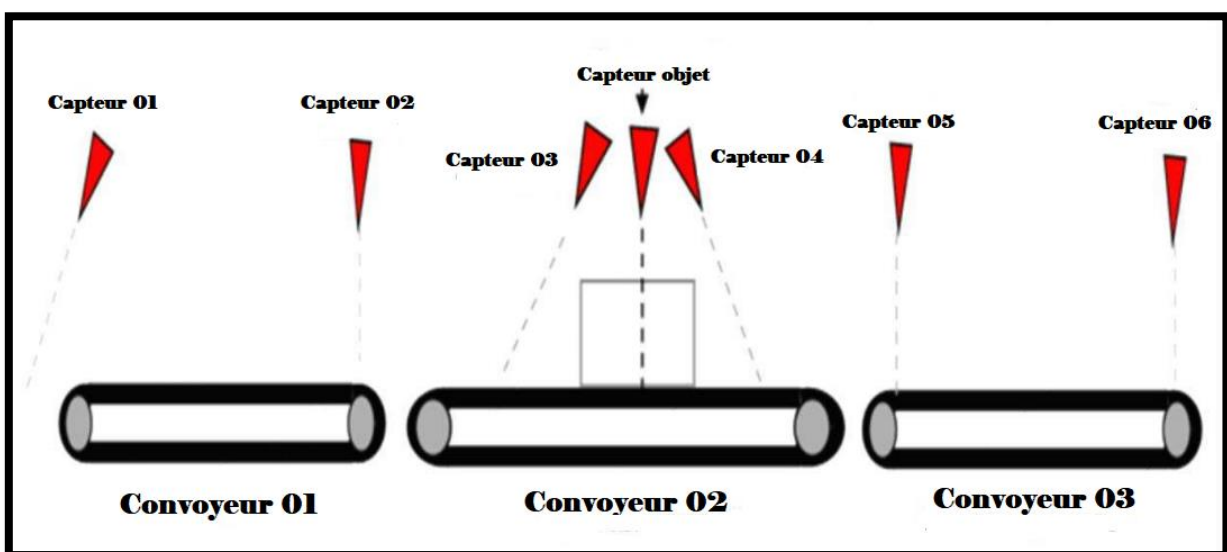


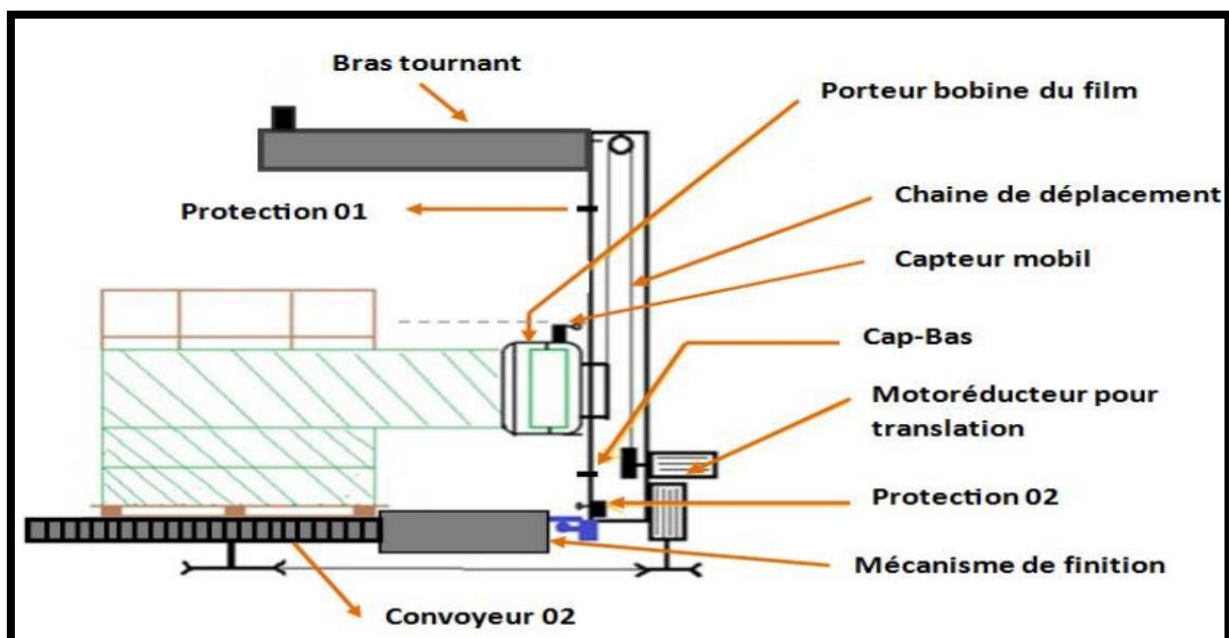
Figure 2.32 : L'enchâînement des convoyeurs avec l'emplacement des capteurs

### 2.6.2.2 Bras tournant

C'est une banderoleuse automatique à bras tournant avec un moteur réducteur qui contient un variateur et un frein automatique, il tourne autour de la palette pour filmer le carton. Le nombre des rotations de ce bras est calculé par un capteur de fin de course (**Cap Rotation**). Ce bras contient un anneau qui porte la bobine du film.

Cette bobine est déplacée verticalement par un moteur réducteur lié à une chaîne qui permet de faire un déplacement vers le haut et le bas pour filmer le carton. L'intervalle de ce déplacement est limité par un photocellule mobile placé sur la bobine porteuse du film (**Cap\_mobil**), et un capteur fin de course en bas (**Cap\_Bas**).

On trouve aussi dans ce bras deux capteurs fin de course, en haut et en bas pour la protection contre les dégâts (**Protection1** et **protection2**).



*Figure 2.33 : Installation de la banderoleuse*

### 2.6.2.3 Mécanisme de finition

Le mécanisme de finition est un dispositif utilisé pour rendre un système 100% automatisé, ce mécanisme est composé de quatre vérins :

- **Vérin n°01 (Bras) :** Le bras monte verticalement en 90° par le vérin n°01 pour fixer le boîtier du mécanisme de finition. Le rôle de ce bras (attaché au vérin) est de séparer la dernière couche du film pendant l'emballage; ceci pour faciliter le travail du crochet et de la résistance.

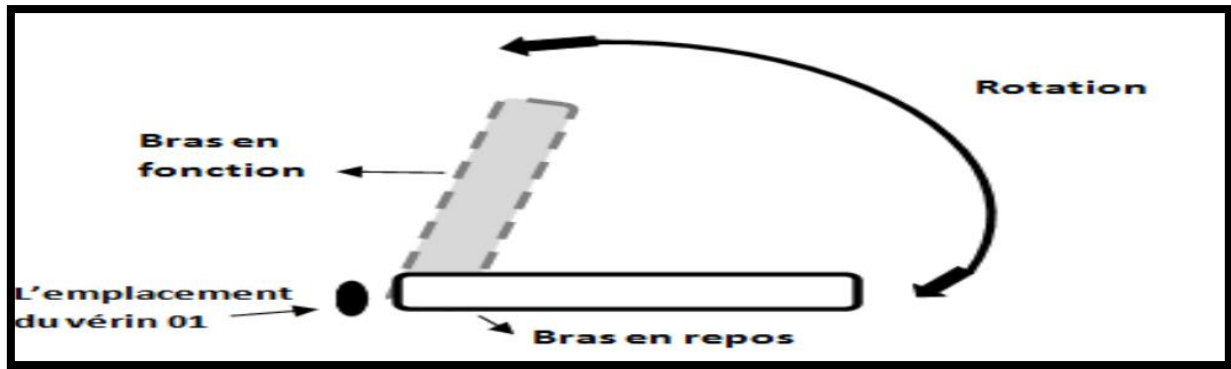


Figure 2.34 : Mouvement du bras (Vérin n°01)

- Vérin n°02 (Rotation de l'équipement de finition): Le vérin n°02 s'ouvre pour permettre au boîtier de faire une rotation de 60° vers les palettes. Ce déplacement sera repéré par les deux détecteurs V2.In et V2.Fi.

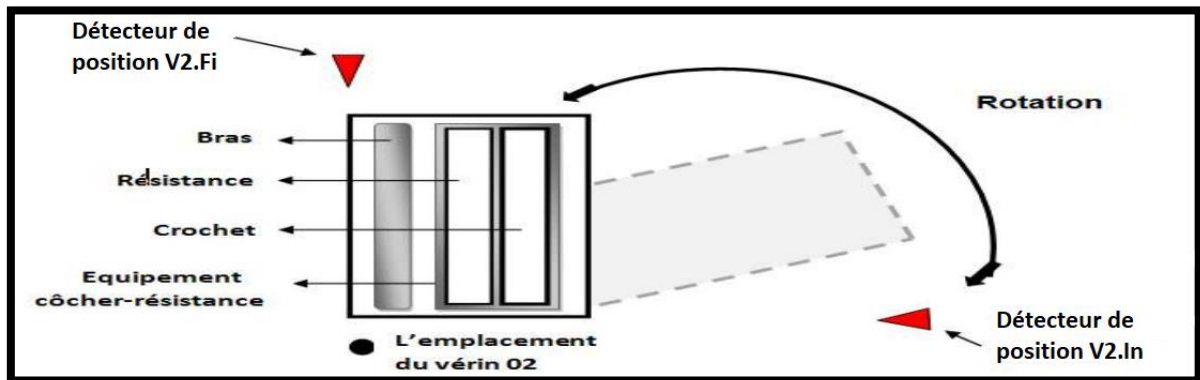


Figure 2.35 : Rotation de l'équipement de finition (Vérin n°02)

- Vérin n°03 (Crochet) : Pour attacher le film il faut que le vérin n°03 s'ouvre, ce qui permet de lâcher/fixer le film a la prochaine utilisation sans intervention humaine.

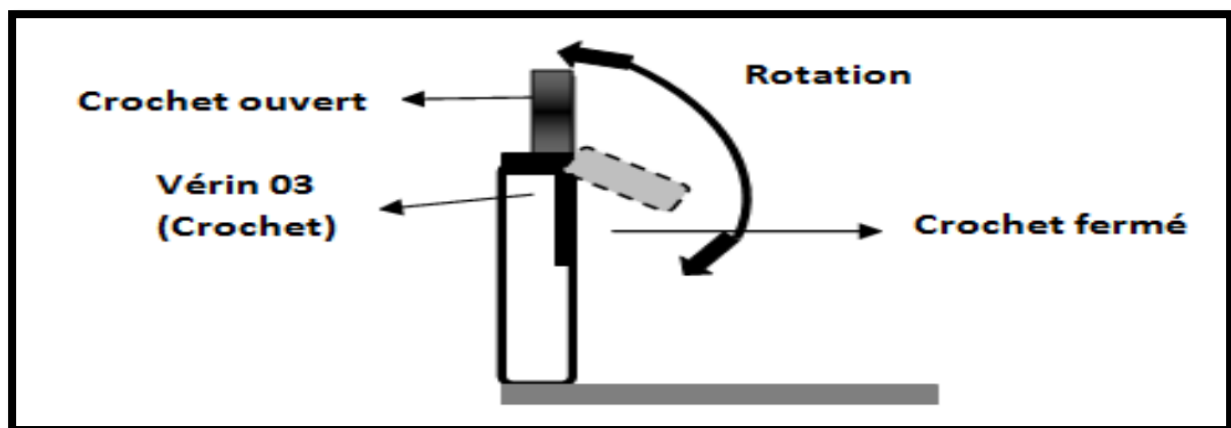
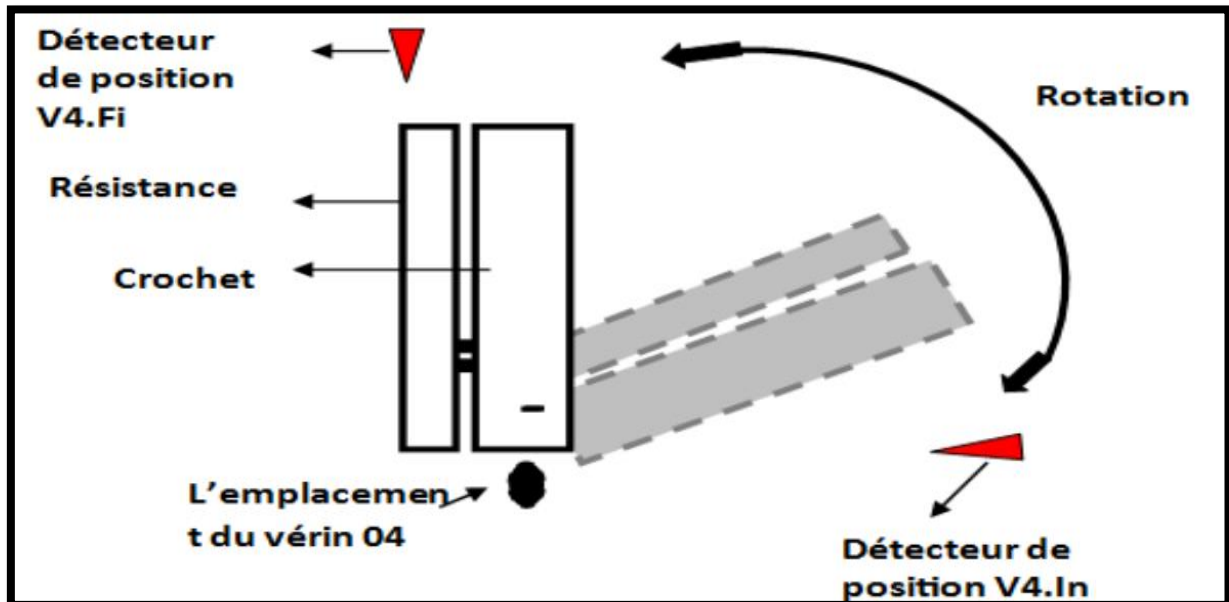


Figure 2.36 : Mécanisme du crochet (Vérin n°03)

- **Vérin n°04 (Équipement Crochet-Résistance)** : L'ouverture de ce vérin permet de passer par deux positions, une pour couper le film par effet de chaleur (**capteur résistance**) et l'autre pour fermer le crochet (**Capteur V4.Fi**), revenant vers l'état initiale (**Capteur V4.In**).



*Figure 2.37 : Mouvement de l'équipement crochet-résistance (Vérin n°04)*

### 2.6.3 Déroulement des étapes de fonctionnement

1. La détection d'un objet par le **capteur n°01**, entraîne le démarrage du **convoyeur n°01**.
2. Si un objet est détecté par le **capteur n°02**, le **convoyeur n°01** et le **convoyeur n°02** démarre.
3. Dès que la palette se positionne entre les deux **capteurs n°03 et n°04**, et le **capteur objet** détecte la palette, le **convoyeur n°02** s'arrête, le **convoyeur n°01** s'arrête aussi s'il existe une palette détectée par le **capteur n°02** et le **vérin n°02** fait une rotation de  $60^\circ$  vers le **convoyeur n°02**.
4. L'arrivée du **vérin n°02** au **capteur (V2\_Fi)**, donne un signal au moteur de rotation qui commence à faire tourner le bras.
5. Après le premier tour le crochet (**vérin n°03**) lâche le film. Le bras fait deux autres tours et donne l'ordre au **moteur n°02** pour déplacer la bobine du film vers le haut, ce qui permet de faire trois couches de film en bas et toucher la partie médiane du carton.
6. Dès que le chams du **capteur mobil** de la bobine dépasse l'extrémité du carton le moteur montant s'arrête pour filmer la partie supérieure.
7. Le bras réalise trois tours et ordonne le moteur de descendre, puis effectue d'autres tours croisé au centre de la palette. Le moteur sera arrêté par le capteur fin de course (**Cap-Bas**).

**8.** L'arrivée de la bobine en bas donne un signal au bras (**vérin n°01**) pour séparer les deux dernières couches du film.

**9.** Le bras tournant fait les deux derniers tours. Dans le premier tour le variateur commence à diminuer la vitesse du moteur, ce qui permet de freiner sans perturbation à la fin du deuxième tour.

**10.** Dès que le bras tournant s'arrête, l'équipement **crochet-résistance** est mis en position 2 par le **vérin n°04**. Il se positionne grâce au capteur de fin de course (**V4\_Fi**), le crochet fixe le film et la résistance mis en fonctionnement pendant **quatre secondes**.

**11.** L'équipement **crochet-résistance** fait son retour après la fixation et le coupage (**quatre secondes**). Le bras aussi revient à l'état initial (**V4\_Ini**) et le mécanisme de finition revient à sa position initiale repérée par le capteur **V4.In**.

**12.** Le retour au capteur **V4.In** redémarre le **convoyeur n°02** pour déplacer la palette filmée.

**13.** Dès qu'elle touche le **capteur n°04**, le **convoyeur n°03** commence à marcher.

**14.** A la fin du **convoyeur n°03**, il y a le **capteur n°06**, qui assure les fonctionnalités suivantes:

- La désactivation du **convoyeurs n°03** en attendant le déplacement de la palette filmée.
- La désactivation du **convoyeur n°02** si le **capteur n°04** détecte un objet.
- La désactivation du **convoyeur n°01** si les **capteurs n°02** et **n°04** détecte un objet.

## Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé les divers éléments de la machine banderoleuse ainsi que leur fonctionnement.

Cela nous permettra de mieux comprendre son mode opératoire, afin de lui élaborer un modèle de conduite qui lui convient.

Toutes les contraintes fonctionnelles seront prises en compte grâce à l'outil de modélisation Grafcet.

# Chapitre 3 :

## Modélisation de la banderoleuse avec l'outil GRAFCET

## Introduction

Pour pouvoir commander un système de production, nous devons impérativement suivre certaines étapes qui servent de support à l'automaticien pour résoudre le problème d'automatisation imposé par le cahier des charges.

Donc nous devons trouver un moyen capable de décrire le fonctionnement du procédé, qui sera simple à comprendre et à concevoir.

Le fonctionnement d'un automatisme peut être représenté graphiquement par un ensemble appelé RDP (réseaux de pétri) ou le GRAFCET.

Le GRAFCET est représenté aujourd'hui comme l'outil le plus répondu à la transmission de l'information entre les différentes parties d'un automatisme, tout en respectant ses règles d'évolution.

L'objectif de ce chapitre est de présenter cet outil de modélisation, ainsi que ces différentes étapes à suivre et de donner un modèle de conduite du démarrage à l'arrêt de notre système.

## 3.1 Le GRAFCET

### 3.1.1 Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tapes et **T**ransitions) ou SFC (**S**équentiel **F**onction **C**hart), est un diagramme fonctionnel qui sert à décrire, étudier et réaliser graphiquement, suivant un cahier des charges les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel.

Le GRAFCET est un outil de modélisation des systèmes séquentiels qui est utilisé plus particulièrement dans les parties commandes d'automatismes. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées et les événements qui les déclenchent.

Il est composé d'une succession alternée d'étapes auxquelles sont associées des actions, et de transition auxquelles sont associées des réceptivités. 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.

### 3.1.2 Les concepts de base d'un GRAFCET [11]

Le GRAFCET comprend :

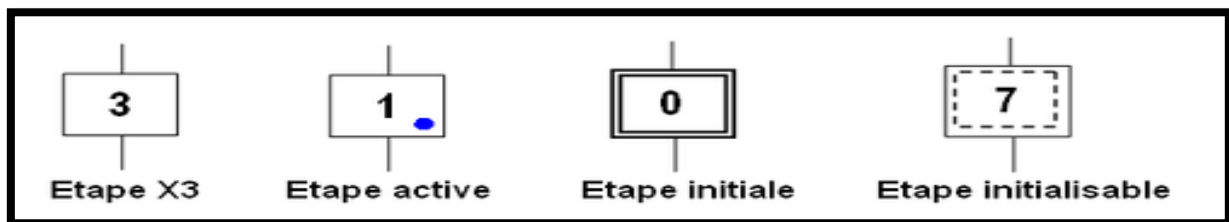
- Des étapes associées à des actions.

- Des transitions associées à des réceptivités.
- Des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

### 3.1.2.1 Etape

Une étape symbolise un état ou une partie de l'état du système automatisé. Elle correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée.

Chaque étape est représenté par un carré repéré numériquement, possède ainsi une variable d'état, appelée variable d'étape  $X_i$ . Cette variable est une variable booléenne valant 1 si l'étape est active, 0 sinon. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes aient le même numéro.



**Figure 3.1 : Les étapes du GRAFCET**

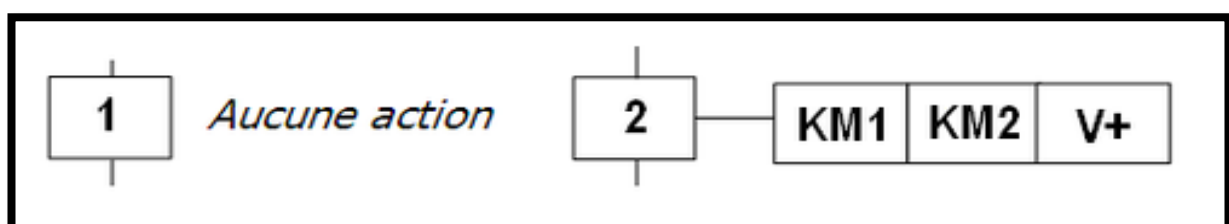
La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite étape initiale (activée au moment de la mise en énergie de la partie commande), et représentée par un carré double.

Dans un grafcet il doit y avoir au moins une étape initiale.

### 3.1.2.2 Actions associées aux étapes

D'une façon générale dans un GRAFCET une action est associée à chaque étape, c'est à dire un ordre vers la partie opérative ou vers d'autres grafkets. Mais on peut rencontrer aussi une même action associée à plusieurs étapes ou plusieurs actions associées à la même étape ou une étape vide.

Les actions traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est activée, et sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute lorsque cette étape est active.

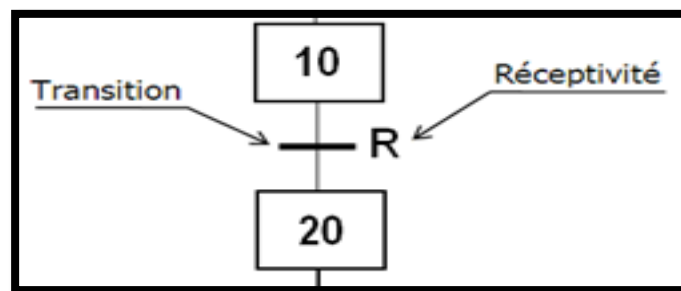


**Figure 3.2 : Les actions du GRAFCET**

### 3.1.2.3 Transition

Une transition est représentée par un trait horizontal située entre deux étapes consécutives (entre une étape d'entrée, située en amont, et une étape de sortie située en aval), elle indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes et donc la succession de deux activités dans la partie opérative. Le passage du système d'un événement au suivant, respectivement d'une étape à l'étape suivante, correspond au franchissement de la transition, qui permet l'évolution du système.

Une transition représente une seule possibilité d'évolution, elle est validée lorsque toutes les étapes à partir desquelles la transition peut s'effectuer sont actives.



*Figure 3.3 : Transition du GRAFCET*

### 3.1.2.4 Réceptivité

A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité qui exprime la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre.



*Figure 3.4 : Réceptivité du GRAFCET*

La réceptivité qui est une information d'entrée qui est fournie par :

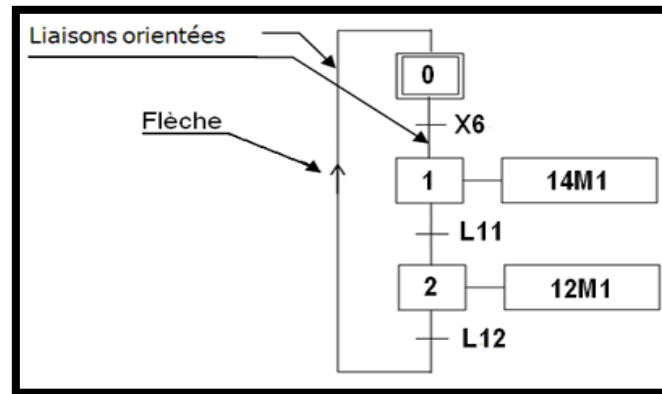
- L'opérateur : pupitre de commande.
- La partie opérative : états des capteurs.
- Du temps, d'un comptage ou toute opération logique, arithmétique...
- D'autres systèmes : dialoguent entre systèmes.

Si la réceptivité n'est pas précisée, alors cela signifie qu'elle est toujours vraie (=1).

### 3.1.2.5 Liaisons orientées

Les liaisons orientées sont de simples traits verticaux qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies suivant lesquelles se font les évolutions.

Elles sont normalement orientées de haut vers le bas.



*Figure 3.5 : Les liaisons orientées du GRAFCET*

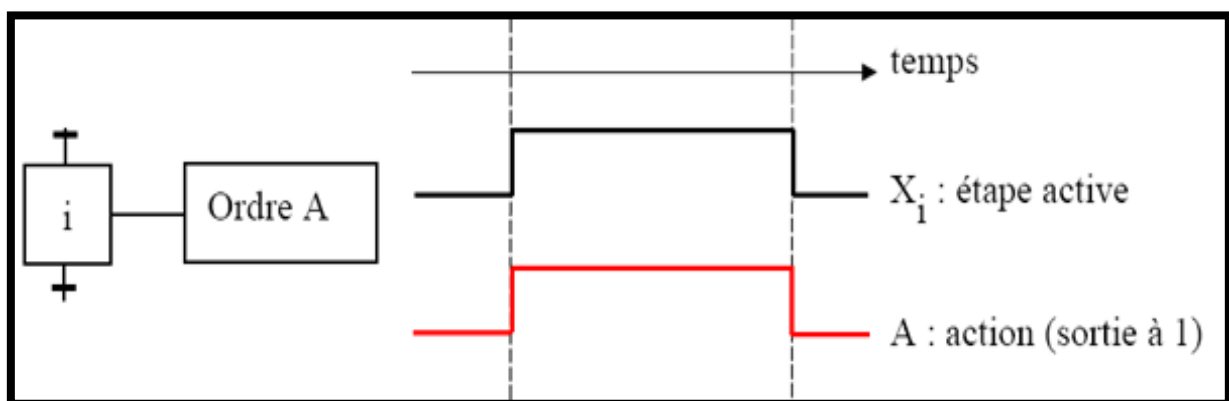
Une flèche est nécessaire dans le cas contraire.

### 3.1.3 Classification des actions associées aux étapes

Les actions peuvent être classées en fonction de leur durée par rapport à celle de l'étape, on distingue trois types : continues, conditionnelles ou mémorisées.

#### 3.1.3.1 Actions continues

L'ordre est émis, de façon continue, tant que l'étape, à laquelle il est associé, est active.



*Figure 3.6 : Actions continues*

#### 3.1.3.2 Actions conditionnelles

Une action conditionnelle n'est exécutée que si l'étape associée est active et si la condition associée est vraie. Elles peuvent être décomposées en 3 cas particuliers :

• Action conditionnelle simple : type C

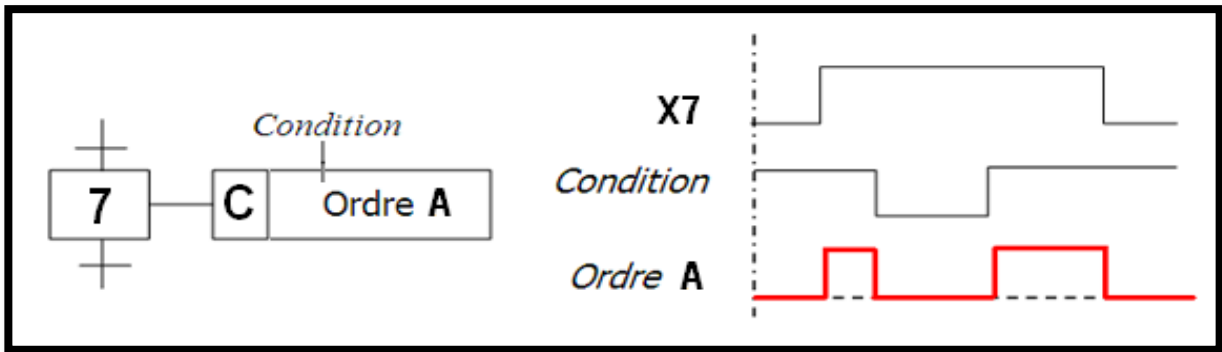


Figure 3.7 : Action conditionnelle simple

• Action retardée : type D ( delay)

Le temps intervient dans cet ordre conditionnel comme condition logique. L'indication du temps s'effectue par la notation générale " t / xi / q " dans laquelle "xi" indique l'étape prise comme origine du temps et "q" est la durée du retard.

**Exemple :** "t /x6/ 5s" : prendra la valeur logique 1, 5s après la dernière activation de l'étape 6.

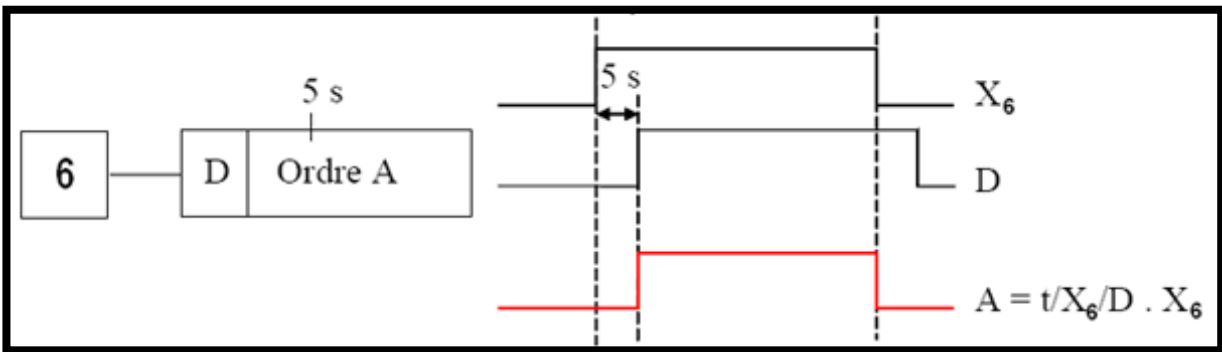


Figure 3.8 : Action retardée

• Action de durée limitée : type L (limited)

L'ordre est émis dès l'activation de l'étape à laquelle il est associé, mais la durée de cet ordre sera limitée à une valeur spécifiée.

**Exemple :** l'ordre "A" est limité à 2s après l'activation de l'étape 4.

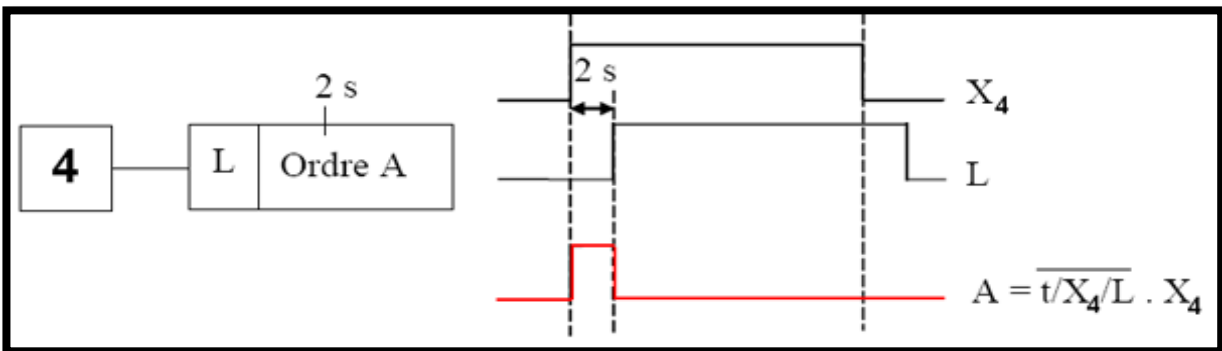
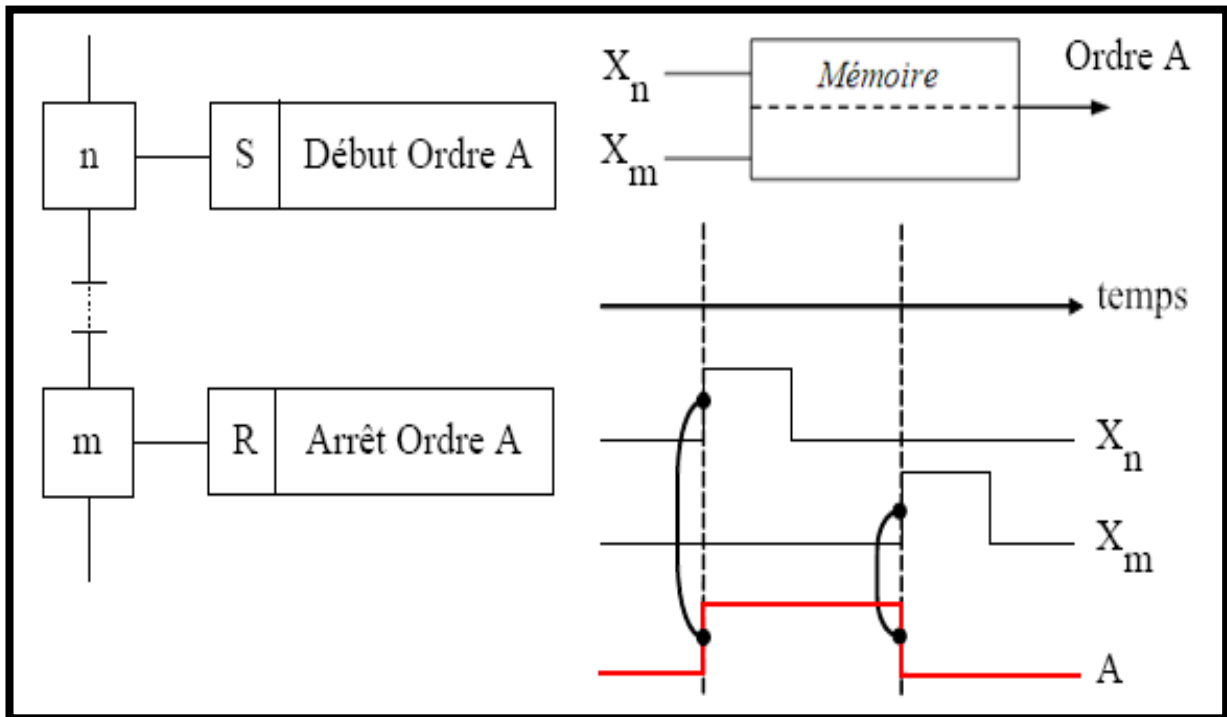


Figure 3.9 : Action de durée limitée

### 3.1.3.3 Actions mémorisées

Le maintien d'un ordre, sur la durée d'activation de plusieurs étapes consécutives, peut être obtenu par la mémorisation de l'action en utilisant une fonction auxiliaire appelée fonction mémoire.



*Figure 3.10 : Actions mémorisées*

### 3.1.4 Règles d'évolution d'un GRAFCET

Le comportement dynamique d'un Grafcet est guidé par cinq règles qui définissent les raisons et les effets du passage des transitions.

- **Règle N°1 : Condition initiale :**

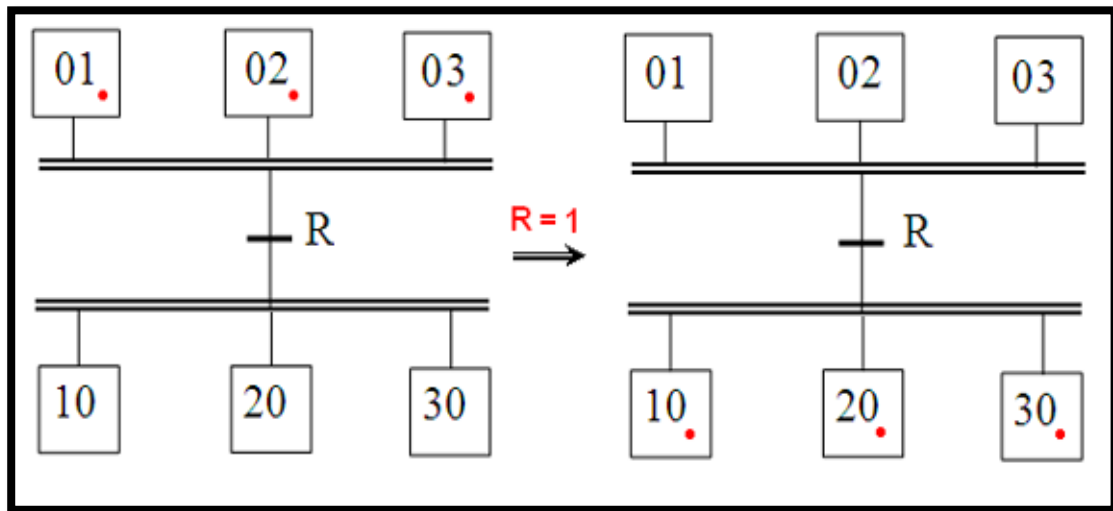
L'état d'origine d'un Grafcet désigne le comportement initial de la partie commande par rapport à partie opérative. Il correspond aux étapes actives au début du fonctionnement.

A l'instant initial, seules les étapes initiales sont actives.

- **Règle N°2 : Franchissement d'une transition :**

Pour que la transition puisse être franchie, il est nécessaire que toutes les étapes précédentes soient actives et que la réceptivité associée soit vraie.

• Règle N°3 : Evolution des étapes actives :



*Figure 3.11 : Evolution des étapes actives*

Le franchissement d'une transition entraîne obligatoirement l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

• Règle N°4 : Franchissement simultané :

Toutes les transitions simultanément franchissables à un instant donné sont simultanément franchies.

• Règle N°5 : Conflit d'activation :

Si une étape doit être simultanément désactivée par le franchissement d'une transition aval, et activée par le franchissement d'une transition amont, alors elle reste active.

### 3.1.5 Symbolisation de GRAFCET

- Chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement.
- Les étapes initiales se distinguent en doublant les cotes de carré.
- Les actions associées sont représentées de façon littérale ou symbolique, à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles.
- Les transitions sont présentées par des barres.
- La réceptivité est inscrite à droite de la transition.

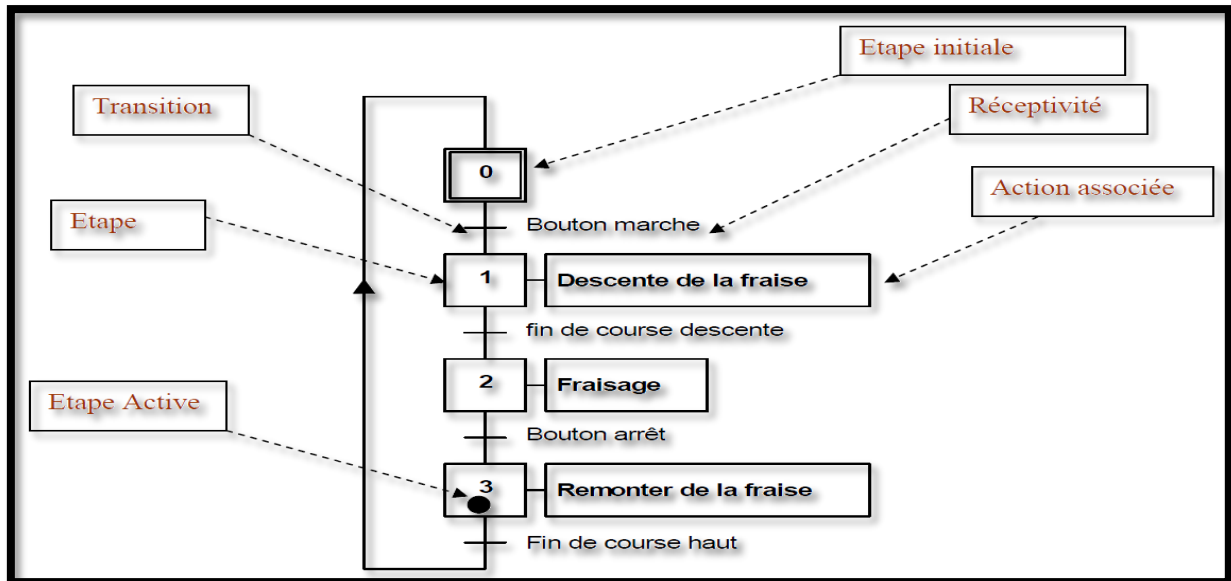


Figure 3.12 : Symbolisation de GRAFCET

### 3.1.6 Les structures de base

#### 3.1.6.1 Notion de séquence

Une séquence, dans un Grafcet, est une suite d'étapes à exécuter l'une après l'autre. Autrement dit chaque étape ne possède qu'une seule transition aval et une seule transition amont.

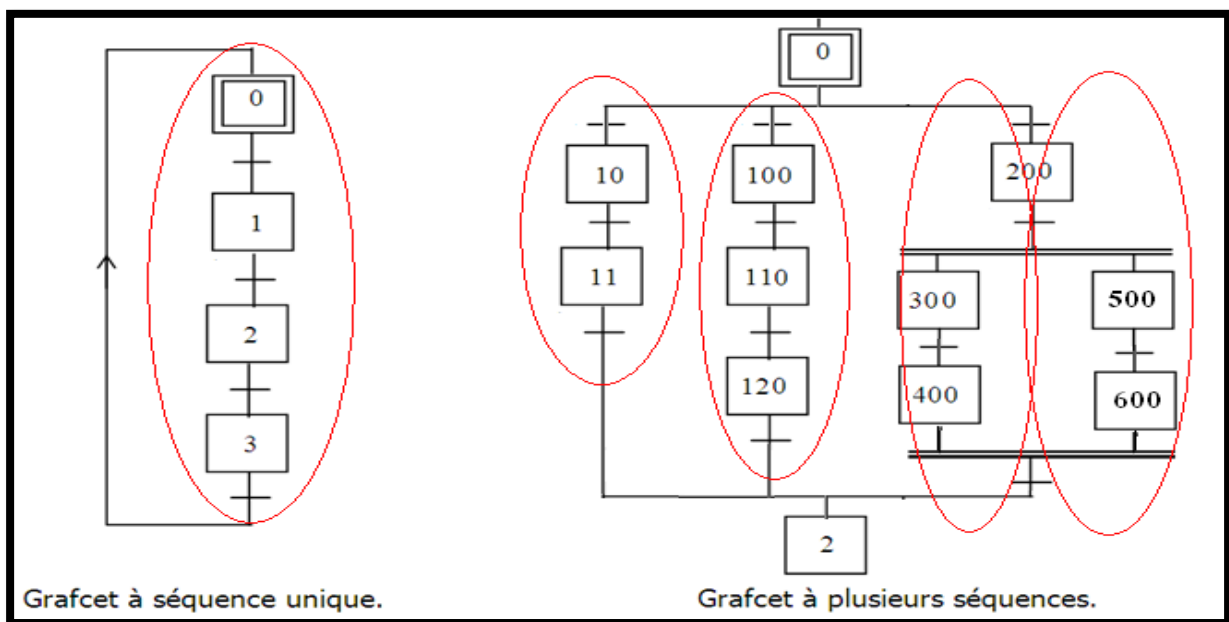
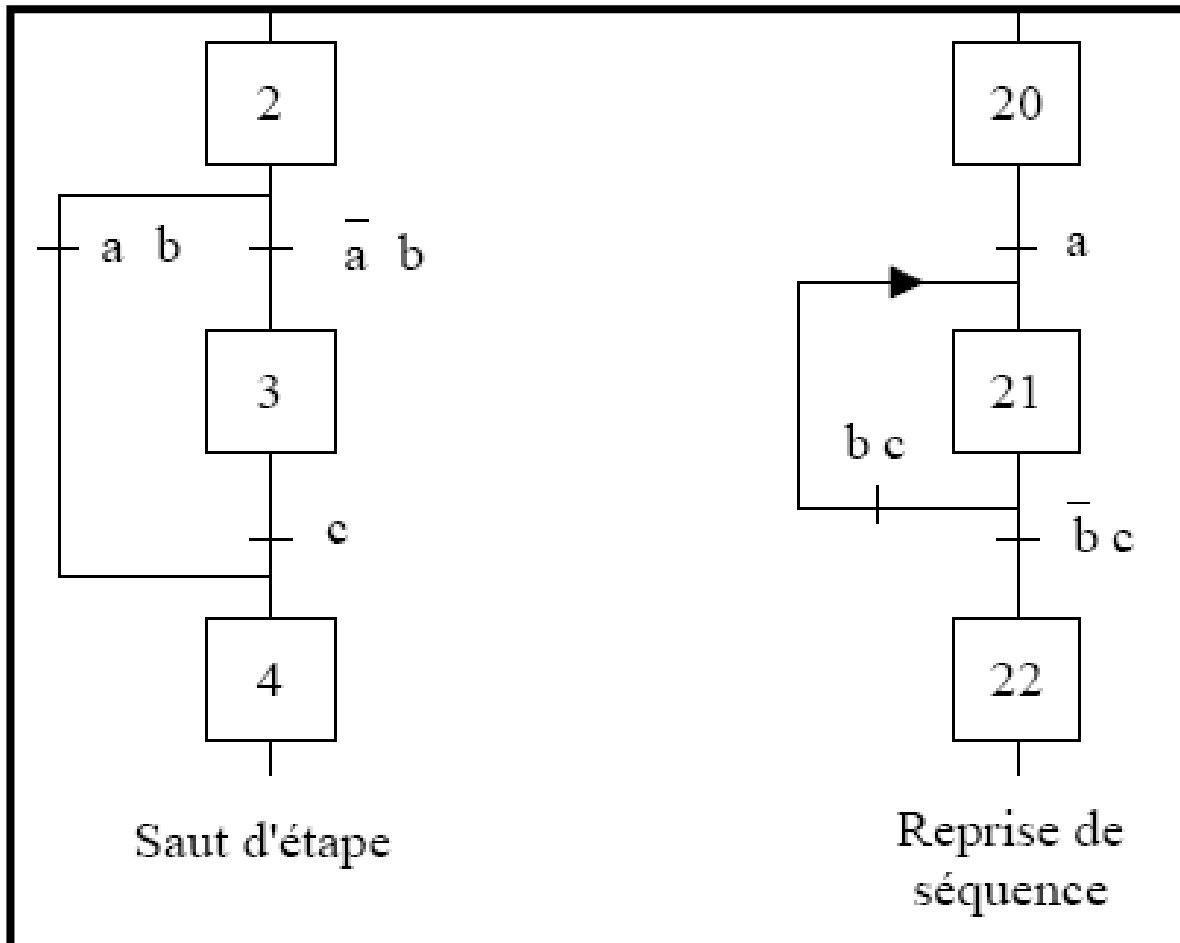


Figure 3.13 : Les séquences d'un GRAFCET

### 3.1.6.2 Saut d'étapes et reprise de séquence

Le saut d'étapes permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées sont inutiles à réaliser, La reprise de séquence (ou boucle) permet de reprendre, une ou plusieurs fois, une séquence tant qu'une condition n'est pas obtenue.



*Figure 3.14 : Saut d'étapes et reprise de séquence*

### 3.1.6.3 Aiguillage entre deux ou plusieurs séquences

On dit qu'il y a aiguillage ou divergence en OU lorsque le grafcet se décompose en deux ou plusieurs séquences selon un choix conditionnel. Comme la divergence en OU on rencontre aussi la convergence en OU. On dit qu'il y a convergence en OU, lorsque deux ou plusieurs séquences du grafcet converge vers une seule séquence.

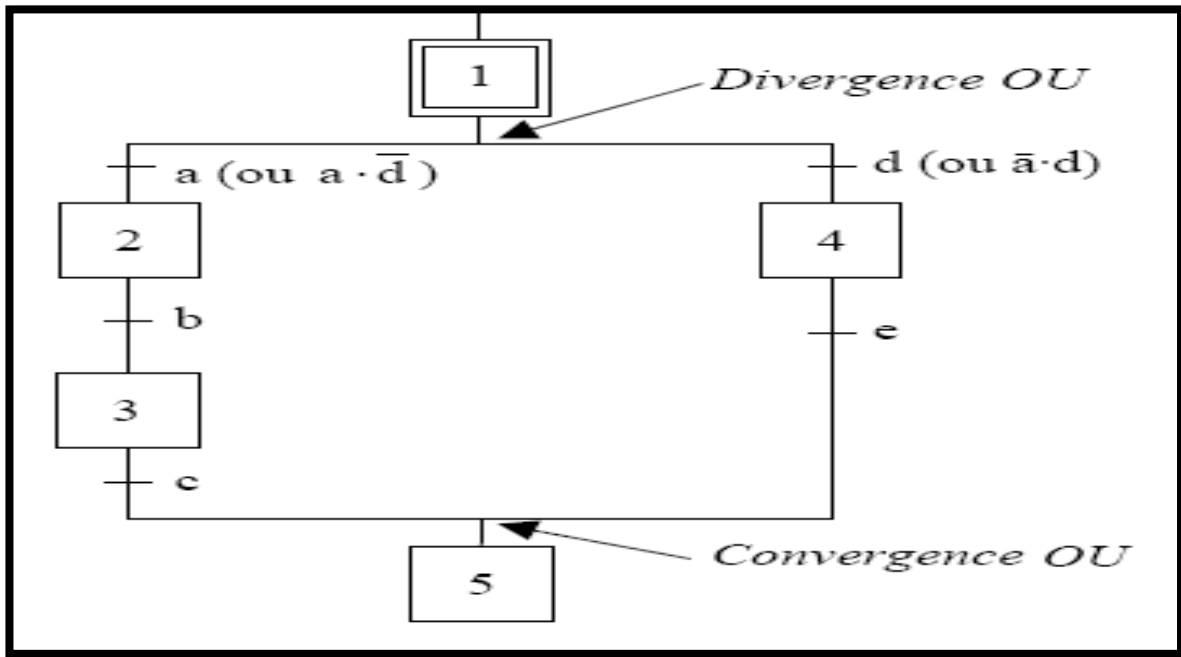


Figure 3.15 : Divergence OU et convergence OU

### 3.1.6.4 Parallélisme entre deux ou plusieurs séquences

Au contraire de l'aiguillage où ne peut se dérouler qu'une seule activité à la fois, on dit qu'on se trouve en présence d'un parallélisme structurel, si plusieurs activités indépendantes pouvant se dérouler en parallèle. Le début d'une divergence en ET et la fin d'une convergence en ET d'un parallélisme structurel sont représentés par deux traits parallèles.

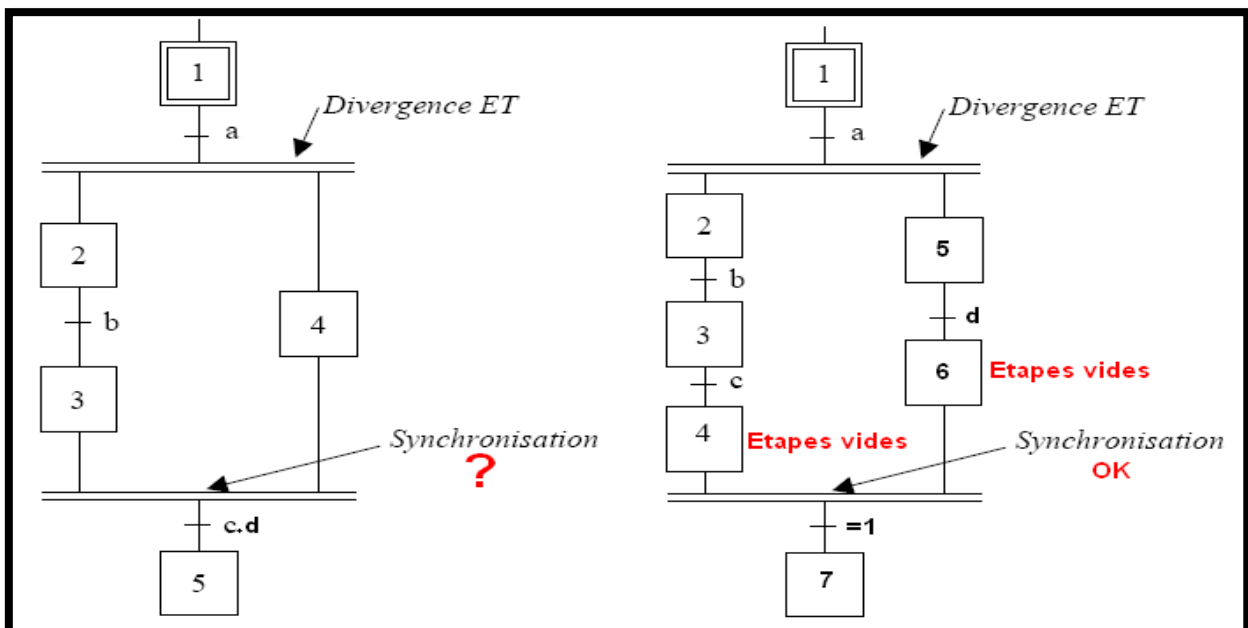


Figure 3.16 : Divergence en ET

La synchronisation permet d'attendre la fin de plusieurs activités se déroulant en parallèle, pour continuer par une seule.

### 3.2 Les niveaux de GRAFCET

L'analyse GRAFCET est divisée en deux niveaux. Le premier niveau s'attarde aux spécifications fonctionnelles, le second aux spécifications technologiques. Ils sont définis comme suit :

#### • Le GRAFCET de niveau 1 :

Pour que l'automatisme puisse comprendre le fonctionnement de l'automatisme, il faut qu'il soit en mesure d'identifier le comportement de la partie commande par rapport à la partie opérative.

Le GRAFCET de niveau 1 permet donc de représenter la séquence de fonctionnement souhaitée et d'identifier les fonctions que doit remplir l'automatisme. Pour chacune de ces fonctions, il faut déduire quelles sont les actions à faire, les informations assurant que les actions soient complétées et les précautions à prendre du point de vue sécurité, indépendamment de la matérialisation technologique. Autrement dit on ne définit pas les actionneurs ni les capteurs mais uniquement les actions à effectuer et leur enchaînement pour permettre de comprendre l'évolution de l'automatisme.

A ce niveau, les réceptivités sont décrites sous forme littérale par des mots et non pas par des abréviations.

#### • Le GRAFCET de niveau 2 :

Le GRAFCET de niveau 2 est celui qui prend en compte la technologie des capteurs et actionneur. C'est à ce niveau seulement que doivent intervenir les renseignements sur la nature exacte des capteurs et actionneurs employés, leurs caractéristiques et les contraintes qui peuvent en découler.

Il est utilisé pour la réalisation et l'exploitation des systèmes automatisés. Il pourrait mener à la programmation d'un automate ou à un séquenceur câblé. En pratique, ce GRAFCET sera ultérieurement modifié pour tenir compte des spécifications opérationnelles.

En effet, les GRAFCET de niveau 1 et de niveau 2 ne s'attardent qu'au fonctionnement normal de l'automatisme. Dans ce fonctionnement normal, il est assumé que l'automatisme ne manquera jamais de matière première, ne subira jamais d'arrêt d'urgence, ne sera jamais défaillant. Donc les divers modes de marches et d'arrêts ne sont pas pris en compte.

Exemple :

➤ **GRAFCET de niveau 1 :**

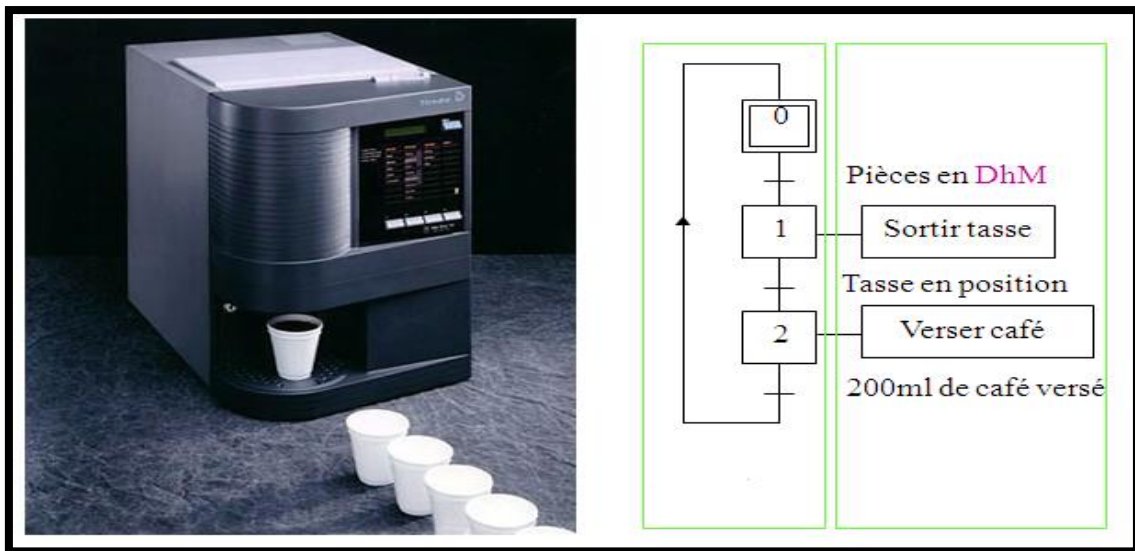


Figure 3.17 : GRAFCET de niveau 1

➤ **GRAFCET de niveau 2 :**

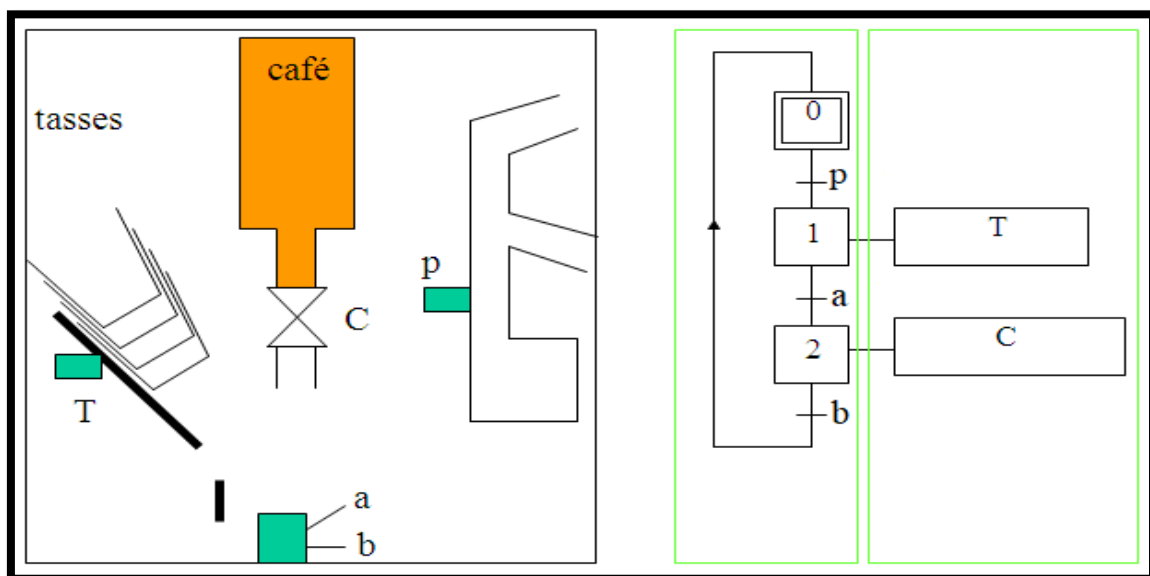


Figure 3.18 : GRAFCET de niveau 2

### 3.3 Mise en équation d'un GRAFCET

Pour pouvoir transformer le GRAFCET qui est la meilleure approche qui existe pour traiter les systèmes séquentiels en « diagramme échelle » qui est le langage le plus utilisé par les automates.

Nous devons traduire notre GRAFCET sous forme d'équations logiques combinatoires, en précisant les conditions d'activation, de désactivation, ainsi l'initialisation et les arrêts d'urgence d'une étape et de l'action associée [12].

Pour montrer comment le GRAFCET se transforme en diagramme échelle, supposons une suite de trois étapes tel que montré dans la figure 3.19.

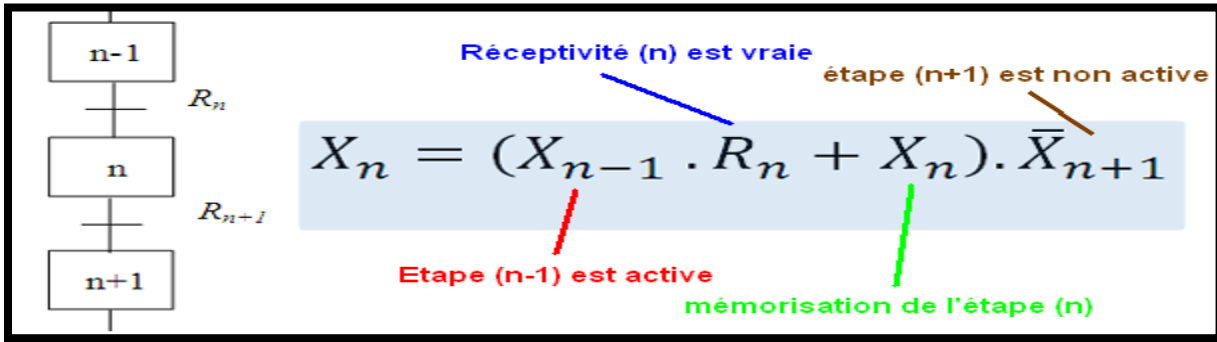


Figure 3.19 : Equation d'activation de l'étape de rang n

Pour qu'une étape soit activée il faut que :

- L'étape immédiatement précédente soit active.
- La réceptivité immédiatement précédente soit vraie.
- L'étape immédiatement suivante soit non active.
- Après activation l'étape mémorise son état.

### 3.4 Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC

Le diagramme à contact, également appelé LADDER, est le langage le plus couramment employé dans la programmation de la plupart des automates industriels. Ainsi, on transcrit le modèle GRAFCET en programme API de la manière suivante :

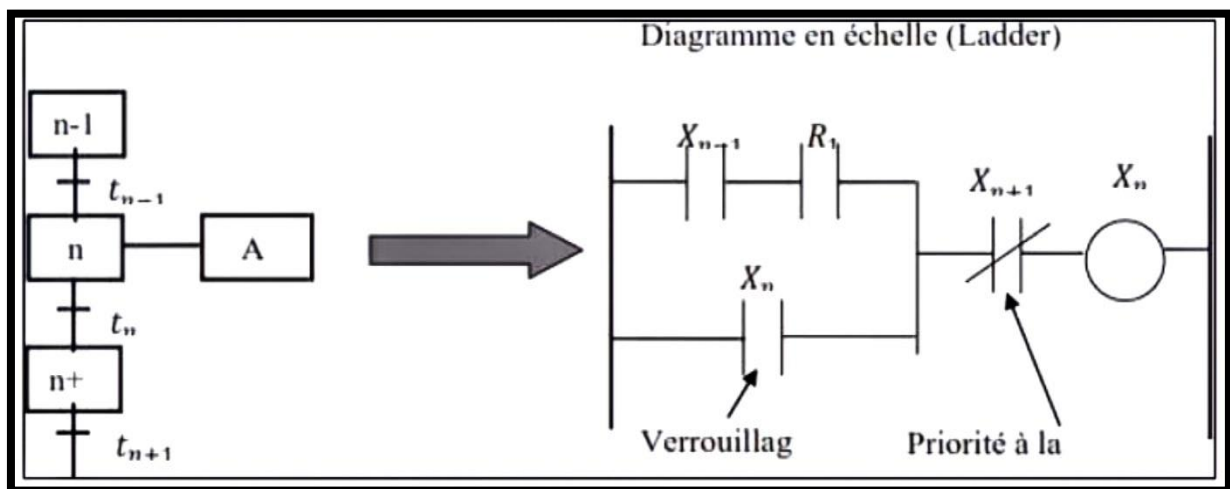


Figure 3.20 : Diagramme en échelle (Ladder)

### 3.5 Modélisation de la Banderoleuse par l'outil GRAFCET

#### 3.5.1 Cahier des charges

- 1** : Capteur n°1 détecte la palette  $\longrightarrow$  démarrage du convoyeur n°1.
- 2** : Capteur n°2 détecte la palette  $\longrightarrow$  démarrage du convoyeur n°1 et n°2.
- 3** : Si la palette dépasse le capteur n°3, et elle se positionne entre les deux capteurs n°3 et n°4 et si le capteur objet détecte la palette  $\longrightarrow$  les deux convoyeurs n°1 et n°2 s'arrêtent et le vérin n°2 se positionne à côté de CAP\_V2\_Final.
- 4** : Le moteur de rotation bras commence à tourner pour filmer les palettes et calcule le nombre de rotation par le capteur CAP\_ROTATION.
- 5-10** : La réinitialisation du compteur C1.
- 6-11** : Un compteur (C1) qui donne un signal au crochet (Vérin n°3 liée à l'action n°8) pour lâcher le film après deux tours (C1=2), et au moteur (MB+ lié à l'action n°14) pour déplacer la bobine du film vers le haut après trois tours (C1=3). Cet action est désactivé dès que le CAP\_MOBIL ne détecte rien ou si la bobine arrive au capteur de protection en haut (CAP\_SEC1).
- 9-15** : Des étapes d'attente.
- 16-17-18** : Un autre compteur (C2), qui donne un signal au moteur bras (MB-) pour revenir à sa position initiale après trois tours en haut (C2=3). La position initiale est repérée par le capteur CAP\_BAS ou bien le capteur de protection en bas (CAP\_SEC2).
- 19** : L'arrivée de la bobine à CAP\_BAS ou à CAP\_SEC2 donne un signal au bras pour séparer les dernières couches du film, ce mécanisme se fait par l'activation du vérin n°1 (V1+).
- 20-24** : La réinitialisation du compteur C3.
- 21-25** : Un autre compteur (C3), qui donne un signal au variateur (VARIATEUR\_MRB lié à l'action n°23) pour diminuer la vitesse du moteur après deux tours (C3=2), et un autre signal au frein (FREIN\_MRB lié à l'action n°28) pour arrêter le moteur rotation bras après trois tours (C3=3).
- 29** : Dès que le moteur rotatif s'arrête, le vérin n°4 qui porte le mécanisme crochet-résistance se positionne à côté de CAP\_V4\_FINAL (état sortie du vérin n°4).
- 30-31** : Le crochet (Vérin n°03) fixe le film et la résistance commence à couper le film pendant 4 Secondes.
- 32** : Etape d'attente.
- 33** : Après les 4 secondes, le vérin n°4 revient à sa position initiale CAP\_V4\_INITIAL (état repos du vérin n°4).

**34** : Le vérin n°2 (L'équipement de finition) revient aussi à sa position initiale CAP\_V2\_INITIAL (état repos du vérin n°2).

**35-38-40** : Dès que le vérin n°2 arrive à CAP\_V2\_INITIAL (la fin du banderolage), les trois convoyeurs commencent à marcher avec condition :

- **Convoyeur n°1 (M1 lié à l'action n°36)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°1 ou n°2, et ne marche pas si les capteurs n°2, n°4 et n°6 sont occupés.
- **Convoyeur n°2 (M2 lié à l'action n°38)** : marche dans tous les cas.
- **Convoyeur n°3 (M3 lié à l'action n°41)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°5, et ne marche pas si le capteur n°6 détecte un objet.

**37-39-42** : Des étapes d'attente.

**43-46-49** : L'arrivée au capteur n°4 donne d'autres conditions aux trois convoyeurs :

- **Convoyeur n°1 (M1 lié à l'action n°44)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°1 ou n°2, et ne marche pas si les capteurs n°2, n°4 et n°6 sont occupés.
- **Convoyeur n°2 (M2 lié à l'action n°47)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°2 ou n°3 ou n°4, et ne marche pas si les capteurs n°4 et n°6 sont occupés.
- **Convoyeur n°3 (M3 lié à l'action n°50)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°4 ou n°5, et ne marche pas si le capteur n°6 détecte un objet.

**45-48-51** : Des étapes d'attente.

**La condition 51  $\longrightarrow$  52** : S'il existe la condition de démarrage de la banderoleuse (CAP\_3 et CAP\_4 inversés avec détection d'une palette par le capteur d'objet) les trois convoyeurs s'arrêtent et la banderoleuse va redémarrer pour filmer une autre palette (le retour vers l'étape n°3).

**52-55-58** : Si nous avons le contraire de la condition de démarrage de la banderoleuse, et si la palette arrive au capteur n°5, les convoyeurs commencent à marcher par d'autres conditions :

- **Convoyeur n°1 (M1 lié à l'action n°53)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°1 ou n°2, et ne marche pas si les capteurs n°2, n°4 et n°6 sont occupés ou si la condition de démarrage de la banderoleuse existe.
- **Convoyeur n°2 (M2 lié à l'action n°56)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°2 ou n°3 ou n°4, et ne marche pas si les capteurs n°4 et n°6 sont occupés ou si la condition de démarrage de la banderoleuse existe.
- **Convoyeur n°3 (M3 lié à l'action n°59)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°4 ou n°5, et ne marche pas si le capteur n°6 détecte un objet ou si la condition de démarrage de la banderoleuse existe.

**54-57-60** : Des étapes d'attente.

**La condition 60**  $\longrightarrow$  **61** : S'il existe la condition de démarrage de la banderoleuse (CAP\_3 et CAP\_4 inversés avec détection d'une palette par le capteur d'objet) les trois convoyeurs s'arrêtent et la banderoleuse va redémarrer pour filmer une autre palette (le retour vers l'étape n°3).

**61-64** : Si nous avons le contraire de la condition de démarrage de la banderoleuse, et si la palette arrive au capteur n°6, le convoyeur n°3 s'arrête et les convoyeurs n°1 et n°2 commencent à marcher par les conditions suivantes :

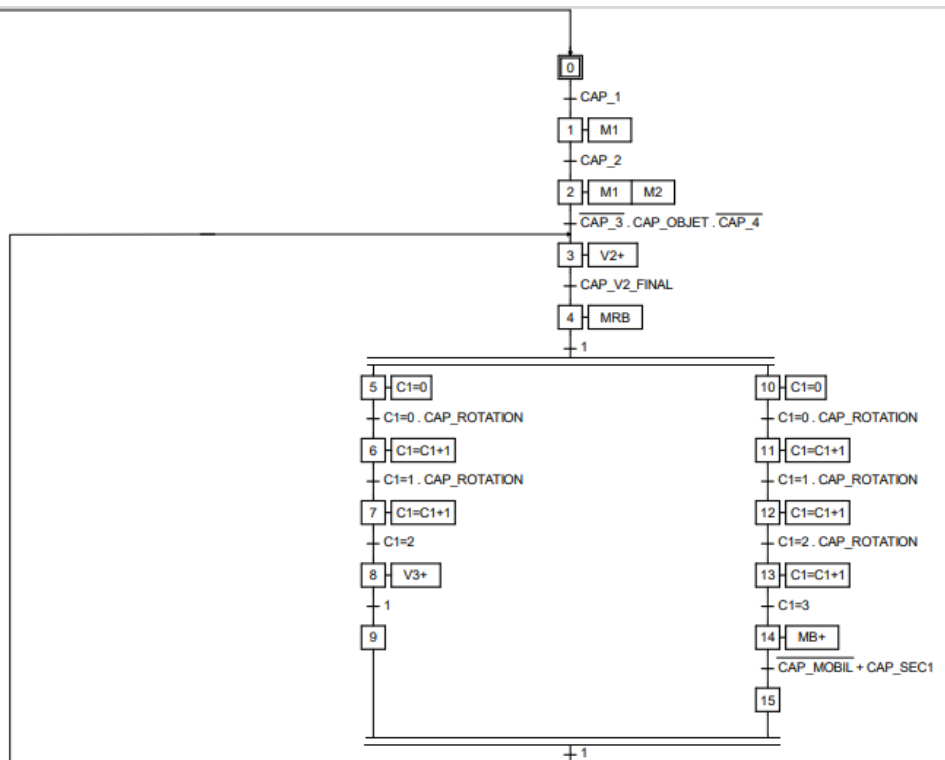
- **Convoyeur n°1 (M1 lié à l'action n°62)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°1 ou n°2, et ne marche pas si les capteurs n°2, n°4 et n°6 sont occupés ou si la condition de démarrage de la banderoleuse existe.
- **Convoyeur n°2 (M2 lié à l'action n°65)** : marche s'il existe une palette détectée par le capteur n°2 ou n°3 ou n°4, et ne marche pas si les capteurs n°4 et n°6 sont occupés ou si la condition de démarrage de la banderoleuse existe.

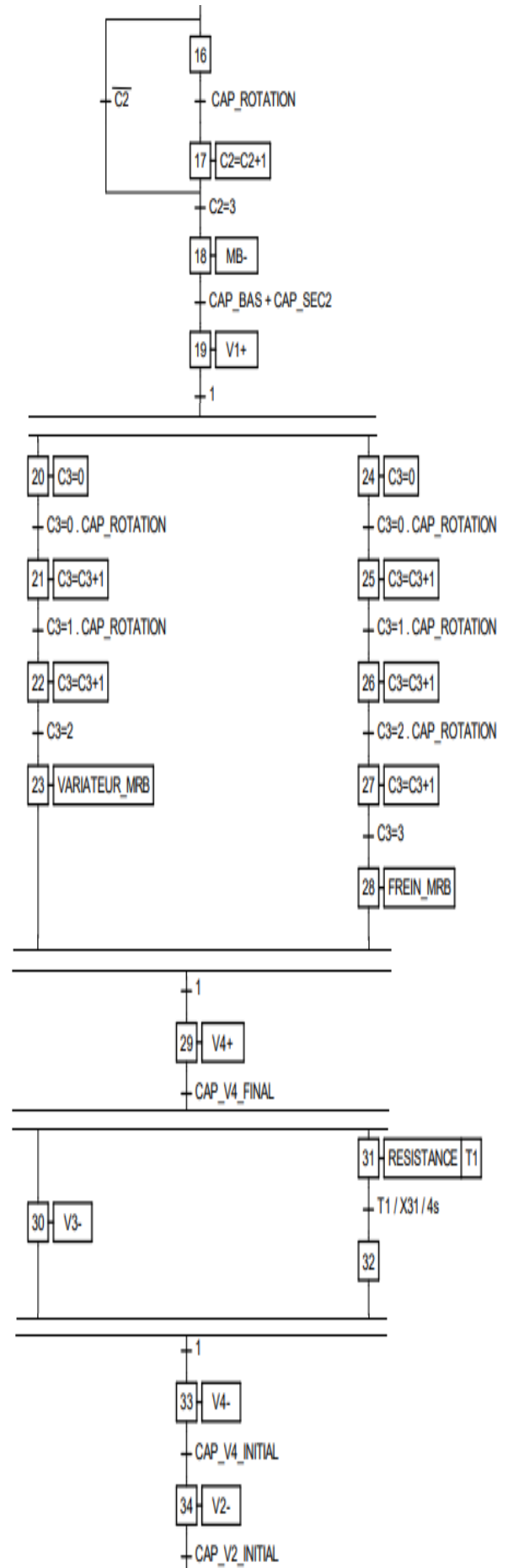
**63-66** : Des étapes d'attente.

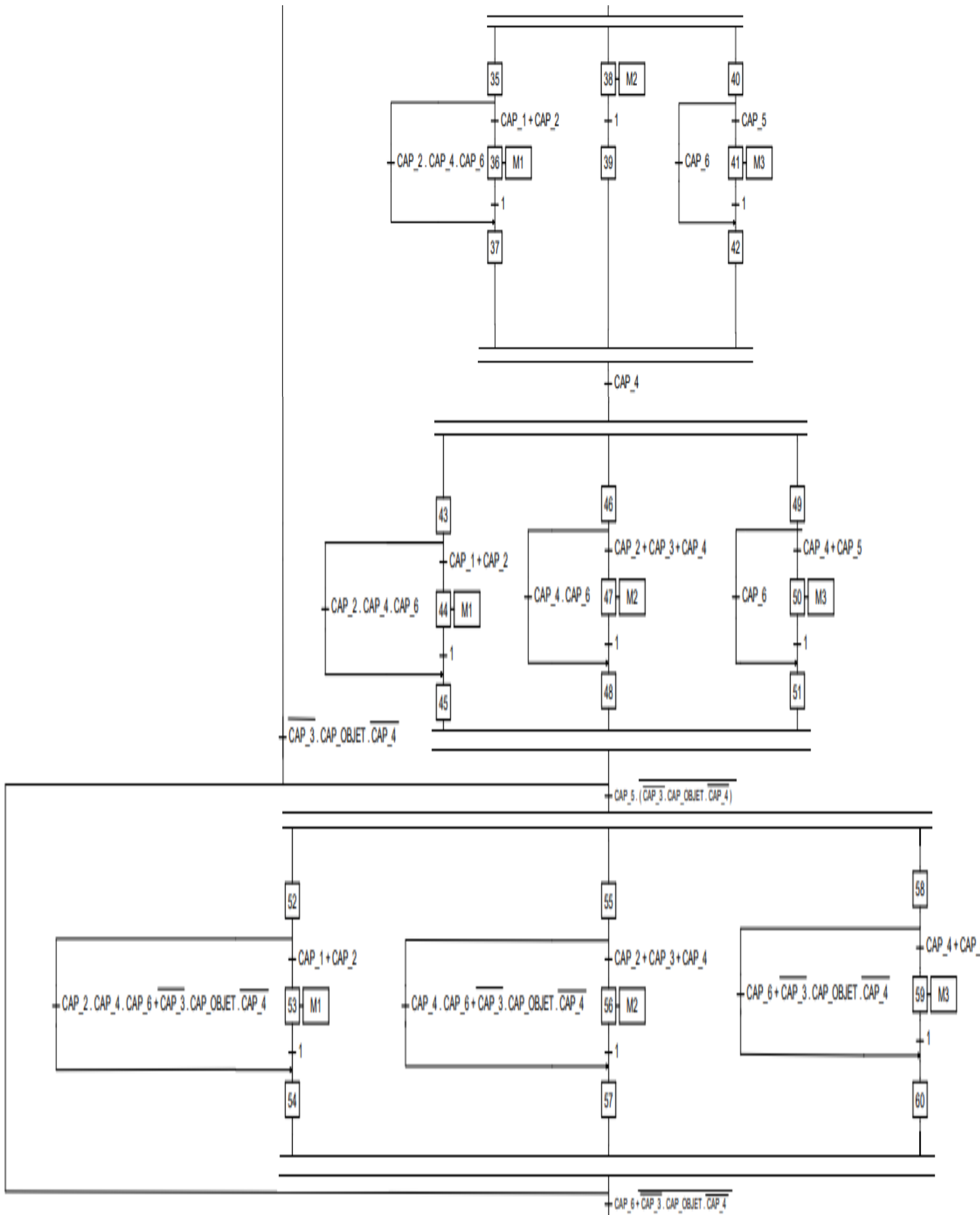
**Le retour** : Vers l'étape initial.

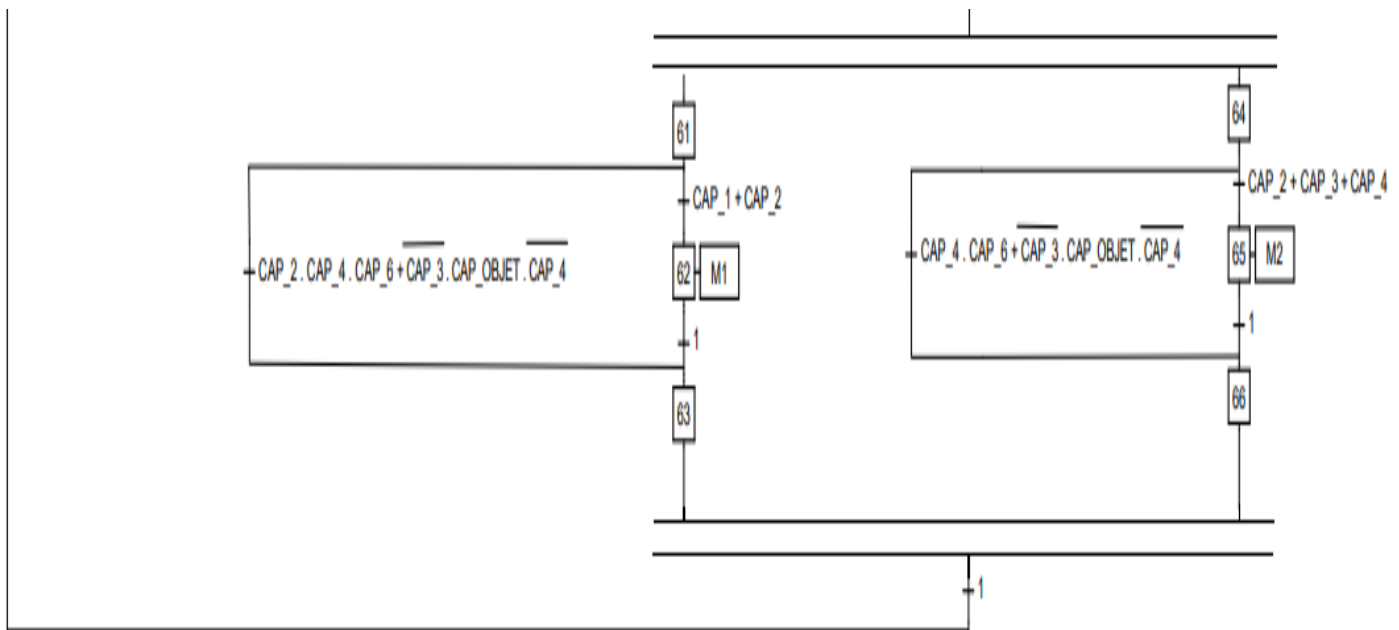
### 3.5.2 Le GRAFCET fonctionnel de la pieri silver fast

L'analyse approfondie de notre système que nous avons réalisée dans le chapitre 2, nous a permis de concevoir le modèle Grafcet de la Banderoleuse ci-dessous (figure 3.21): [13]









**Figure 3.21 : GRAFCET de niveau 2 de la banderoleuse**

### 3.5.3 Liste des abréviations du GRAFCET

|                |   |
|----------------|---|
| CAP_1          | Capteur n°1 (Convoyeur n°1)                     |
| CAP_2          | Capteur n°2 (Convoyeur n°1)                     |
| CAP_3          | Capteur n°3 (Convoyeur n°2)                     |
| CAP_4          | Capteur n°4 (Convoyeur n°2)                     |
| CAP_OBJET      | Capteur d'objet (Convoyeur n°2)                 |
| CAP_5          | Capteur n°5 (Convoyeur n°3)                     |
| CAP_6          | Capteur n°6 (Convoyeur n°3)                     |
| CAP_ROTATION   | Capteur de rotation (Capteur fin de course)     |
| CAP_MOBIL      | Capteur mobil (Photocellule mobile)             |
| CAP_BAS        | Capteur bas (Capteur fin de course)             |
| CAP_SEC1       | Capteur de sécurité n°1 (Protection en haut)    |
| CAP_SEC2       | Capteur de sécurité n°2 (Protection en bas)     |
| CAP_V2_INITIAL | Détecteur de position (Etat repos du vérin n°2) |

|                |   |
|----------------|---|
| CAP_V2_FINAL   | Détecteur de position (Etat sortie du vérin n°2)    |
| CAP_V4_INITIAL | Détecteur de position (Etat repos du vérin n°4)     |
| CAP_V4_FINAL   | Détecteur de position (Etat sortie du vérin n°4)    |
| V1+            | Sortie du vérin n°1 (Bras)                          |
| V1-            | Entrée du vérin n°1 (Bras)                          |
| V2+            | Sortie du vérin n°2 (Equipement de finition)        |
| V2-            | Entrée du vérin n°2 (Equipement de finition)        |
| V3+            | Sortie du vérin n°3 (Crochet)                       |
| V3-            | Entrée du vérin n°3 (Crochet)                       |
| V4+            | Sortie du vérin n°4 (Equipement crochet-résistance) |
| V4-            | Entrée du vérin n°4 (Equipement crochet-résistance) |
| M1             | Moteur n°1 (Convoyeur n°1)                          |
| M2             | Moteur n°2 (Convoyeur n°2)                          |
| M3             | Moteur n°3 (Convoyeur n°3)                          |
| MRB            | Moteur de rotation bras (Bras tournant)             |
| VARIATEUR_MRB  | Variateur de vitesse (Bras tournant)                |
| FREIN_MRB      | Frein moteur (Bras tournant)                        |
| MB+            | Moteur montant (Translation vers le haut)           |
| MB-            | Moteur descendant (Translation vers le bas)         |
| RESISTANCE     | Couper le film par effet de chaleur                 |
| C1             | Compteur n°1  |
| C2             | Compteur n°2  |
| C3             | Compteur n°3  |
| T1             | Temporisateur n°1                                   |

**Tableau 3.1 : Liste des abréviations du GRAFCET**

**Conclusion**

Au terme de ce chapitre, nous concluons que le GRAFCET est un outil de modélisation qui permet d'établir un fonctionnement cyclique sécurisé de la banderoleuse. Cette approche facilite la programmation et la compréhension du programme effectué.

Il est à la fois simple à utiliser et sert de moyen efficace pour la communication entre toutes les personnes collaborant à la programmation, l'utilisation ou la maintenance de l'installation automatisée.

**Chapitre 4 :**  
**Programmation de la**  
**banderoleuse via le logiciel**  
**TIA PORTAL**

### Introduction

Les installations industrielles ont été poussées à concevoir et à mettre en œuvre des systèmes de commande automatisés plus compacts tels que les automates programmables industriels vu la complexité des systèmes de production de cette dernière, et les contraintes économiques dans un environnement très concurrentiel, afin de rester compétitives sur le marché et répondre aux exigences croissantes de l'industrie. Tout en offrant une très grande adaptabilité et renforcer le degré de fiabilité, et aussi permettre une flexibilité des installations industrielles grâce à ces automates.

### 4.1 L'automatisation des systèmes industriels

L'automatisation des systèmes industriels est un domaine vaste et en constante évolution, couvrant des aspects techniques, économiques et sociaux. Elle implique l'utilisation de technologies telles que l'intelligence artificielle, les capteurs et les robots pour exécuter des tâches sans intervention humaine ou avec une intervention minimale. Cette recherche explore les avantages potentiels de l'automatisation en termes d'efficacité, de productivité et de réduction des coûts.

L'outil d'automatisation par excellence est l'automate programmable industriel appelé le plus souvent API ou PLC (programmable logic controller), qui offre des solutions simples à mettre en œuvre une souplesse d'adaptation à l'évolution des processus de production et une grande flexibilité.

#### 4.1.1 But de l'automatisation des systèmes industriels

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

- L'accroissement de la productivité du système c'est à dire l'augmentation de la quantité de produits.
- L'amélioration de la flexibilité de production.
- L'amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée.
- L'adaptation à des contextes particuliers :
  - Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu salin, spatial, nucléaire...).
  - Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...).
  - Augmentation de la sécurité, etc.

### 4.1.2 Structure d'un système automatisé

Un automatisme peut être représenté suivant le schéma ci-dessus (Figure 4.1). Sur ce schéma on a représenté les liaisons qui existent entre les différents éléments du système automatisé. Ces différentes liaisons sont :

- L'opérateur dialogue avec la partie commande (PC) du système à l'aide de boutons poussoirs du pupitre ou d'un terminal de programmation. La partie commande peut dialoguer avec l'opérateur à l'aide de voyants, de compteurs, d'afficheurs du pupitre, etc...
- le pupitre communique avec la partie commande soit à l'aide de signaux de différentes natures (électriques, pneumatiques ou autres) soit directement avec les interfaces de sortie pour les commandes d'arrêt d'urgence par exemple, en cas de dysfonctionnement de la partie commande. En retour la partie commande enverra des signaux vers le pupitre qui permettront à l'opérateur de suivre le fonctionnement du système automatisé.
- la partie commande dialogue avec la partie opérative (PO) au travers d'interfaces d'entrées et de sorties. Si la partie commande est un automate, ce qui est souvent le cas dans notre étude, il est nécessaire de changer la nature du signal ou de l'énergie de sortie et inversement pour l'entrée. On utilise alors des interfaces qui peuvent être soit des interfaces d'entrées de l'automate, soit des interfaces de sorties de l'automate qui vont avoir pour but de changer la nature du signal ou de l'énergie pour la rendre active sur la partie opérative ou compréhensible par la partie commande.
- les interfaces vont permettre l'établissement d'une communication entre la partie commande et la partie opérative.

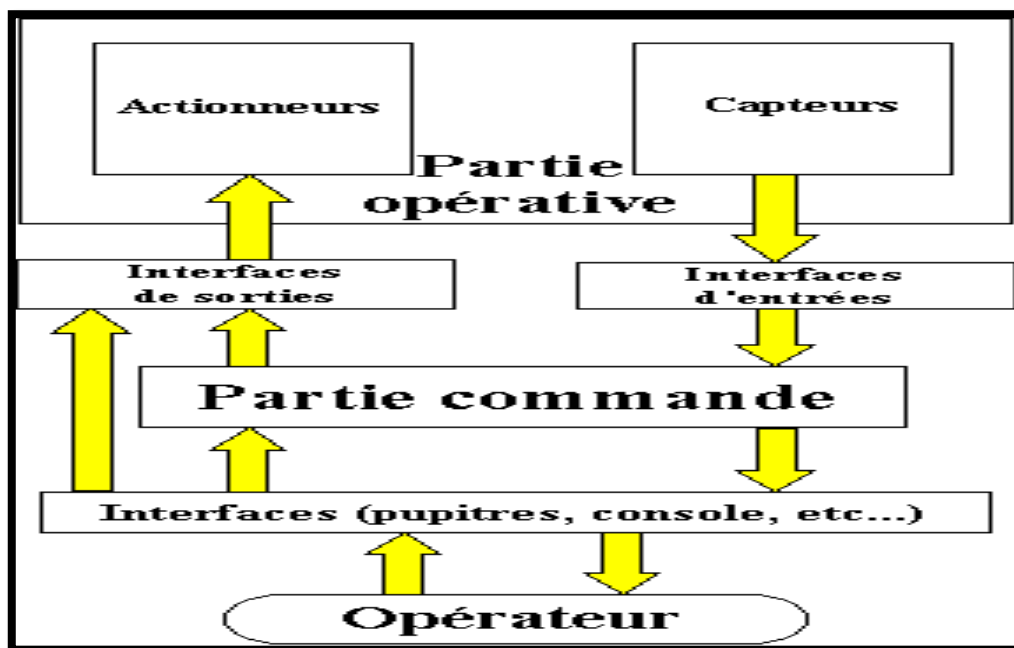
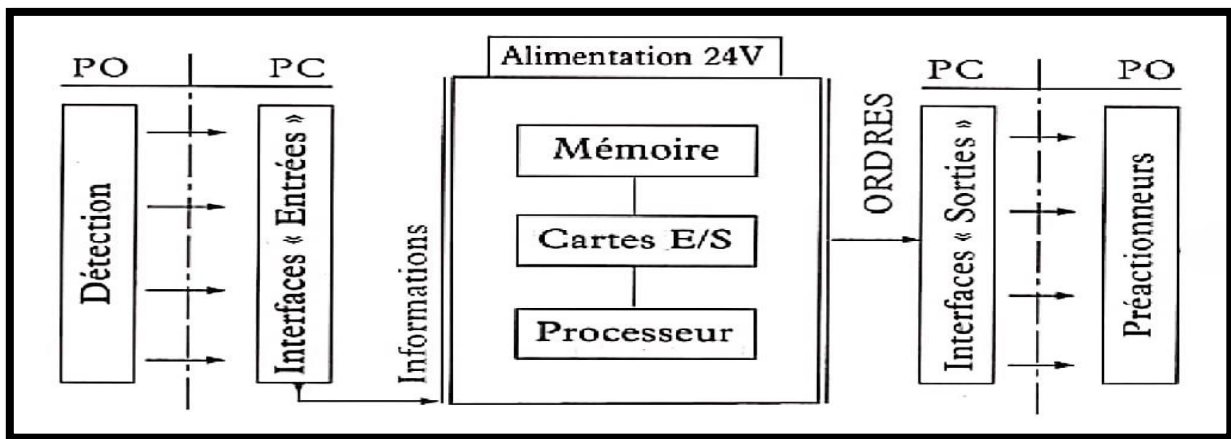


Figure 4.1 : Structure d'un système automatisé

## 4.2 Automate programmable industriel

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs, de la partie opérative, à partir de données d'entrée, de consignes (en provenance des capteurs) et d'un programme informatique. Dans un système automatisé, l'automate programmable constitue le système de traitement des données, c'est le cerveau de l'installation (la partie commande). C'est lui qui va décider et effectuer les actions à entreprendre en fonction des informations qui lui sont fournies [14].



*Figure 4.2 : Structure interne d'un API*

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

Un API se compose donc de trois grandes parties principales :

- Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques (OU, ET...), les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées BUS qui véhicule des informations sous forme binaire.

- La mémoire va permettre :

- De recevoir les informations issues des capteurs d'entrées.
- De recevoir les informations générées par le processeur et destinées à la commande des sorties (valeur des compteurs, temporisations...).
- De recevoir et conserver le programme de processus.

- Les interfaces d'entrées/sorties : les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur (BP). Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes...) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre.

### 4.2.1 Choix de l'automate [15]

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir se « retourner » en cas de « perte de vitesse » de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels. Les critères de choix d'un automate sont assez nombreux, nous citons :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- La capacité, kilo octets, de la mémoire qui stockera les différents programmes.
- Les différentes technologies qui existent dans le marché.
- Le coût, y compris celui des adaptations nécessaires.
- Les performances du logiciel système du point de vue rapidité et sécurité.
- Les outils d'aides à la maintenance.
- La possibilité de fonctionner en réseau.
- La disponibilité.

En pratique, le choix de l'API peut être fait en s'appuyant uniquement sur les quatre premiers critères. En effet, les autres critères sont remplis par tous les constructeurs d'une façon automatique.

Notre choix s'est porté sur l'automate programmable SIEMENS, qui est un des automates les plus installés à travers le monde pour les raisons suivantes :

- L'API SIEMENS est un automate utilisant des langages de programmations de type LADDEER : les mises au point et les dépannages peuvent être assurés dans les meilleurs conditions puisque tout le personnel de la coopérative est très bien familiarisé avec la technologie à relais.
- Coût moins élevé.
- Un jeu d'instruction puissant.
- Il est installé dans tous les plus grands pays industrialisés.
- Possibilité de contrôler jusqu'à 4096 points d'entrées et sorties.
- Choix de multiples processeurs, réseaux et taille mémoire.

### 4.2.2 Etude des différentes gammes

#### ❖ S7-200 :

- Micro automate modulaire pour les applications d'entrées de gamme.
- Vaste gamme de modules, plage de performances échelonnée des unités centrales (CPU).

-Possibilité d'extension jusqu'à 7 modules, bus de fond de panier intégré au module.



**Figure 4.3 : API SIEMENS S7-200**

### Remarque :

Certes le micro automate S7-200 permet d'avoir une automatisation maximale à moindre frais, mais cet automate ne peut prendre en charge toutes les entrées/sorties de notre étude, de ce fait nous ne pouvons choisir cet automate.

### ❖ S7-300 :

- Micro automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme.
- Gamme complète de modules, gamme diversifiée de CPU.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules, bus de fond de panier intégré aux modules.



**Figure 4.4 : API SIEMENS S7-300**

### Remarque :

Notre choix se porte sur le micro automate S7-300.

Le S7-300 est souvent privilégié pour sa flexibilité modulaire. La possibilité d'extension de plus de 32 modules qu'il nous propose, il prend en charge l'ensemble des entrées/sorties de notre projet en nous offrant une marge de sécurité importante prévoyant ainsi la possibilité d'ajouts de futurs d'autres extensions.

### ❖ S7-400 :

- Automate haute performance pour les applications de milieu et haut de gamme.
- Gamme complète de modules, gamme diversifiée de CPU.
- Possibilité d'extension à plus de 300 modules, bus de fond de panier intégré au rack.



**Figure 4.5 : API SIEMENS S7-400**

### Remarque :

Le S7-400 est le plus puissant des automates de la gamme proposées par siemens S7, il est choisi pour des applications nécessitant une capacité de traitement plus élevée et une robustesse accrue, la possibilité d'extension de plus de 300 modules qu'il nous propose il convient aux systèmes complexes dans les industries manufacturières.

#### ❖ S7-1200 :

- Micro automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme.
- Gamme variée de modules, gamme diversifiée de CPU.
- Extension limitée en termes de nombre de modules pouvant être ajoutés, bus de fond de panier intégré aux modules.
- Le S7-1200 est un choix populaire pour les petites et moyennes applications industrielles, idéal pour les machines simples, les systèmes autonomes en raison de sa taille compacte, de sa facilité d'utilisation et de sa fiabilité dans le contrôle automatisé.



*Figure 4.6 : API SIEMENS S7-1200*

### Remarque :

Bien que le S7-1200 soit solution efficace et économique pour de nombreuses applications, ses limitations en termes de performance, de modularité et de compatibilité peuvent nécessiter une évaluation approfondie pour s'assurer qu'il répond aux exigences spécifiques de l'automatisation industrielle envisagée.

#### ❖ S7-1500 :

- Automate haute performance pour les applications de haut de gamme.
- Gamme complète de modules, gamme diversifiée de CPU.
- Possibilité d'extension jusqu'à plusieurs centaines de modules, bus de fond de panier intégré au rack.



*Figure 4.7 : API SIEMENS S7-1500*

### Remarque :

Le S7-1500 représente l'évolution moderne des automates programmables, offrant des fonctionnalités étendues, une puissance de traitement élevée et une connectivité avancée et une capacité à gérer des applications industrielles complexes, en revanche d'autre automate moins performant peuvent fournir une performance adéquate et fiable.

### 4.2.3 Automate Siemens Simatic S7-300

Le SIMATIC S7-300 est l'automate le plus vendu au monde dans le contexte totally integrated automation et peut faire une multitude de référence dans les secteurs industriels les plus variées fabrication manufacturière, industrie automobile, construction mécanique générale,...

L'automate S7-300 supporte de multiples tâches technologiques et offre de vastes possibilités de communication. IL est aussi conçu pour des solutions dédiées au système manufacturier et constitue à ce titre une plateforme d'automatisation universelle pour des applications avec des architectures centralisées et décentralisées.

#### 4.2.3.1 Constituants de l'automate S7-300

**Le module d'alimentation PS :** La tension secteur est convertie en tension d'alimentation par le module d'alimentation de l'automate programmable. La tension peut atteindre 24V. Les blocs d'alimentation ou bien les transformateurs supplémentaires fournissent des tensions supérieures à 24V pour les capteurs, actionneurs et voyants lumineux.

**La CPU :** ou unité centrale de traitement, joue un rôle crucial dans le fonctionnement des automates. Elle interprète les commandes programmées et effectue les calculs nécessaires pour contrôler les fonctions de l'automate de manière efficace et précise. La CPU est constituée de :

**-Interface MPI :** toute CPU est équipée d'une interface MPI pour la connexion de la console de programmation (PG) ou un autre appareil (par exemple adaptateur PC).

**-Commutateur de mode de fonctionnement:** permet de changer le mode de fonctionnement. Chaque position du commutateur de mode autorise certaines fonctions à la console de programmation. Les modes de fonctionnement suivants sont possibles :

- RUN-P : exécution du programme, accès en écriture et en lecture avec la PG.
- RUN : exécution du programme, accès en lecture seule avec la PG.
- STOP: le programme n'est pas exécuté, toutes les fonctions avec la PG sont autorisées.
- MRES : position dans laquelle un effacement général de la CPU peut être effectué.

**Modules de coupleurs (IM) :** ces modules offrent la possibilité de faire fonctionner le S7-300 sur différentes rangées. Ils sont responsables de la communication entre les châssis et les différentes unités, ainsi que des entrées/sorties et d'autres périphériques avec l'unité centrale.

### Modules de signaux (SM) :

-**Modules d'entrées TOR :** l'unité centrale de l'automate doit avoir un module d'entrée qui lui permet de lire l'état logique des capteurs qui lui sont associés (modules 4, 8, 16 ou 32 entrées). Chaque entrée est accompagnée d'une voie qui génère une information binaire en traitant le signal électrique. Le module est interrogé par le processeur de l'automate, ce qui entraîne la recopie du contenu du mot d'entrée dans la mémoire de données de l'automate programmable.

Les modules « tout ou rien » offrent la possibilité de connecter à l'automate divers capteurs logiques tels que les boutons poussoirs et les fins de course.

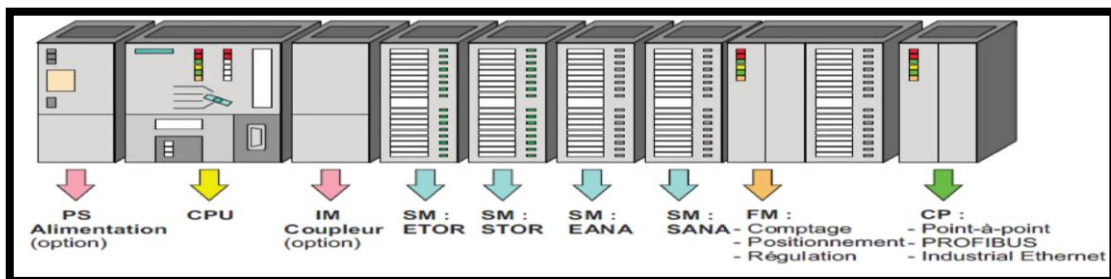
- **Modules de sorties TOR :** le signal interne du S7-300 est transmis par les modules de sorties TOR au niveau de signal nécessaire au processus. Par exemple, ils sont adaptés pour connecter des électrovannes, des contacteurs, des micromoteurs, des lampes et des démarreurs de moteurs, ce qui permet à l'automate d'interagir avec les actionneurs.

-**Modules d'entrées et de sorties analogiques :** permettent à l'automate d'interfacer avec des capteurs et des actionneurs qui utilisent des signaux analogiques, tels que des tensions variables, des courants ou des résistances, tout en assurant la capture et la commande de signaux analogiques, essentiels pour une automatisation précise.

**Module de fonction (FM) :** s'agit d'un module programmé. Il requiert une grande capacité de mémoire telle que : le comptage, la position et la régulation.

**Modules de communication :** grâce à ces modules, il est possible de créer des connexions entre l'homme et la machine. Ces connexions sont effectuées à l'aide des interfaces de communication (point à point, profibus, industriel ethernet).

**Châssis d'extension (UR) :** s'agit d'un composant utilisé pour permettre l'expansion physique des divers modules pouvant être installés dans un automate, il est constitué d'un support en aluminium profilé et d'un bus de fond de panier avec connecteur.



*Figure 4.8 : Constituants de l'automate S7-300*

### 4.2.3.2 Avantages S7-300

- Une construction compacte et modulaire, libre de contraintes de configuration.
- Une riche gamme des modules adaptés à tous les besoins du marché est utilisable en architecture centralisée ou décentralisée.
- Une large gamme de CPU adaptée à toutes les demandes de performances pouvant obtenir des temps de cycle machine courts.
- Une économie d'ingénierie en utilisant les outils orientés application et normalisés IEC1131-3 (normes d'écrit les fonctions standard qui peuvent être utilisées dans le programme API) tels que les langages SCL ou des logiciels exécutifs orientés technologie pour le contrôle des mouvements.

### 4.2.4 Présentation de la CPU SIEMENS 314C-2 PN/DP

Le processeur (CPU) 314C-2DP dispose de 24 entrées et 16 sorties tout ou rien (TOR), 5 entrées analogiques et 2 sorties analogiques. De plus, certaines entrées et sorties TOR permettent des fonctions technologiques (comptage, mesure, etc.). Toutes ces entrées/sorties sont lues ou écrites dans le programme par leurs adresses. Cette CPU est un automate de milieu de gamme Siemens.



*Figure 4.9 : CPU SIEMENS 314C-2 PN/DP*

## 4.3 Programmation de l'automate S7-300 avec TIA portal

### 4.3.1 Présentation du logiciel TIA portal

La plateforme de développement TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de Siemens permet de faire un gain important en temps lors du développement de systèmes d'automatisation.

C'est une plateforme qui réunit le logiciel Step7 (Siemens Totally Integrated Engineering Platform 7) pour la programmation d'automates et WinCC Flexible (Windows Control Center) pour la supervision et l'acquisition des données dans une seule plateforme. Grâce à PLCSim, on peut simuler de manière intuitive notre projet avant de la déployé sur un contrôleur.

Le TIA Portal offre également des fonctionnalités avancées telles que la simulation, le diagnostic en ligne et la gestion de la maintenance, ce qui en fait un outil indispensable pour améliorer l'efficacité opérationnelle, assurer la fiabilité des processus et répondre aux défis variés de l'automatisation dans divers secteurs industriels.



*Figure 4.10 : Logiciel TIA PORTAL*

Le logiciel TIA portal permet d'avoir :

- La programmation d'un automate.
- Plusieurs langages de programmation.
- Une documentation facile pour l'utilisation.

### 4.3.1.1 Type de bloc

TIA portal offre pour la programmation structurée des blocs utilisateur suivants: [16]

➤ **Bloc d'organisation (OB):** les blocs d'organisations constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation pour le démarrage ou pour le traitement cyclique du programme.

➤ **Bloc fonctionnel (FB):** le FB est un bloc avec mémoire. Un bloc de données d'instance est associé à chaque appel de FB. Les paramètres transmis au FB, ainsi que les variables statiques sont sauvegardés dans le bloc de données d'instance.

➤ **Fonction (FC):** une fonction est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction.

➤ **Bloc de données (DB):** les blocs de données sont des blocs utilisés par les blocs de code de votre programme utilisateur pour enregistrer des valeurs. Ils y a deux catégories de bloc de données:

- Les DB globaux: où tous les OB, FB et FC peuvent lire des données enregistrées et écrire eux-mêmes des données dans le BD.
- Les instances DB: sont attribuées à un FB défini.

### 4.3.1.2 Langages de programmation

**Langage LIST:** est un langage de programmation textuel. La syntaxe des instructions est très proche du langage machine.

**Langage CONT :** est l'abréviation de schéma à contact. C'est un langage de programmation graphique intégré dans TIA portal. La syntaxe des instructions rassemble à un schéma des circuits qui contient des contacts et des bobines reliés entre eux pour former un réseau.

**Langage LOG:** est l'abréviation de logigramme. C'est un langage graphique, utilisant les symboles de l'électronique numérique (portes logiques).

**Langage grafcet:** est un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles. Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes reliées entre elles par des transitions, une condition booléenne est attachée à chaque transition

**Langage SCL :** également connu sous le nom de langage structuré de contrôle, est un langage de programmation textuel utilisé principalement dans l'automatisation industrielle pour programmer des fonctions complexes et des calculs mathématiques.

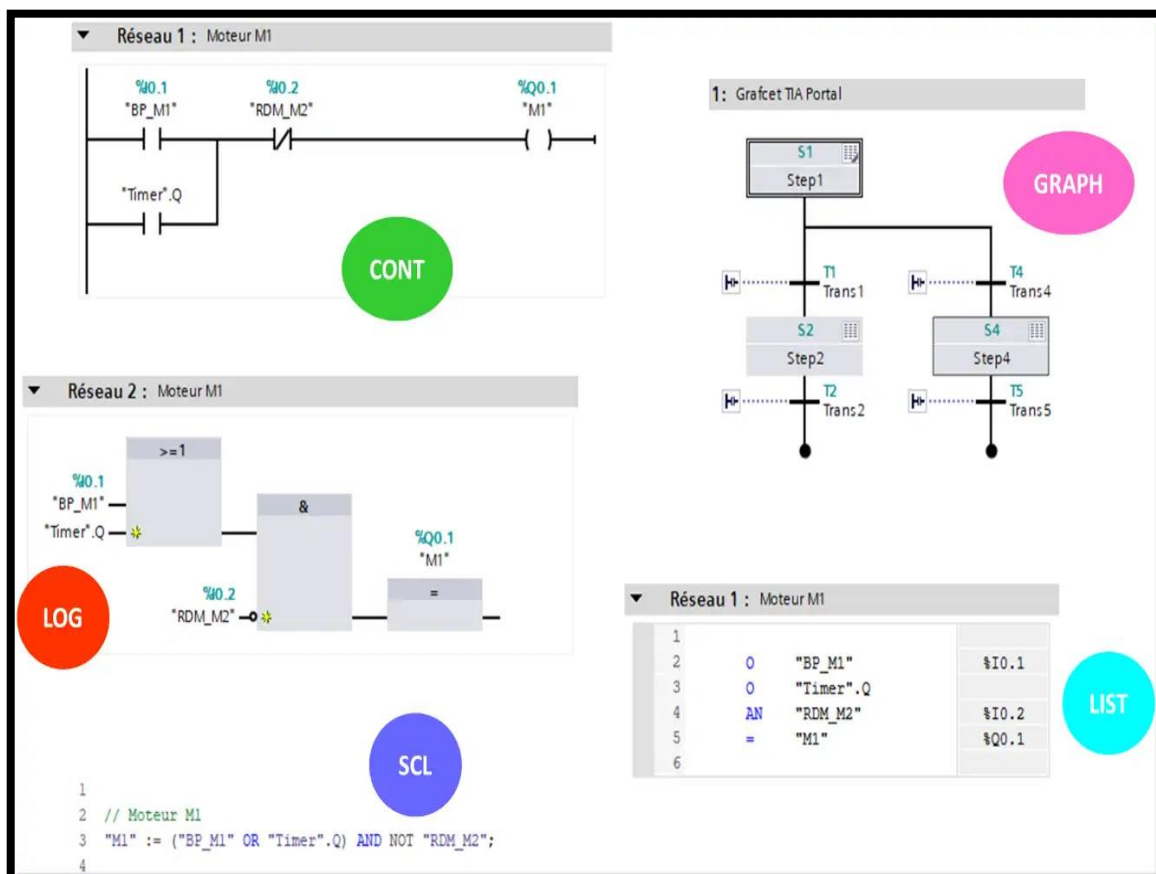


Figure 4.11 : Langages de programmation

## 4.3.2 Création d'un projet

Pour créer un projet, il faut sélectionner l'action « Créer un projet ». Nous pouvons donner un nom à ce nouveau projet, choisir un chemin où il sera enregistré, indiquer un commentaire ou encore définir l'auteur du projet.

Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « créer ».

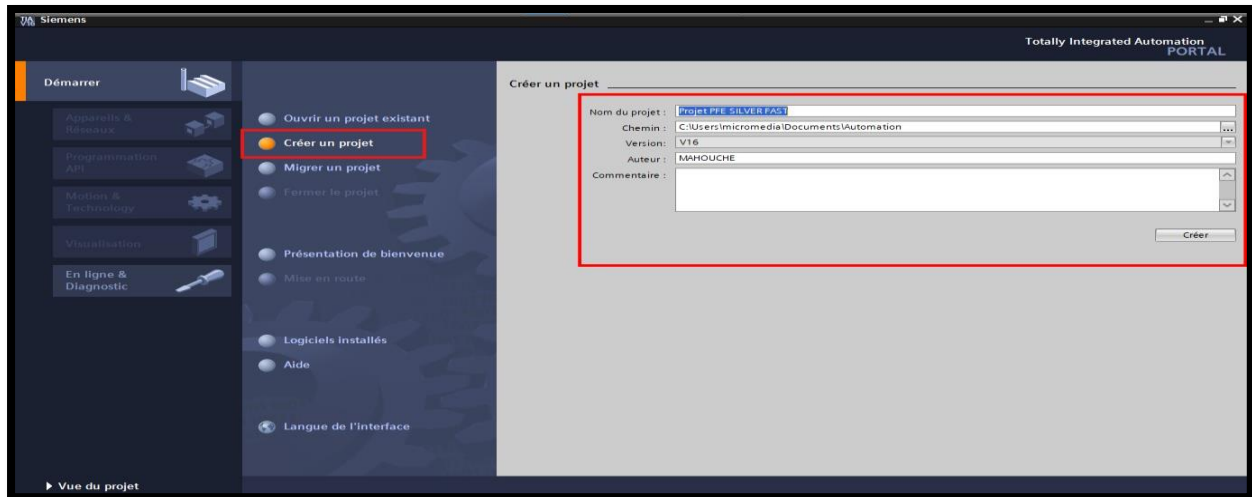


Figure 4.12 : Création d'un projet

## 4.3.3 La configuration matérielle

-La première étape consiste à définir le matériel existant. Pour cela, il faut passer par la vue du portail et cliquer sur « Appareil & Réseaux » puis cliquer sur « ajouter un appareil ».

-La liste des éléments qui peuvent être ajoutés sont (API, HMI, système PC). Tout d'abord il faut choisir la CPU pour ensuite venir ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR ou analogiques, module de communication ...).

-Les modules complémentaires de l'API peuvent être ajoutés en utilisant le catalogue.

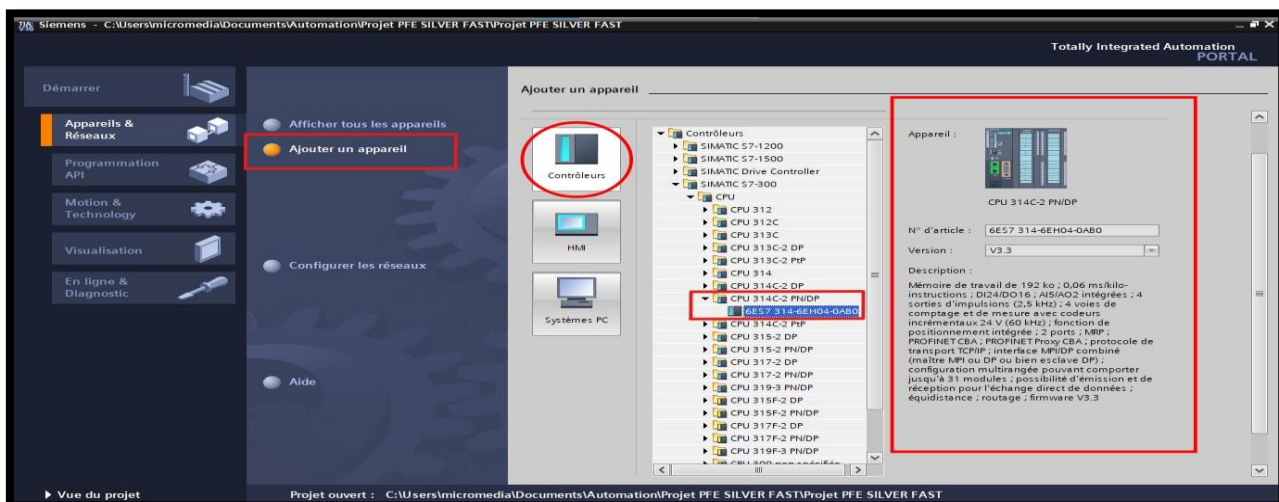


Figure 4.13 : Choix de la CPU

## 4.3.3.1 Adressage des E/S

Pour notre système nous avons choisis une configuration dans laquelle nous avons :

- Le module d'alimentation PS 307 5A.
- La CPU 314C-2 PN/DP.
- Un module d'entrées logiques de 32 bits.
- Un module de sorties logiques de 32 bits.

Pour connaître l'adressage des entrées et sorties présentes dans la configuration matérielle, il faut aller dans « appareil et réseau » dans le navigateur du projet.

Dans la fenêtre de travail, il est important de sélectionner l'onglet « Vue des appareils » et de choisir l'appareil voulu.

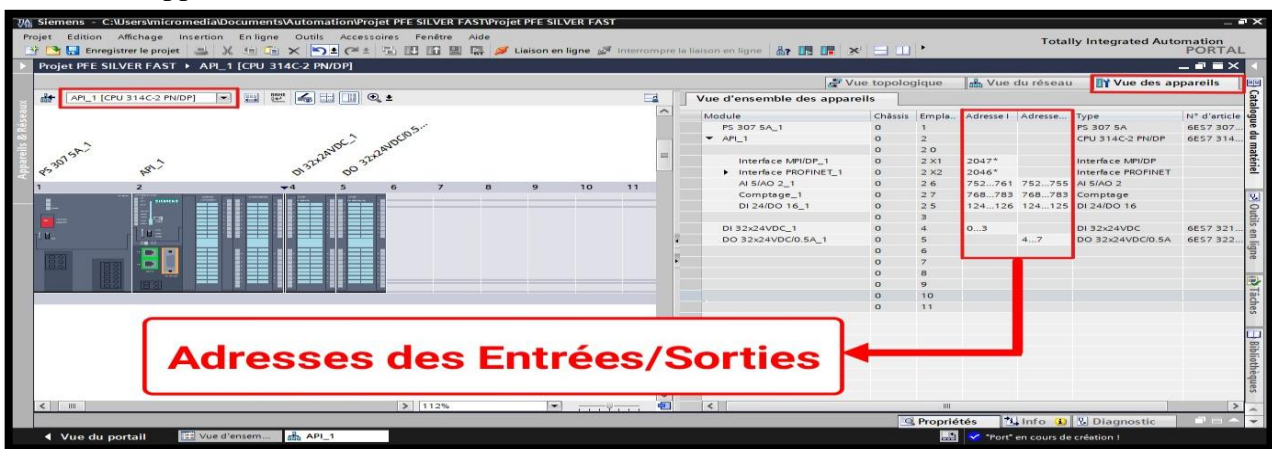


Figure 4.14 : Configuration matérielle

## 4.3.3.2 Adresse Ethernet de la CPU

Toujours dans les propriétés de la CPU, il est possible de définir son adresse Ethernet. Un double clic sur le connecteur Ethernet de la station fait apparaître la fenêtre d'inspection permettant de définir ses propriétés. Pour établir une liaison entre la CPU et la console de programmation, il faut affecter aux deux appareils des adresses appartenant au même réseau.

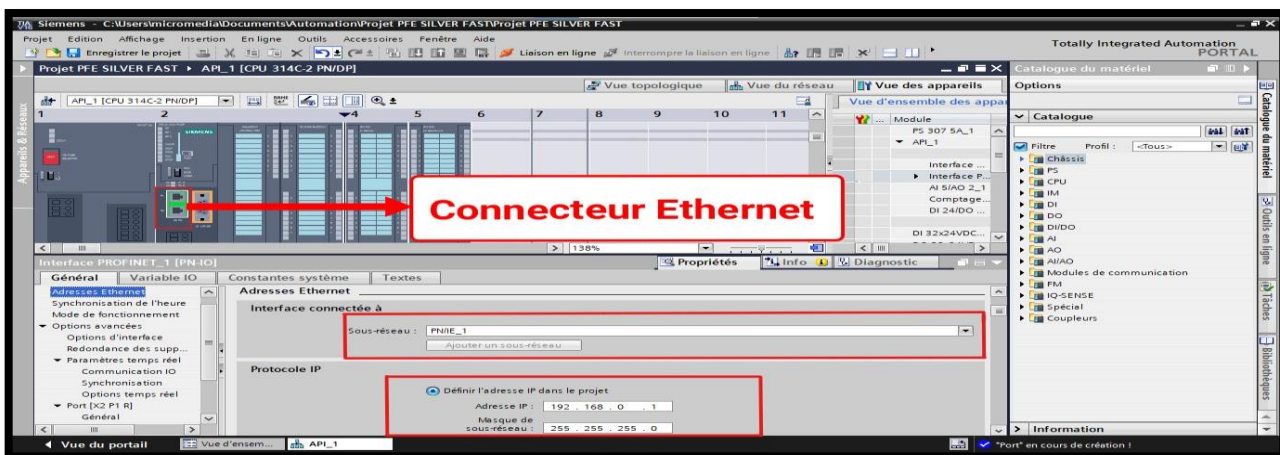


Figure 4.15 : Adresse Ethernet de la CPU

### 4.3.3.3 Compilation et chargement de la configuration matériel

Une fois la configuration matérielle est réalisée, il faut la compiler et la charger dans l'automate. La compilation se fait à l'aide de l'icône « compiler » de la barre de tâche. Il faut d'abord sélectionner l'API dans le projet ensuite cliquer sur l'icône « compiler ».

En utilisant ces étapes, nous effectuons une compilation matérielle et logicielle.

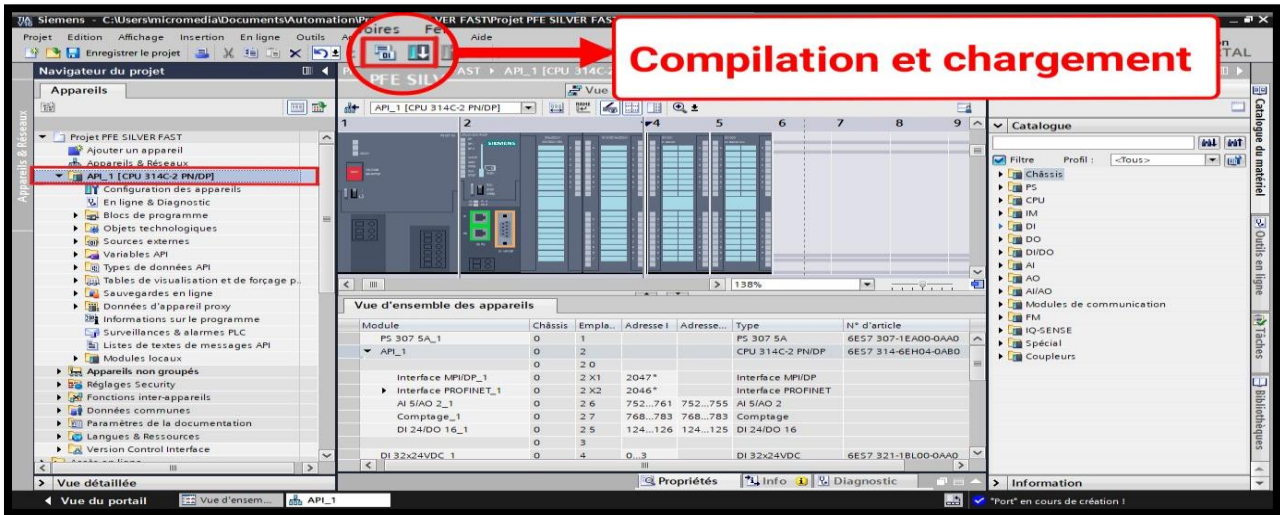


Figure 4.16 : Compilation et chargement

### 4.3.4 Les variables API

Dans le TIA Portal, toutes les variables globales (entrées, sorties, mémoires,...) possèdent une adresse symbolique et une adresse absolue.

- **L'adresse absolue** représente l'identificateur d'opérande (I, Q, M,...) et son adresse et numéro de bit.
- **L'adresse symbolique** correspond au nom que l'utilisateur a donné à la variable. Le lien entre les adresses symbolique et absolue se fait dans la table des variables API lors de la programmation.

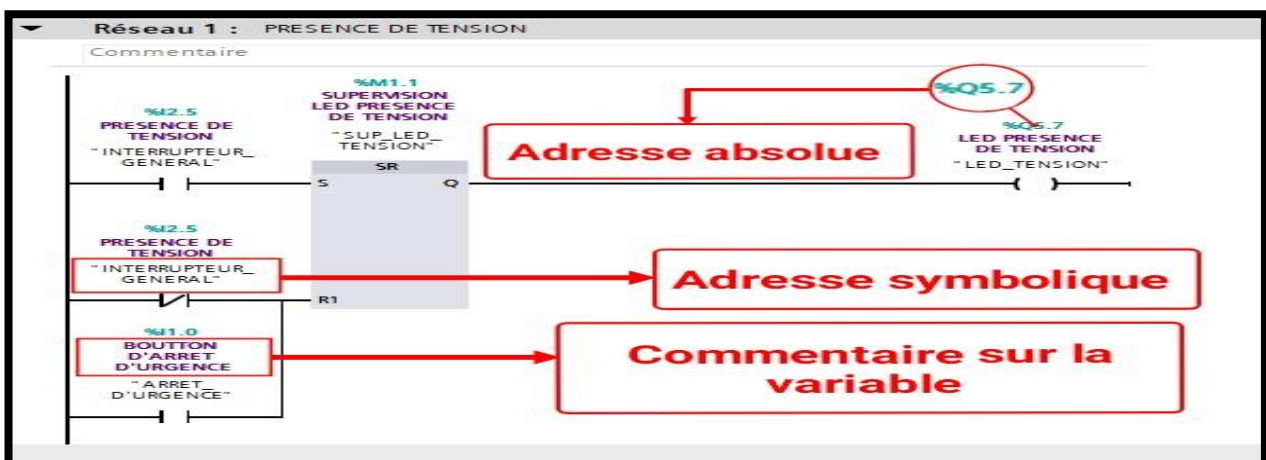


Figure 4.17 : Adresses et commentaires des variables globales

### 4.3.5 Programmation de l'automate S7-300

#### 4.3.5.1 Structure de programmation TIA PORTAL

**Programmation linéaire :** est utilisé pour des commandes simples et de volumes moins importants. Les multiples opérations et instructions de différentes fonctions sont stockées dans un seul bloc d'organisation (OB1) qui traite cycliquement le programme.

**Programmation structurée :** pour les automatismes complexes, le programme utilisateur est subdivisé en fonctions principales que l'on programme à l'aide des blocs de codes (OB, FB, FC). L'OB1 contient le programme principal qui sera exécuté par la CPU puis il fait appel aux autres blocs quand il le faut pour délivrer les données correspondantes, et dès que la CPU termine l'exécution du programme stocké dans le bloc appelé, elle reviendra pour suivre l'exécution du programme du bloc appelant. Ce genre de traitement de programme est utilisé, lorsque le procédé à automatiser est complexe car il permet de simplifier l'organisation, la gestion et le test du programme.

#### 4.3.5.2 Structure du programme réalisé

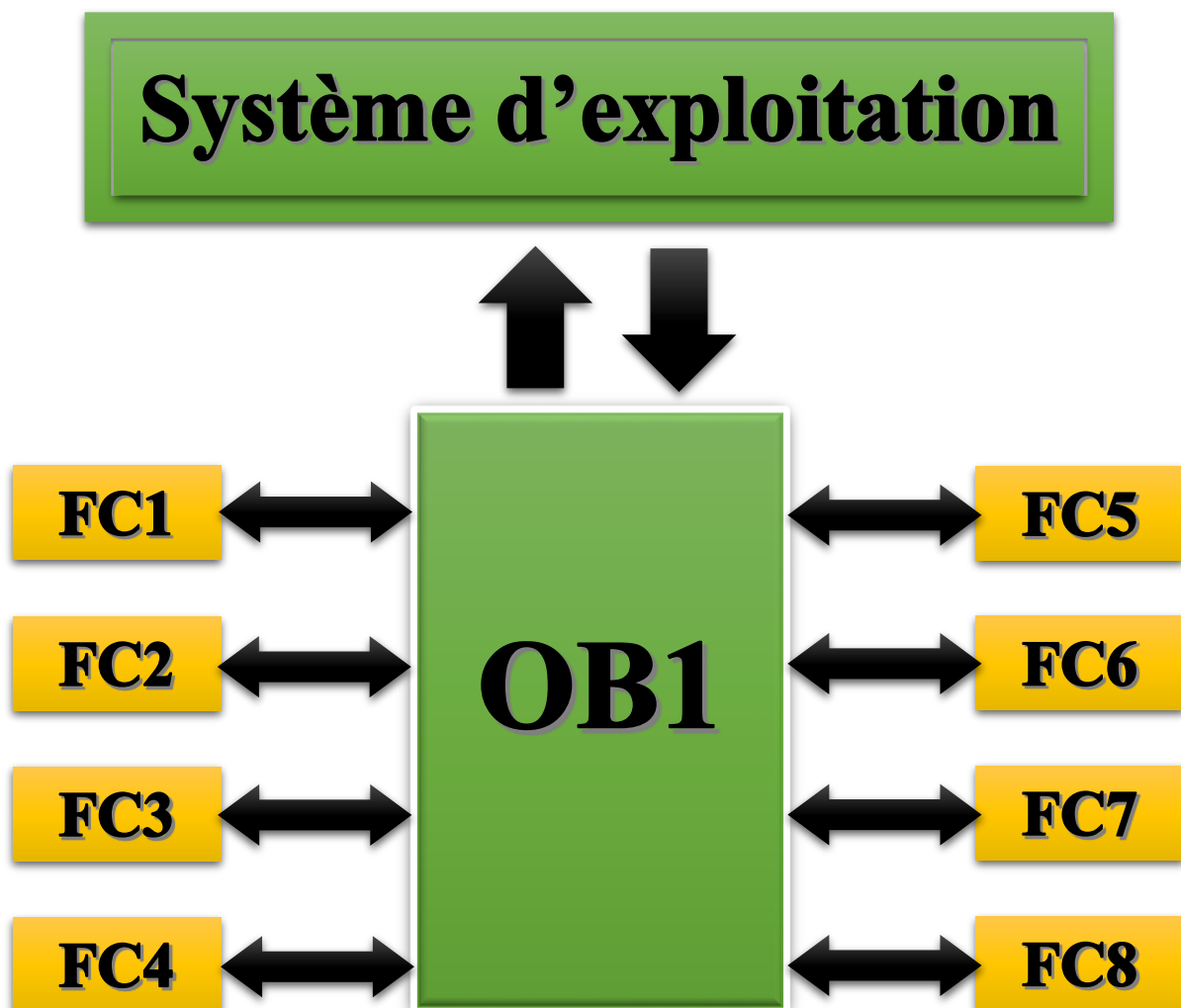


Figure 4.18 Programmation structurée de la banderoleuse

**OB1** : Contient le programme principal qui fait marcher la Banderoleuse.

**FC1** : Contient le programme en langage contact des convoyeurs en mode automatique.

**FC2**: Contient le programme en langage contact des convoyeurs en mode manuel.

**FC3** : Contient le programme en langage contact du mécanisme de finition (banderoleuse).

**FC4** : Contient le programme en langage contact du bras tournant (banderoleuse).

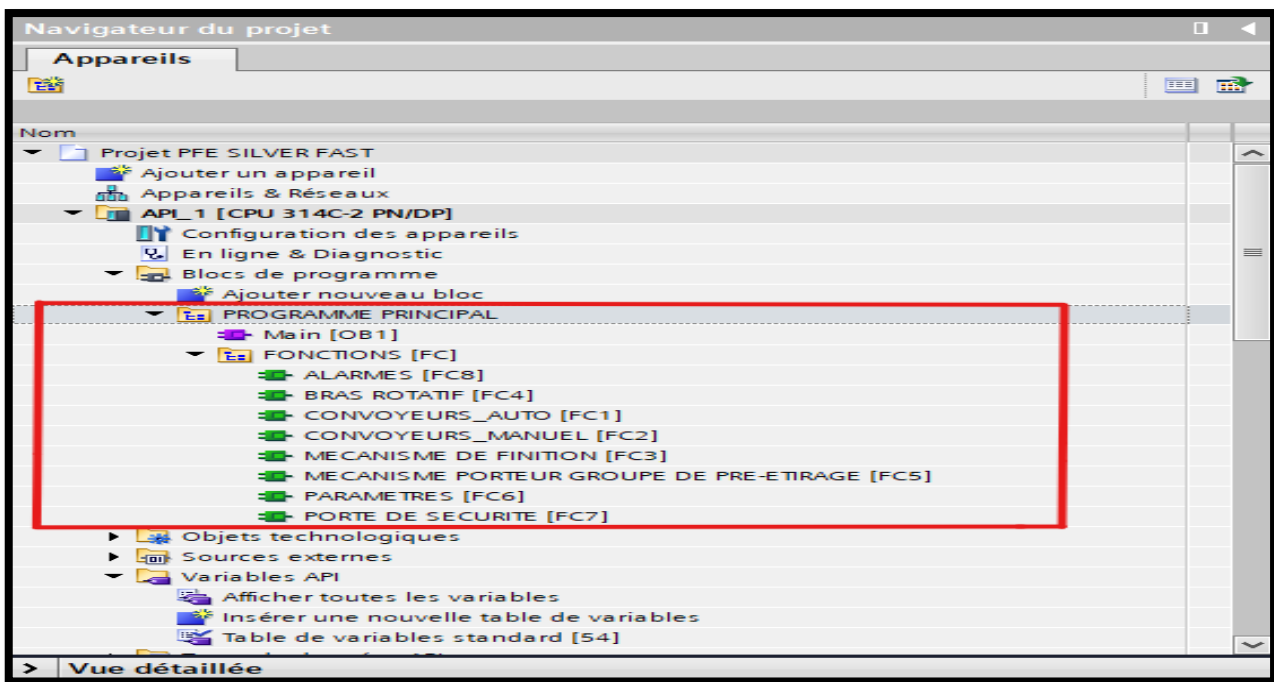
**FC5** : Contient le programme en langage contact du mécanisme porteur groupe de pré-étirage (banderoleuse).

**FC6** : Contient le programme en langage contact des paramètres du système.

**FC7** : Contient le programme en langage contact de la porte de sécurité en mode automatique.

**FC8** : Contient le programme en langage contact des alarmes.

La figure représente la structure du programme de conduite sécurisée que nous avons développé à l'aide du logiciel TIA PORTAL, qui est constitué d'un bloc OB1 et de huit blocs FC qui sont définis comme suit (figure 4.19) :



*Figure 4.19 : Structure du programme réalisé*

### 4.3.5.3 Table des variables d'entrées sorties

Le programme réalisé contient 22 entrées logiques (E-TOR), 18 sorties logiques (S-TOR), 17 mémentos et une temporisation.

La figure ci-dessous (figure 4.20) représente la table des variables utilisée dans notre programme :

Projet PFE SILVER FAST ▶ APL\_1 [CPU 314C-2 PN/DP] ▶ Variables API ▶ Table de variables standard [57]

|    | Nom               | Type de données | Adresse | Réma... | Acces...                            | Visibl...                           | Commentaire                          |
|----|-------------------|-----------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1  | CAPTEUR_1         | Bool            | %I0.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_1                          |
| 2  | CAPTEUR_2         | Bool            | %I0.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_1                          |
| 3  | CAPTEUR_3         | Bool            | %I0.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_2                          |
| 4  | CAPTEUR_4         | Bool            | %I0.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_2                          |
| 5  | CAPTEUR_5         | Bool            | %I0.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_3                          |
| 6  | CAPTEUR_6         | Bool            | %I0.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_3                          |
| 7  | CAPTEUR_OBJET     | Bool            | %I0.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_2                          |
| 8  | ACTIV_DESACT      | Bool            | %I0.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | MODE_AUTO_MANUEL                     |
| 9  | ARRET_D'URGENCE   | Bool            | %I1.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | BOUTON D'ARRET D'URGENCE             |
| 10 | CAP_SECURITE_1    | Bool            | %I1.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CAPTEUR DE PROTECTION EN HAUT        |
| 11 | CAP_SECURITE_2    | Bool            | %I1.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CAPTEUR DE PROTECTION EN BAS         |
| 12 | CAP_MOBIL         | Bool            | %I1.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CAPTEUR MOBIL                        |
| 13 | CAP_BAS           | Bool            | %I1.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CAPTEUR BAS                          |
| 14 | CAP_ROTATION      | Bool            | %I1.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CAPTEUR DE ROTATION                  |
| 15 | CAP_V2_INITIAL    | Bool            | %I1.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ETAT REPOS (VERIN_2)                 |
| 16 | CAP_V2_FINAL      | Bool            | %I1.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ETAT SORTIE (VERIN_2)                |
| 17 | CAP_V4_INITIAL    | Bool            | %I2.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ETAT REPOS (VERIN_4)                 |
| 18 | CAP_V4_FINAL      | Bool            | %I2.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ETAT SORTIE (VERIN_4)                |
| 19 | SELECTEUR_CONV_1  | Bool            | %I2.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_1                          |
| 20 | SELECTEUR_CONV_2  | Bool            | %I2.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_2                          |
| 21 | SELECTEUR_CONV_3  | Bool            | %I2.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_3                          |
| 22 | MOTEUR_CONV_1     | Bool            | %Q4.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_1                          |
| 23 | MOTEUR_CONV_2     | Bool            | %Q4.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_2                          |
| 24 | MOTEUR_CONV_3     | Bool            | %Q4.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONVOYEUR_3                          |
| 25 | PORTE_SECURITE    | Bool            | %Q4.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SERRURE DE SECURITE                  |
| 26 | MOTEUR_MONTANT    | Bool            | %Q4.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | TRANSLATION VERS LE HAUT             |
| 27 | MOTEUR_DESCENDANT | Bool            | %Q4.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | TRANSLATION VERS LE BAS              |
| 28 | MOTEUR_ROTATION   | Bool            | %Q4.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | BRAS ROTATIF                         |
| 29 | CYCLE             | Bool            | %Q4.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONDITION DE REDEMARRAGE MOTEUR M... |

Projet PFE SILVER FAST ▶ APL\_1 [CPU 314C-2 PN/DP] ▶ Variables API ▶ Table de variables standard [58]

|    | Nom                    | Type de données | Adresse | Réma... | Acces...                            | Visibl...                           | Commentaire                             |
|----|------------------------|-----------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 30 | VERIN_1                | Bool            | %Q5.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | BRAS                                    |
| 31 | VERIN_2                | Bool            | %Q5.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | EQUIPEMENT DE FINITION                  |
| 32 | VERIN_3                | Bool            | %Q5.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CROCHET                                 |
| 33 | VERIN_4                | Bool            | %Q5.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | EQUIPEMENT CROCHET-RESISTANCE           |
| 34 | RESISTANCE             | Bool            | %Q5.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | COUPER LE FILM PAR EFFET DE CHALEUR     |
| 35 | VARIATEUR_MR           | Bool            | %Q5.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | DIMINUER LA VITESSE DU MOTEUR BRAS R... |
| 36 | FRIEN_MR               | Bool            | %Q5.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ARRETER LE MOTEUR BRAS ROTATIF          |
| 37 | INTERRUPTEUR_GENERAL   | Bool            | %I2.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | PRESENCE DE TENSION                     |
| 38 | LED_TENSION            | Bool            | %Q5.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | LED PRESENCE DE TENSION                 |
| 39 | LED_AUTO               | Bool            | %Q6.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | LED MARCHÉ AUTOMATIQUE DES CONVO...     |
| 40 | LED_PORTE_SECURITE     | Bool            | %Q6.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | LED PORTE DE SECURITE                   |
| 41 | SUP_CONV_1             | Bool            | %M0.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION MOTEUR CONVOYEUR_1          |
| 42 | SUP_CONV_2             | Bool            | %M0.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION MOTEUR CONVOYEUR_2          |
| 43 | SUP_CONV_3             | Bool            | %M0.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION MOTEUR CONVOYEUR_3          |
| 44 | SUP_VERIN_2            | Bool            | %M0.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION DE L'EQUIPEMENT DE FINITION |
| 45 | SUP_VERIN_1            | Bool            | %M0.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION DU BRAS                     |
| 46 | SUP_VERIN_4            | Bool            | %M0.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION DE L'EQUIPEMENT CROCHET...  |
| 47 | Tag_1                  | Timer           | %T1     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | TEMPORISATION                           |
| 48 | SUP_RESISTANCE         | Bool            | %M0.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION DE LA RESISTANCE            |
| 49 | SUP_MOTEUR_ROTATION    | Bool            | %M0.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION DU MOTEUR BRAS ROTATIF      |
| 50 | SUP_PORTE_SECURITE     | Bool            | %M1.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION PORTE DE SECURITE           |
| 51 | SUP_LED_TENSION        | Bool            | %M1.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION LED PRESENCE DE TENSION     |
| 52 | SUP_LED_AUTO           | Bool            | %M1.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION LED MARCHÉ AUTOMATIQUE      |
| 53 | SUP_LED_PORTE_SECURITE | Bool            | %M1.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION LED PORTE DE SECURITE       |
| 54 | CYCLE_SR               | Bool            | %M1.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | CONDITION DE REDEMARRAGE MOTEUR M...    |
| 55 | SUP_VERIN_3            | Bool            | %M1.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION DU CROCHET                  |
| 56 | SUP_MOTEUR_MONTANT     | Bool            | %M1.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION TRANSLATION VERS LE HAUT    |
| 57 | SUP_MOTEUR_DESCENDANT  | Bool            | %M1.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SUPERVISION TRANSLATION VERS LE BAS     |
| 58 | COMPTEUR               | Bool            | %M2.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | COMPTEUR ROTATION BRAS                  |

**Figure 4.20 : Table des variables**

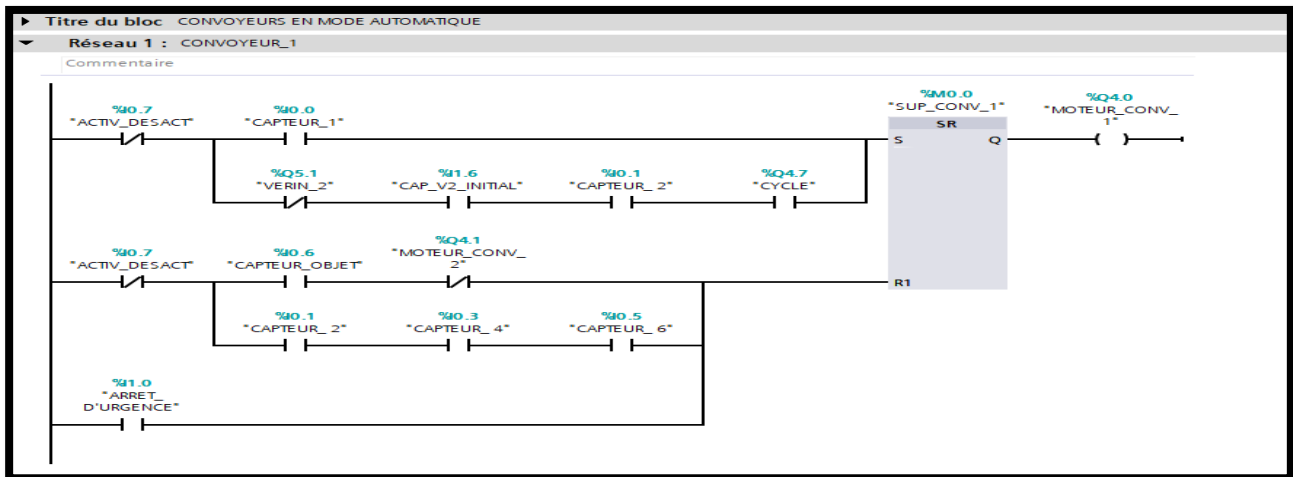
### 4.3.5.4 Simulation du programme réalisé

Après l’élaboration du programme de commande de notre système à automatiser, nous arrivons à l’étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et vérification de son bon fonctionnement.

#### ❖ Exemple de simulation du programme développé

L’exemple que nous allons expliquer est le programme réalisé dans le bloc FC1 sur le mode de marche automatique des convoyeurs. Qui est constitué de trois réseaux comme suit :

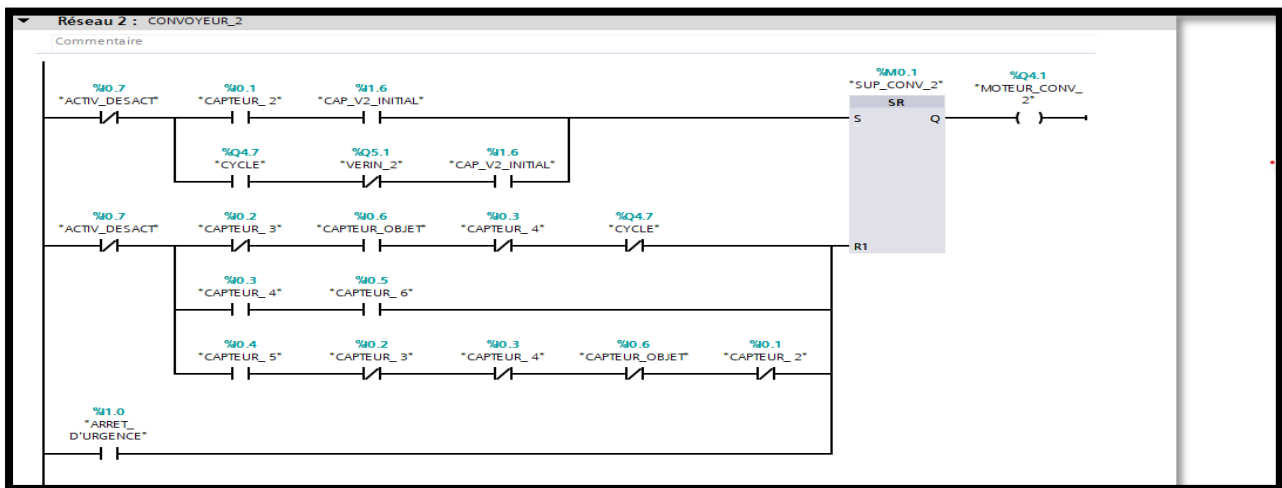
➤ **Réseau 1** : marche/arrêt du convoyeur 1 en mode automatique.



**Figure 4.21 : Marche automatique du convoyeur 1**

- Ligne n°01 : Activation par le capteur n°01 (début du cycle)
- Ligne n°02 : Réactivation après chaque banderolage.
- Ligne n°03 : Désactivation simultanément avec le démarrage de la banderoleuse.
- Ligne n°04 : Désactivation quand les convoyeurs n°01, n°02 et n°03 sont occupés.
- Ligne n°05 : Désactivation par le bouton d'arrêt d'urgence.

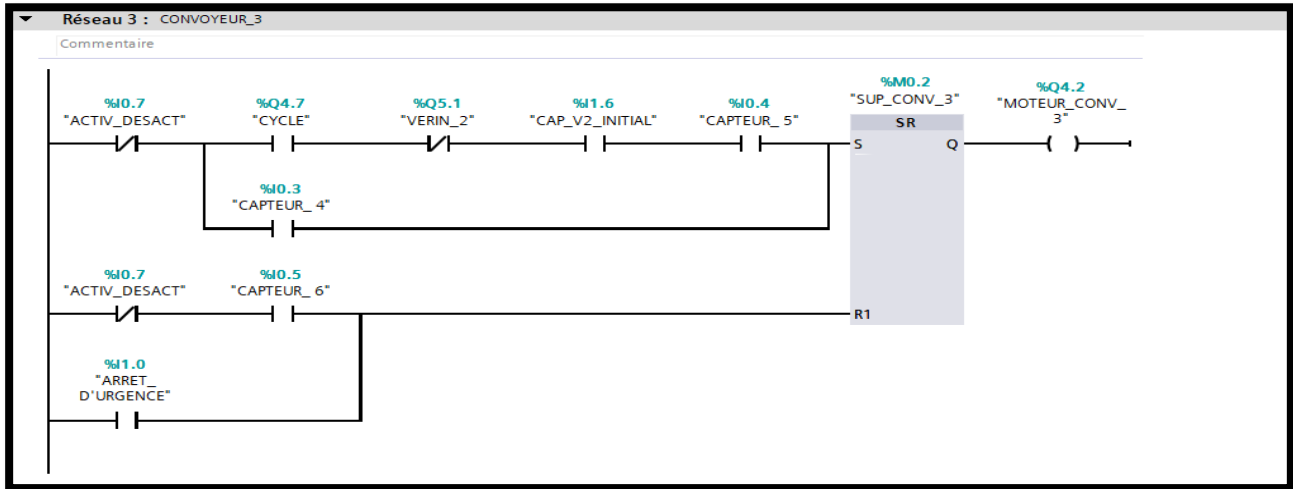
➤ **Réseau 2** : marche/arrêt du convoyeur 2 en mode automatique.



**Figure 4.22 : Marche automatique du convoyeur 2**

- Ligne n°01 : Activation par le capteur n°02.
- Ligne n°02 : Réactivation après chaque banderolage.
- Ligne n°03 : Désactivation simultanément avec le démarrage de la banderoleuse.
- Ligne n°04 : Désactivation quand les convoyeurs n°02 et n°03 sont occupés.

- Ligne n°05 : Désactivation s'il trouve une palette au début du convoyeur n°03 (Capteur\_5) et il n'existe aucune palette dans les convoyeurs n°01 et n°02.
- Ligne n°06 : Désactivation par le bouton d'arrêt d'urgence.
- **Réseau 3:** marche/arrêt du convoyeur 3 en mode automatique.

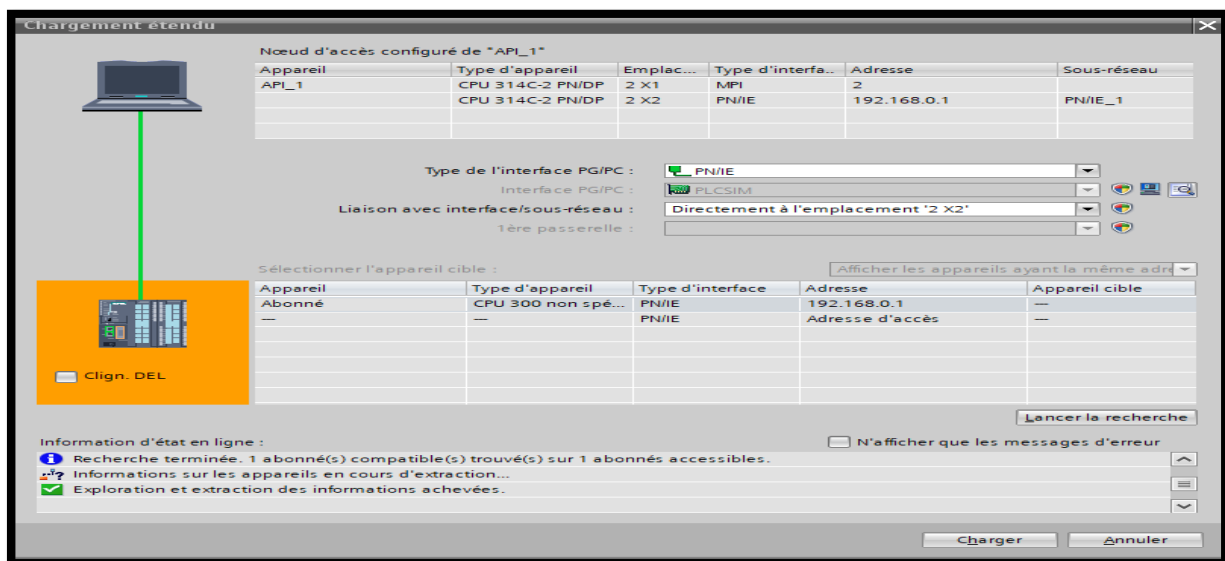


**Figure 4.23 : Marche automatique du convoyeur 3**

- Ligne n°01 : Activation après banderolage (démarrage en parallèle avec le convoyeur n°02).
- Ligne n°02 : Activation par le capteur n°04.
- Ligne n°03 : Désactivation par le capteur n°06 (fin du cycle).
- Ligne n°04 : Désactivation par le bouton d'arrêt d'urgence.

### ❖ Simulation du bloc FC1:

Pour pouvoir simuler le bloc FC1. On doit d'abord faire appel à la fonction FC1 dans le bloc d'organisation (OB1).



**Figure 4.24 : chargement du programme dans l'automate**

## Chapitre 4 Programmation de la banderoleuse via le logiciel TIA PORTAL

Une fois le programme est chargé, on lance le simulateur S7-PLCSIM intégré dans l'atelier logiciel TIA PORTAL, qui permet de tester le programme de commande sans disposer de matériel cible.

On commence ensuite à modifier l'état des entrées en cochant et décochant les cases adéquates pour simuler différentes situations.

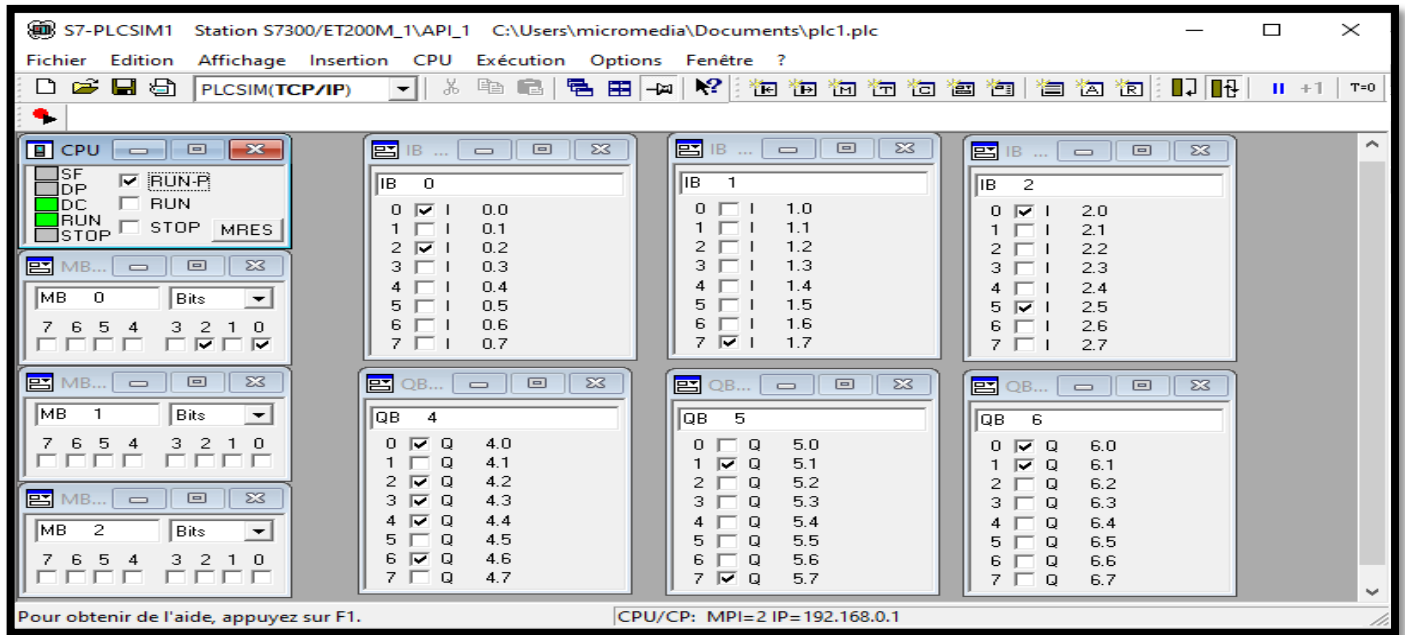


Figure 4.25 : Simulateur S7-PLCSIM

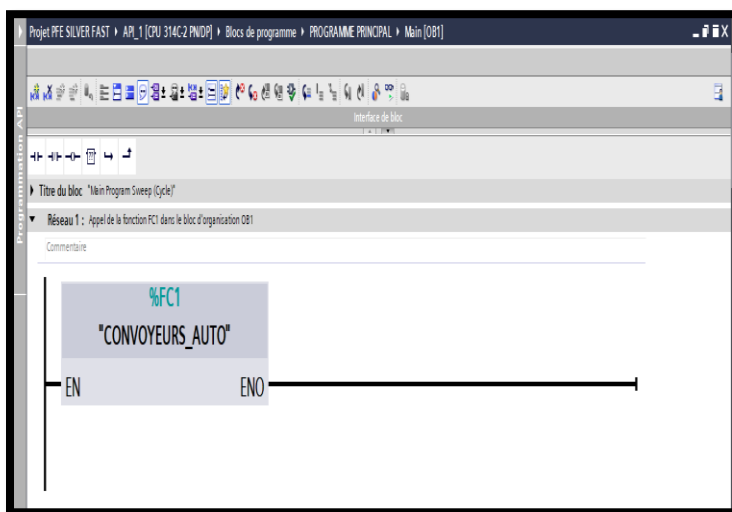


Figure 4.26 : Appel de FC1 dans OB1

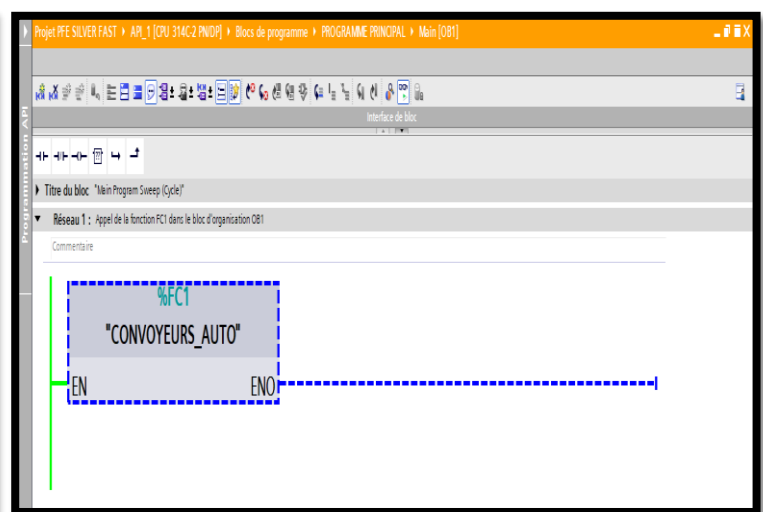


Figure 4.27 : Simulation du bloc FC1

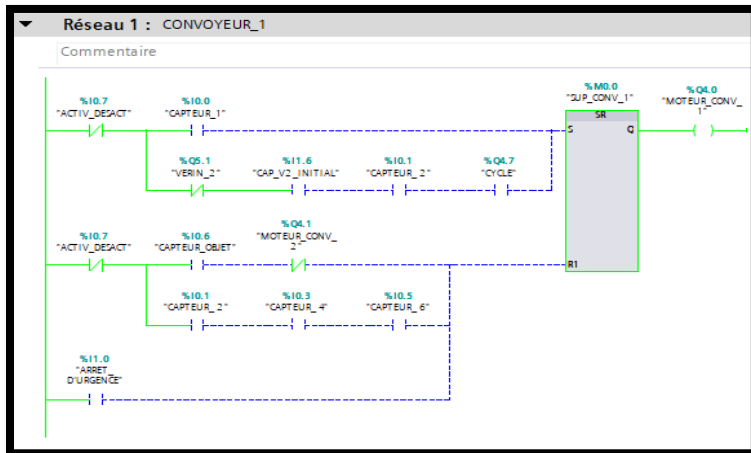


Figure 4.28 : Simulation du convoyeur 1 dans FC1

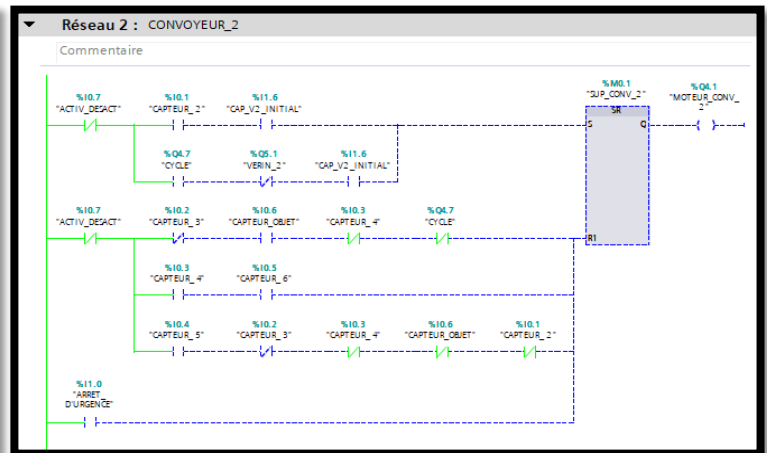


Figure 4.29 : Simulation du convoyeur 2 dans FC1

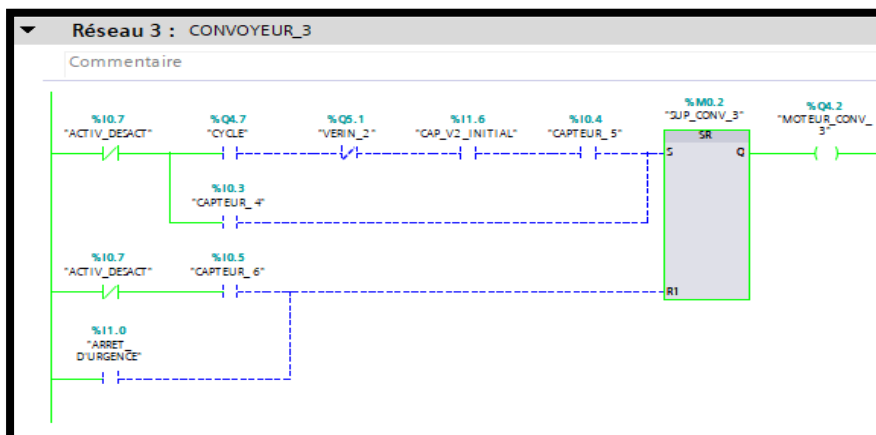


Figure 4.30 : Simulation du convoyeur 3 dans FC1

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni un aperçu général de l'automate programmable industriel choisi pour gérer notre système, ainsi que du logiciel de programmation TIA Portal qui l'accompagne.

Nous avons aussi présenté les étapes de l'élaboration du programme de commande de la banderoleuse avec le langage « ladder » du logiciel TIA Portal.

Dans le chapitre suivant, nous allons concevoir une plateforme de supervision qui offrira une visualisation en temps réel des entrées et sorties, tout en facilitant le contrôle pour l'opérateur.

# Chapitre 5 :

## Développement des vues de supervision associées à la machine

### Introduction

La supervision industrielle joue un rôle essentiel dans l'organisation des industries contemporaines, permettant la surveillance et le contrôle des processus de production de manière efficace et sécurisée.

Initialement, la supervision industrielle était souvent limitée à des systèmes de contrôle manuels et locaux, où les opérateurs surveillaient et ajustaient les processus directement sur le terrain. Cela impliquait souvent des tâches intensives en main-d'œuvre et présentait des limites en termes de précision et de capacité à gérer des processus complexes à grande échelle.

En effet, l'automatisation seule est maintenant insuffisante, la supervision des procédés complexes est devenue indispensable. L'opérateur chargé de conduire une installation automatisée a besoin d'avoir le maximum de transparence, il doit impérativement disposer en temps réel d'une visualisation de l'état et de l'évolution des paramètres du processus, qui lui permettent de réagir plus vite face aux situations inattendues de façon plus intuitive avec les procédés et les machines.

### 5.1 Définition de la supervision industrielle

La supervision industrielle représente une avancée dans l'interaction entre l'homme et la machine, offrant plusieurs avantages pour les processus de production industrielle. Elle permet à l'opérateur de surveiller et de commander efficacement l'état opérationnel d'un processus. Grâce à des interfaces configurées préalablement avec le logiciel de supervision WinCC flexible 2008, elle intègre et affiche en temps réel toutes les étapes cruciales du processus. De plus, elle facilite la détection proactive des problèmes potentiels pendant le fonctionnement.

Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques-unes :

- Assurer la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production.
- Coordonner le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt,...etc.)
- Répondre à des besoins nécessitant en général une puissance de traitement importante.
- Assister l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance.

### 5.2 Les avantages de la supervision

Les systèmes de supervision fournissent aux opérateurs un outil de soutien pour la gestion du processus de production, leur objectif étant de présenter des résultats clairement expliqués et interprétés.

Les avantages de la supervision sont :

- Permet de visualiser le processus et de concevoir l'interface graphique destinée à l'opérateur.
- Permet à l'opérateur de surveiller le processus. Pour ce faire, le processus est visualisé par un graphisme à l'écran. Dès qu'un état du processus évolue, l'affichage est mis à jour.
- Permet à l'opérateur de commander le processus.
- Lorsqu'un état de processus devient critique, une alarme est déclenchée automatiquement. L'écran affiche une alarme en cas de franchissement d'un seuil défini.
- Les alarmes et valeurs de processus peuvent être imprimées et archivées sur des supports électroniques. Ceci permet de documenter la marche du processus et d'avoir accès ultérieurement aux données de production du passé.
- Assurer la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production.
- Coordonner le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt, & etc.)
- Répondre à des besoins nécessitant en général une puissance de traitement importante.

### 5.3 Partie hardware

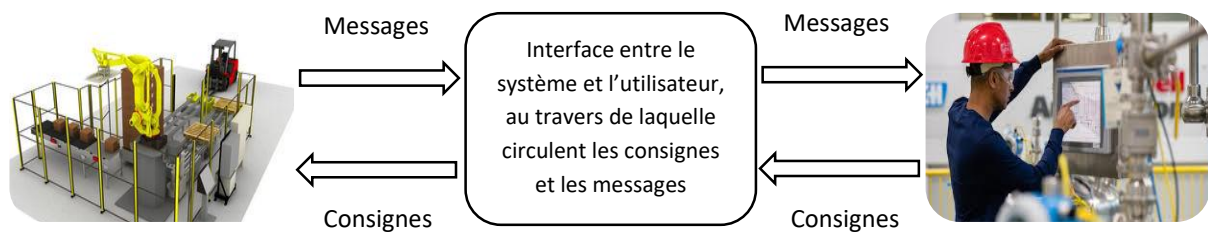
La supervision occupe un niveau de la hiérarchie des fonctions de production où l'intervention humaine ne peut être totalement substituée par des machines. Il est donc crucial de fournir à l'opérateur les informations pertinentes sur le processus de manière appropriée, afin de faciliter une prise de décision éclairée.

#### 5.3.1 Dialogue homme machine [17]

Le dialogue homme-machine est la fonction par laquelle un opérateur reçoit des informations sur l'état d'une machine et peut lui transmettre des ordres ainsi que modifier les consignes. Traditionnellement, cette interface était limitée aux boutons poussoirs et aux voyants indiquant l'état fonctionnel de la machine.

Avec l'avènement des automates programmables, de nouvelles interfaces ont vu le jour, élargissant les possibilités de dialogue grâce à l'échange de messages numériques et alphanumériques et à la représentation des machines ou installations par des images animées.

Ces nouvelles interfaces offrent non seulement une aide précieuse pour la gestion des opérations, mais aussi pour le diagnostic, le suivi, la production et le contrôle de qualité.



**Figure 5.1 : Dialogue Homme-Machine**

### 5.3.2 Architecture du réseau de supervision

Le PC de supervision n'échange pas directement les données avec les capteurs et les actionneurs, mais à travers l'API qui gère l'ensemble du processus. Un réseau de supervision est souvent constitué d'un PC utilisé comme poste opérateur, permettant l'acquisition des données, l'affichage des synoptiques et la conduite de l'unité, et d'un PC comme poste d'ingénierie, dédié à l'administration du système et au paramétrage de l'application, un réseau d'acquisition de type MPI/DP, reliant les postes opérateurs à l'automate.

### 5.4 Partie software

Cette partie est réservée à l'étude de logiciel de supervision WinCC flexible utilisé pour réaliser la plateforme de supervision.

#### 5.4.1 Modules fonctionnels d'un système de supervision

La plupart des systèmes de supervision se composent d'un moteur central (logiciel) auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates, pupitres, ...).

Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement des données et la communication avec d'autres applications. Il propose des modules fonctionnels tels qu'éditeurs graphiques, historiques des données, rapports de suivi de production, acquisition des informations venantes du procédé par l'intermédiaire d'une unité de commande, archivage et restitution des données pour une analyse ultérieure (maintenance, statistique,...etc.), gestion des alarme et des événements.

#### 5.4.2 Traitement des données

Divers traitements standards sont disponibles sur les systèmes de supervision. Les traitements les plus courants sont :

- **Représentation graphique des données**

Elle est sous forme de courbes de conduite ou d'historiques présentés à l'écran, avec des facilités diverses (loupes, fenêtres).

### • **Traitement des alarmes et des défauts**

L'alarme étant généralement élaborée par comparaison d'une variable à un seuil. A chaque apparition d'un défaut l'opérateur doit l'acquitter afin d'assurer une meilleure gestion de l'historique des alarmes.

### • **Priorité des alarmes**

Un traitement prioritaire des alarmes doit être conçu afin d'éviter des cas de figure où l'opérateur serait contraint d'en acquitter simultanément un trop grand nombre. Une hiérarchie des alarmes peut parfois se définir à priori par rapport au processus.

### • **Zone de communication**

Une zone de communication permet d'accéder à une plage d'adresse définie dans l'automate pour permettre l'échange de données avec les PC de supervision et les pupitres de contrôle-commande.

### • **Zone d'affichage**

Les images constituent une représentation graphique du processus. On peut afficher le déroulement du processus en indiquant l'état des équipements (état des moteurs, moteur marche ou arrêt...). Une image peut combiner des éléments statiques et dynamiques.

### **5.4.3 Contrôle/Commande supervisé**

On dispose sur le poste de supervision de la possibilité de télécommander le processus, en forçant la valeur de certaines variables par l'affectation de la valeur 1.

## **5.5 Constitution d'un système de supervision**

La plupart des systèmes de supervision comprennent un moteur central (logiciel) qui reçoit des données des équipements (automates). Ce logiciel gère l'affichage, le traitement, l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques.

### ❖ **Modules de visualisation**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs, les éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées.

### ❖ **Modules d'archivage**

Il mémorise les données (alarmes et événements) pendant une longue période et il permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

### ❖ Modules de traitement

Il Permet de mettre en forme les données afin de les présenté via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

### ❖ Module de communication

Assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques.

## 5.6 Structure d'un système de supervision

Pour établir une communication entre un API et un PC, des mécanismes d'échange ont été spécialement développés afin de faciliter l'acquisition et le transfert de données entre le PC de supervision et un automate programmable. Le PC de supervision utilise l'API pour gérer l'intégralité du processus d'échange de données. Un réseau de supervision est souvent constitué de :

- PC utilisé comme poste opérateur, permet l'acquisition des données, l'affichage des synoptiques et la conduite de l'unité.
- PC comme poste ingénieur, dédié à l'administration du système et au paramétrage de l'application.
- réseau d'acquisition de type Ethernet industriel, reliant les postes opérateur à l'automate.

## 5.7 Présentation du logiciel de supervision WinCC Flexible [18]

WinCC (Windows Control Center) est un système d'interface homme-machine (IHM) de haute performance développé par SIEMENS. Conçu pour être extrêmement flexible, il s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de technologies de l'information, et est destiné à la configuration des systèmes de supervision.

WinCC permet de saisir, d'afficher et d'archiver les données, tout en simplifiant les tâches de gestion et de surveillance pour les opérateurs. Compatible avec Windows, il offre une gamme d'objets graphiques prédéfinis, tels que l'affichage numérique, une bibliothèque complète de symboles IHM, des affichages textuels et graphiques, ainsi qu'un champ d'édition des valeurs du processus, parmi d'autres fonctionnalités.



*Figure 5.2 : Logiciel WinCC Flexible*

### 5.7.1 Avantages de WinCC Flexible

Win CC flexible offre les avantages suivants :

- Simplicité : Une interface utilisateur intuitive et facile à utiliser.
- Flexibilité : Adaptable à divers besoins et configurations.
- Robustesse : Fiabilité et stabilité dans divers environnements d'application.
- Supervision avancée : Inclut des bibliothèques graphiques, des représentations de courbes, la gestion des alarmes, un système de journalisation, ainsi que des nombreux programmes de pilotage pour automates.
- Gestion multilingue : Réduit les coûts de manipulation et de configuration grâce à la prise en charge de jusqu'à 32 langues dans un projet, avec la possibilité de commuter entre 16 langues directement sur un appareil.

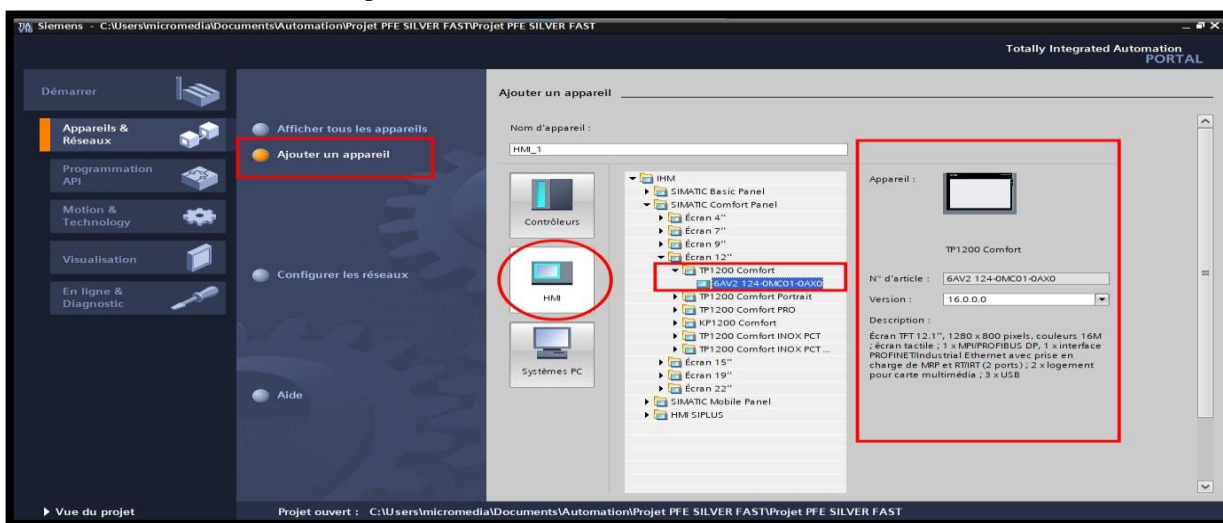
### 5.7.2 Présentation WinCC sur TIA PORTAL

WinCC, intégré dans le TIA Portal, est le logiciel dédié à toutes les applications d'IHM, allant des solutions de commande simples via des Basic Panels aux visualisations de processus complexes sur des systèmes multipostes basés sur PC.

Le SIMATIC WinCC dans le TIA Portal s'inscrit dans un concept d'ingénierie intégré innovant, offrant un environnement homogène pour la programmation et la configuration des solutions de commande, de visualisation et de commande.

Pour ajouter un écran HMI, il faut passer par la vue du portail et cliquer sur « Appareil & Réseaux » puis cliquer sur « ajouter un appareil ». Une fois terminée une liste d'éléments apparaîtra, on clique sur « HMI » puis on choisit l'écran désiré.

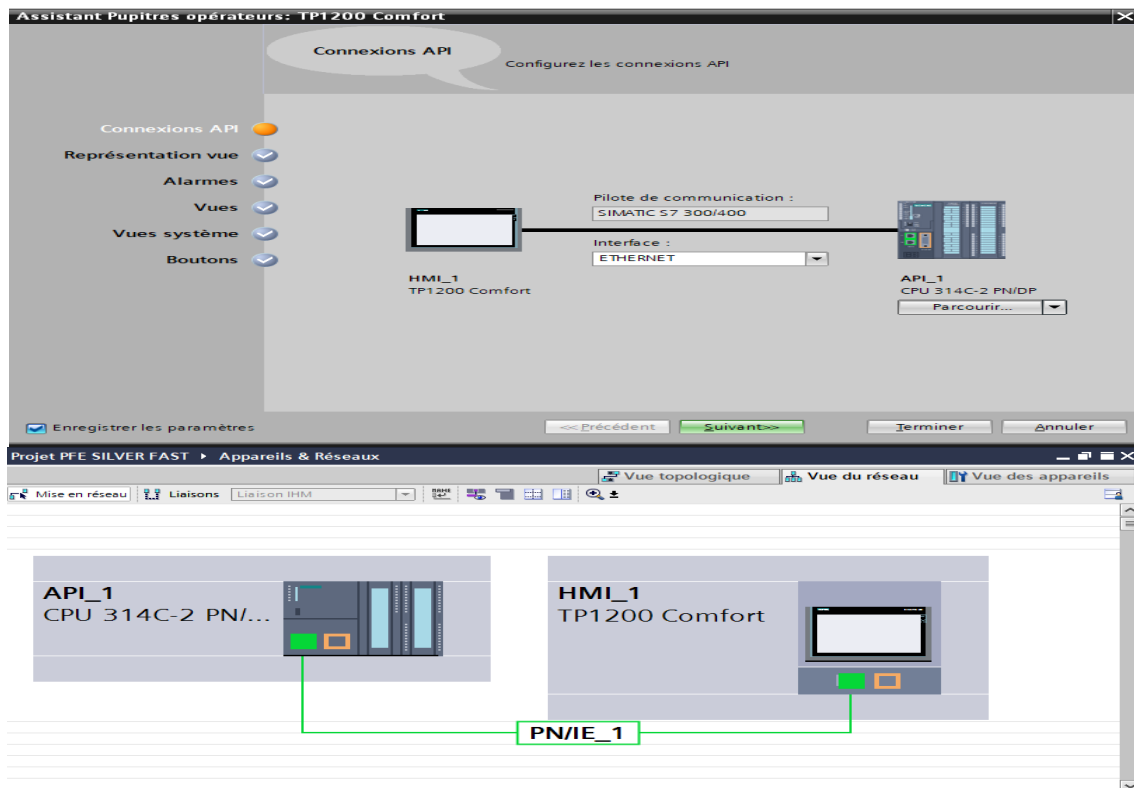
La figure 5.3 représente l'écran choisit, qui s'agit d'un écran tactile de 12'' « TP1200 COMFORT » de chez la gamme SIEMENS.



**Figure 5.3 : Choix d'écran HMI**

Une fois que l'écran HMI est sélectionné une fenêtre s'apparie automatiquement pour établir une connexion entre cet écran et notre API.

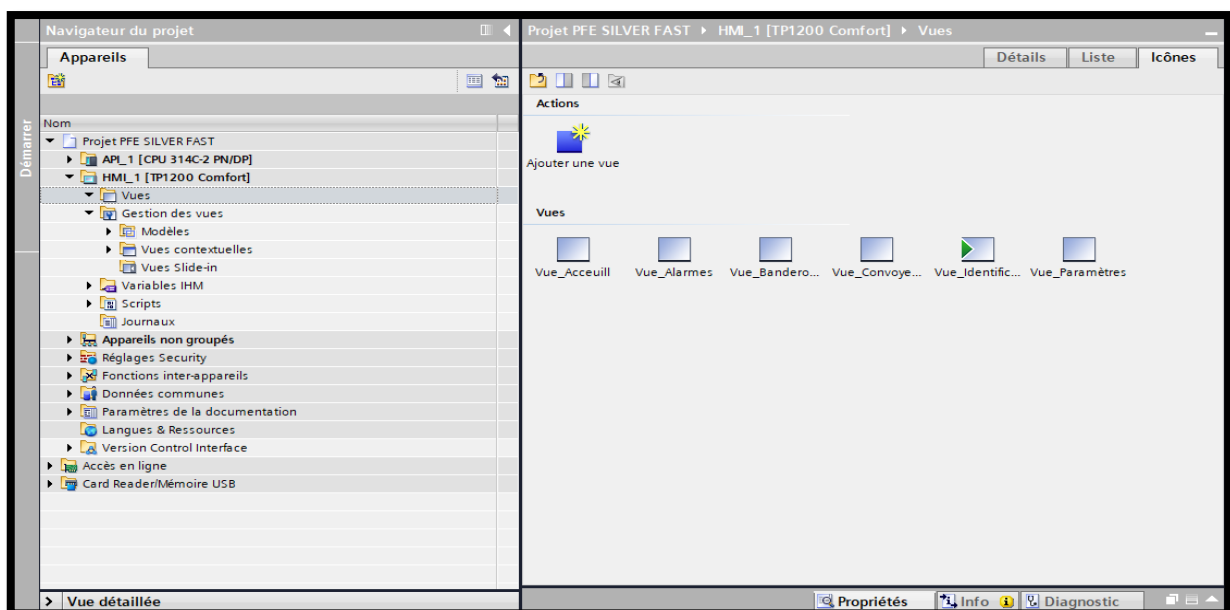
Cette fenêtre est représentée dans la figure 5.4.



*Figure 5.4 : Liaison entre la station S7-300 et la station HMI*

### 5.8 Présentation de la plateforme de supervision de la banderoleuse

Pour concevoir la plateforme de supervision qui assure le contrôle et la commande de la banderoleuse, nous avons développé six vues illustrées dans la figure suivante (figure 5.5) :



*Figure 5.5 : Plateforme de supervision de la banderoleuse*

### 5.8.1 Vue identification

Cette vue inclut un bouton de navigation sécurisé permettant à l'opérateur d'accéder à la vue d'accueil de la station HMI via un mot de passe.



Figure 5.6 : Vue identification

### 5.8.2 Vue accueil

La vue d'accueil comporte les différents boutons de navigation vers les autres vues de supervision du processus.

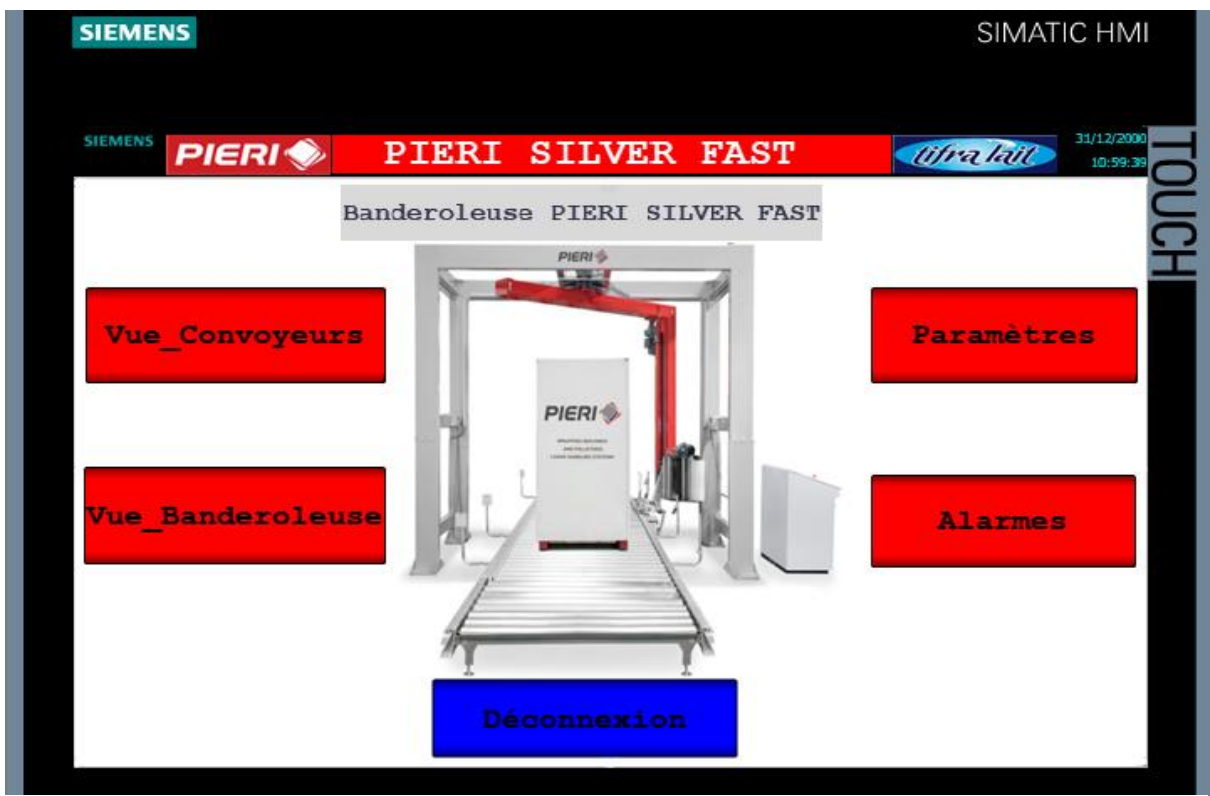


Figure 5.7 : Vue Accueil

### 5.8.3 Vue paramètres

Cette vue nous permet de mettre la machine sous tension, de choisir le mode de fonctionnement souhaité (automatique ou manuel), et de passer vers n'importe quelle autre vue (alarme, accueil, etc.).

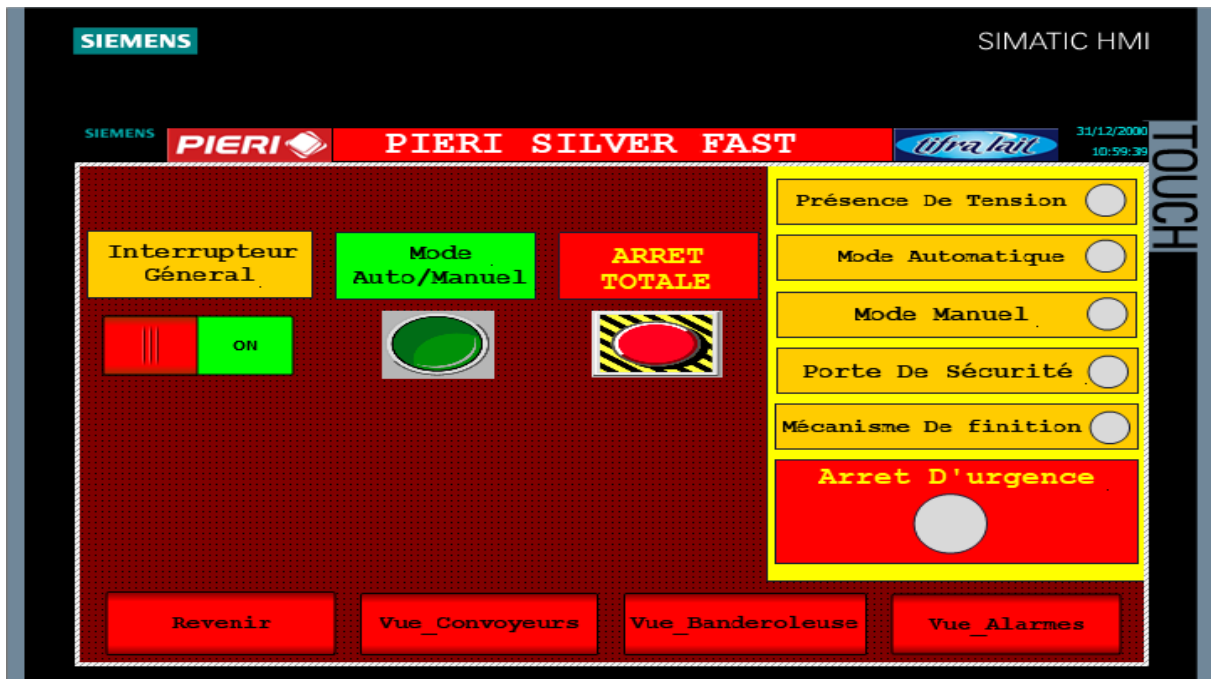


Figure 5.8 : Vue paramètres

### 5.8.4 Vue convoyeurs

Le bouton auto/manuel nous permet de sélectionner le mode de fonctionnement des trois convoyeurs, qui sont équipés de capteurs situés en haut. De plus, des commutateurs placés sous chaque convoyeur permettant de contrôler leur direction de déplacement en mode manuel.

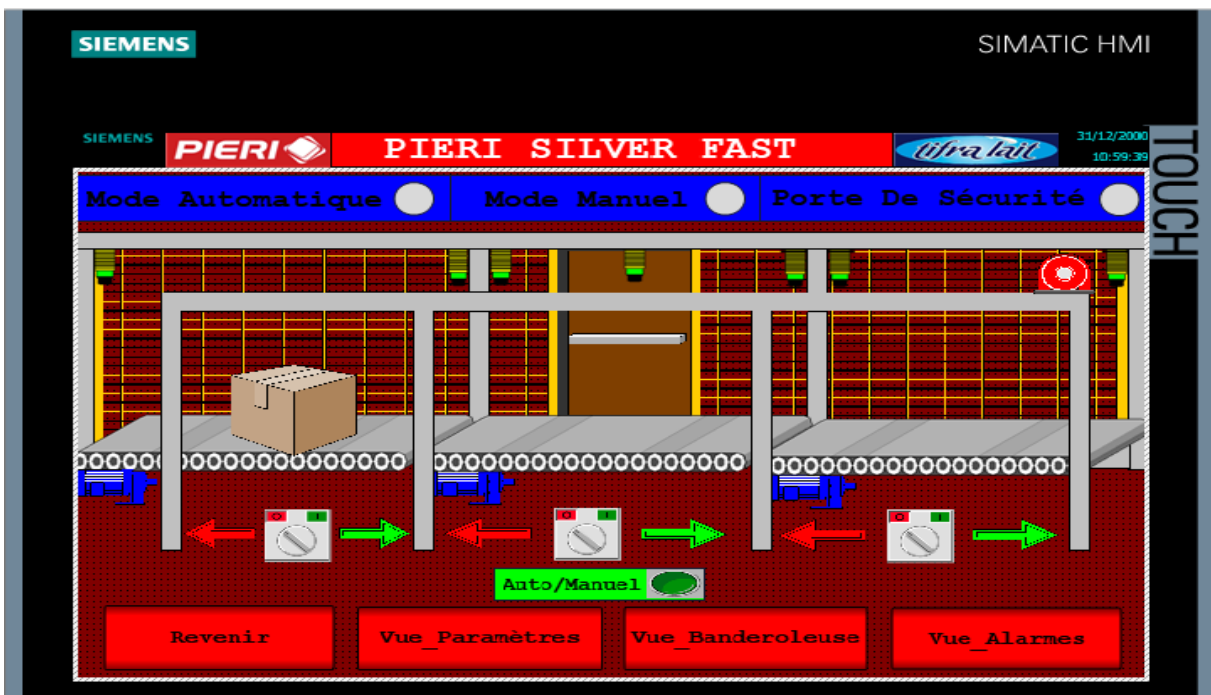


Figure 5.9 : Vue Convoyeurs

### 5.8.5 Vue banderoleuse

Cette vue permet de visualiser en mode automatique le fonctionnement de la banderoleuse située sur le deuxième convoyeur. Elle montre également les angles de déplacement des vérins 2 et 4, chaque déplacement étant signalé par des lampes qui s'allument dès que les capteurs détectent l'arrivée des dispositifs.

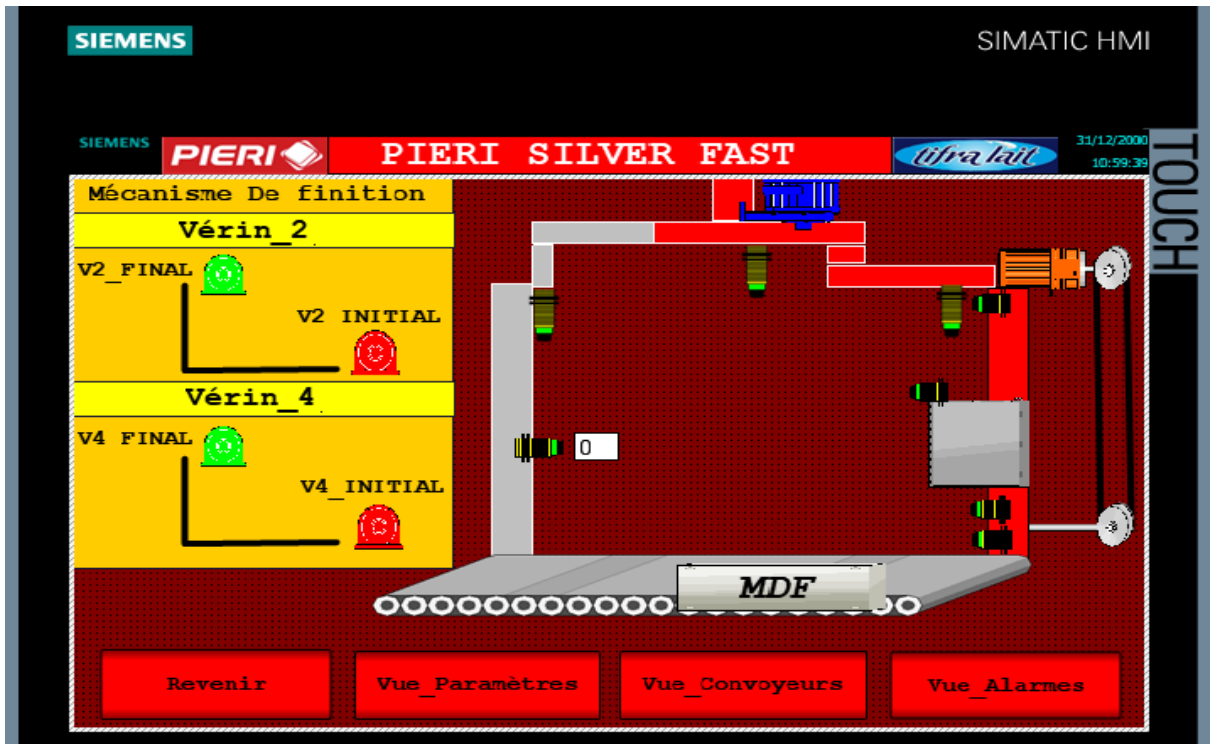


Figure 5.10 : Vue banderoleuse

### 5.8.6 Vue alarmes

Cette vue offre une surveillance complète de l'état des moteurs et déclenche une alarme en cas de défaillance des moteurs ou des capteurs, garantissant ainsi une réponse rapide aux problèmes potentiels (manque de pression, etc.).



Figure 5.11 : Vue alarmes

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons développé sous WinCC toutes les vues nécessaires pour suivre l'évolution du cycle de fonctionnement de la station. Ce programme garantit l'alignement avec le programme de fonctionnement de la banderoleuse que nous avons créé à l'aide de logiciel TIA Portal.

Ce logiciel de supervision nous offre des outils industriels indispensables pour la surveillance, le contrôle et la gestion de notre procédé.

La supervision est désormais essentielle dans les processus industriels, permettant de réduire les temps d'arrêt et de détecter les pannes, ce qui améliore la fiabilité de la machine et prolonge sa durée de vie.

# Conclusion générale

Notre projet a pour objectif de mettre en œuvre une supervision et une automatisation rigoureuses afin d'améliorer le fonctionnement d'une ligne de conditionnement. Les différentes étapes nécessaires pour atteindre ce but sont détaillées ci-dessous.

Après avoir présenté le lieu de stage et la **SARL TIFRA LAIT**, nous avons entrepris une étude et une programmation d'une banderoleuse à bras tournant de marque **PIERI** modèle **SILVER FAST**.

Nous avons commencé par identifier tous ces composants principaux, puis élaboré un programme à l'aide du logiciel **TIA PORTAL** pour l'automate **S7-300**, destiné à automatiser le fonctionnement de cette machine, en veillant à répondre parfaitement aux exigences des responsables de l'usine.

L'étude approfondie de la banderoleuse nous a permis d'explorer divers domaines, notamment les domaines électrique, électromécanique, informatique et pneumatique. Elle nous a également donné l'occasion de nous familiariser d'avantage avec le logiciel **TIA PORTAL**, et le logiciel de supervision **WinCC flexible** intégré dans ce dernier, et l'outil de modélisation **GRAFCET**, que nous avons utilisé pour modéliser la machine et concevoir une solution de commande.

En termes de supervision, le **S7-300** est doté d'un écran tactile moderne et performant de 12 pouces, modèle « **TP1200 COMFORT** » de la gamme **SIEMENS**. Cet écran centralise toutes les informations nécessaires, facilitant ainsi la commande et la surveillance du fonctionnement de la machine. Il permet à l'opérateur d'intervenir rapidement et de résoudre efficacement les éventuelles perturbations.

La période de notre stage nous a offert l'opportunité de côtoyer le monde du travail et d'acquérir une discipline professionnelle.

Enfin, nous espérons que ce modeste travail sera bénéfique pour l'usine **TIFRA LAIT**, et pourrait servir de modèle pour les futurs étudiants, qui nous en sommes sûrs, réaliseront des projets encore plus avancés.

## Références Bibliographiques

- [1] Documentations de la DRH, TIFA LAIT , Organisation et historique de l'entreprise, année 2024.
- [2] Documentation technique, Data sheet livret technique de la machine STEPHAN UM200.Numéro de série I1500043. Fabricant : Stephan machinery GmbH , année 2015.
- [3] Documentation technique , Data sheet livret technique de la machine STEPHAN UHT. Notice d'instruction: I1500042. Fabricant : Stephan Machinery GmbH , année 2015.
- [4] Documentation technique, Manuel d'utilisation de la machine Corazza FF220E . Fabricant : IMA DAIRY & FOOD Corazza , année 2015.
- [5] Documentation technique, Manuel d'utilisation de la machine Corazza EB80 Fabricant : IMA DAIRY & FOOD Corazza , année 2015.
- [6] Données techniques, Catalogue , Automatic wrapping machines and handling systems. PIERI . Adresse URL : «<https://www.pieri.it>» , année 2024.
- [7] Site internet, «<https://www.esacours.com/2020/05/analyse-des-circuits-pneumatiques.html#Target0>» , année 2024.
- [8] Lucas Brindani, Automatique, «les composants pneumatiques», Université de Reims Champagne-Ardenne URCA, 2020.
- [9] Georges Asch et coll, «LES CAPTEURS EN INSTRUMENTATION INDUSTRIELLE », 8ème édition, Paris : Dunod, 2017.
- [10] J. NIARD « machines électriques formation continue- technicien supérieurs- ingénieurs électrotechniciens » EDITION PABIO Bayala, année 2010.

- [11] S. Moreno , E. Peulot. Le GRAFCET : Conception-Implantation dans les automates programmables industriels. Casteilla, Paris , 2009.
- [12] Cours GRAFCET ,Mr Robert valette, Adresse URL : <http://valetterobert.free.fr> , année 2024.
- [13] GRAFCET fonctionnel réalisé avec le logiciel EditSAB.
- [14] W. Bolton, « Les automates programmables industriels » . 6ème édition, Edition Dunod, Paris, 2015.
- [15] G.philippe. & I. KACEM, Automatisme, « CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LES AUTOMATISMES », Paris: Ellipse, 2008.
- [16] Aide logiciel , SIEMENS, TIA PORTAL V16.
- [17] Belhaouci, K. & Bouanou, T. (2013). Mémoire : «Etude Et Développement D'une Solution De Commande Programmable Supervisée De La Banderoleuse Hs30» [ Université Mouloud Mammeri - Tizi Ouzou].
- [18] SIMATIC-HMI-WinCC « Getting started » A5E00279568-03. Edition 2006.