

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



**Faculté de Technologie**

**Département Ingénierie des Systèmes Electriques**

**Mémoire de Master**

Présenté par

**GUECHETOULI Fodil**

**Filière : Automatique**

**Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle**

---

**Thème : Automatisation et supervision d'un  
tank mélangeur à l'aide d'un  
automate siemens S7-300.**

---

|         |            |     |       |               |
|---------|------------|-----|-------|---------------|
| CHERRAT | Nidhal     | MAB | UMBB  | Président     |
| MOUATSI | Abdelmalek | MCA | UMBB  | Examineur     |
| KAOUANE | Mohamed    | MCB | UMBB  | Rapporteur    |
| SMAILI  | Fatah      | ING | SOBCO | Co-rapporteur |

**Année Universitaire : 2021/2022**

# *Remerciements*

*A l'issue de ce modeste travail, je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.*

*J'ai l'honneur et le plaisir de présenter mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon promoteur Monsieur Kaouane Mohamed qui m'a constamment guidé et conseillé tout au long de ce projet.*

*Mes reconnaissances vont également à Monsieur H.Menad pour m'avoir apporté ses connaissances et un soutien permanent tout au long de ce projet.*

*J'exprime aussi mes remerciements aux membres de jury qui me feront honneur d'évaluer mon travail.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail, avant tout, à ma mère que j'aime beaucoup et qui n'a jamais cessé de me soutenir.*

*À mes chers frères Redouane et Yassine et ma chère sœur Ibtissam*

*À toute ma grande famille, oncles, tantes, cousins, cousines*

*Et à mes chers amis*

## ملخص :

يختص هذا المشروع في برمجة جهاز التحكم المنطقي ببرنامج "TIA PORTAL" من أجل التحكم و مراقبة الخلاط و الخزانات المؤقتة لمرحلة تحضير الشوكولاتة و ضمان السير الحسن لدورة التحضير. المشروع يختص أيضا في إنشاء واجهة إنسان آلة على "Siemens KTP 1200" للتحكم التلقائي/اليدوي، عرض البيانات و المراقبة و التعديل في حالة انطلاق إنذارات في حالة وجود أخطاء. لتسهيل العمل، يوجد جزء مخصص للبرمجة و محاكاة تشغيل المضخات.

**الكلمات المفتاحية :** 'drum' ، 'supervision' ، 's7-300' ، 'tanks' ، 'mélangeur'

## Résumé :

Le présent projet consiste à la programmation d'un automate « S7-300 » avec le logiciel « TIA PORTAL » pour contrôler le tank mélangeur et les tanks temporaires de l'étape de préparation du chocolat et assurer une bonne conduite du cycle de préparation. Il consiste aussi à la création d'une interface Homme machine sur « Siemens KTP 1200 » pour visualiser l'évolution de l'état d'un système automatisé pour que l'opérateur puisse surveiller et maintenir le système en cas de présence d'un défaut. Pour faciliter notre travail, une partie est consacrée à la programmation et la simulation du fonctionnement des pompes.

**Mots Clés :** 'supervision' ، 's7-300' ، 'mélangeur' ، 'Tanks' ، 'drum'

## Abstract :

The present project consists of programming the PLC "s7-300" using « TIA PORTAL » to control the mixer tank and the temporary tanks in the chocolate making stage, and to facilitate the conduct of the preparation cycle. It also consists in the creation of a homme machine interface on " siemens KTP 1200" to visualize the evolution of the status of an automated system so that the operator can monitor and maintain the system in case of presence of a defect. To facilitate our work, a part is devoted to the programming and to the simulation of the pump's functioning.

**Keywords :** 'mixer' ، 's7-300' ، 'supervision' ، 'Tanks' ، 'drum'

# Sommaire

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Introduction générale.....</b> | <b>1</b> |
|-----------------------------------|----------|

## **Chapitre I Présentation de l'Entreprise**

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| <b>I.1. Introduction .....</b> | <b>3</b> |
|--------------------------------|----------|

|  |          |
|--|----------|
| <b>I.2. Présentation de l'entreprise .....</b> | <b>3</b> |
|--|----------|

|  |          |
|--|----------|
| <b>I.3. L'architecture de l'entreprise .....</b> | <b>3</b> |
|--|----------|

|                      |   |
|----------------------|---|
| I.3.1. Sous-sol..... | 3 |
|----------------------|---|

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| I.3.2. Le rez-de-chaussée ..... | 4 |
|---------------------------------|---|

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| I.3.3. Le premier étage ..... | 5 |
|-------------------------------|---|

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| I.3.4. Le deuxième étage ..... | 5 |
|--------------------------------|---|

|   |          |
|---|----------|
| <b>I.4. Organigramme de l'entreprise.....</b> | <b>6</b> |
|---|----------|

|   |          |
|---|----------|
| <b>I.5. Les différentes directions.....</b> | <b>7</b> |
|---|----------|

|   |   |
|---|---|
| I.5.1. Direction des Approvisionnement (DA) ..... | 7 |
|---|---|

|  |   |
|--|---|
| I.5.2. Direction des Finances et comptabilités (DFC) ..... | 7 |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| I.5.3. Direction Commerciale (DC) ..... | 7 |
|---|---|

|  |   |
|--|---|
| I.5.4. Direction des Ressources Humaines (DRH) ..... | 8 |
|--|---|

|  |   |
|--|---|
| I.5.5. Direction de la Logistique (DL) ..... | 8 |
|--|---|

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| I.5.6. Direction Marketing (DM) ..... | 8 |
|---------------------------------------|---|

|  |   |
|--|---|
| I.5.7. Direction Industrielle (DI) ..... | 9 |
|--|---|

|  |          |
|--|----------|
| <b>I.6. La ligne de production de chocolat Aasted Frozen .....</b> | <b>9</b> |
|--|----------|

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I.7. Eléments de la préparation du chocolat .....</b> | <b>11</b> |
|--|-----------|

|                      |    |
|----------------------|----|
| I.7.1. Broyeur ..... | 11 |
|----------------------|----|

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| I.7.2. Le malaxeur (Mélangeur)..... | 11 |
|-------------------------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| I.7.3. La machine de conchage choc..... | 12 |
|---|----|

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>I.8. Problématique.....</b> | <b>13</b> |
|--------------------------------|-----------|

## **Chapitre II Instrumentations utilisées**

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>II.1. Introduction.....</b> | <b>15</b> |
|--------------------------------|-----------|

|   |           |
|---|-----------|
| <b>II.2. Agitateur industriel .....</b> | <b>15</b> |
|---|-----------|

|   |    |
|---|----|
| II.2.1. L'agitateur industriel dans l'industrie ..... | 16 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| II.2.2. Agitateurs industriels à turbine ..... | 16 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| II.2.3. Mélangeurs industriels à hélice ..... | 16 |
|---|----|

|   |           |
|---|-----------|
| II.2.4. Agitateurs industriels à pales .....                | 16        |
| <b>II.3. Les principaux éléments d'un automatisme .....</b> | <b>17</b> |
| II.3.1. Les prés actionneurs .....                          | 17        |
| II.3.2. Disjoncteur général.....                            | 17        |
| II.3.3. Disjoncteur moteur.....                             | 17        |
| II.3.4. Transformateur .....                                | 18        |
| II.3.5. Contact auxiliaire .....                            | 18        |
| II.3.6. Les contacteurs.....                                | 19        |
| II.3.7. Le bornier électrique .....                         | 20        |
| II.3.8. Les relais de protection thermique .....            | 20        |
| II.3.9. Les sectionneurs .....                              | 21        |
| II.3.10. Les distributeurs .....                            | 22        |
| II.3.11. Variateur de vitesse .....                         | 22        |
| II.3.12. Capteurs .....                                     | 23        |
| II.3.12.1. Les capteurs analogiques .....                   | 23        |
| II.3.12.2. Les capteurs numériques .....                    | 24        |
| II.3.12.3. Les capteurs logiques ou Tout Ou Rien (TOR)..... | 24        |
| II.3.12.4. Choix d'un capteur .....                         | 24        |
| II.3.12.5. Capteur de force ou de poids.....                | 25        |
| II.3.12.6. Cellule de charge MTB100 .....                   | 26        |
| II.3.12.7. Capteur de distance IFM O1D100 .....             | 26        |
| II.3.13. Les voyants .....                                  | 27        |
| II.3.14. Les Boutons .....                                  | 27        |
| II.3.14.1. Boutons poussoirs marche/arrêt .....             | 27        |
| II.3.14.2. Boutons arrêt d'urgence .....                    | 28        |
| II.3.14.3. Bouton sélecteur .....                           | 28        |
| <b>II.4. Les actionneurs.....</b>                           | <b>28</b> |
| II.4.1. Vérin.....  | 28        |
| II.4.2. Moteur asynchrone.....                              | 29        |
| II.4.3. Motoréducteur .....                                 | 29        |
| II.4.4. Electrovanne .....                                  | 30        |
| II.4.5. Pompe à engrenages .....                            | 30        |
| II.4.6. Pompe à lobe.....                                   | 31        |

|  |           |
|--|-----------|
| II.4.7. Pompe à vis .....  | 32        |
| <b>II.5. Conclusion .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>Chapitre III Systèmes automatisés et GRAFCET</b>                            |           |
| <b>III.1. Introduction .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>III.2. Structure d'un système automatisé.....</b>                           | <b>35</b> |
| III.2.1. Partie opérative .....  | 35        |
| III.2.2. Partie commande.....  | 35        |
| <b>III.3. Les avantages et les inconvénients d'un système automatisé .....</b> | <b>36</b> |
| III.3.1. Les avantages.....  | 36        |
| III.3.2. Les inconvénients.....  | 36        |
| <b>III.4. Histoire des API.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>III.5. Définition d'un API .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>III.6. Architecture interne d'un automate programmable .....</b>            | <b>37</b> |
| <b>III.7. Choix d'un API .....</b>   | <b>38</b> |
| <b>III.8. Langage de programmation des APIs .....</b>                          | <b>38</b> |
| III.8.1. Schéma par bloc ou FBD .....  | 38        |
| III.8.2. Texte structuré ou ST .....   | 39        |
| III.8.3. GRAFCET ou SFC .....  | 39        |
| III.8.4. Liste d'instruction ou IL.....  | 39        |
| III.8.5. Schéma à relais ou LD (ladder diagram).....                           | 39        |
| III.8.5.1. Bloc d'organisation (OB) .....                                      | 40        |
| III.8.5.2. Bloc fonctionnel (FB).....  | 40        |
| III.8.5.3. Fonction (FC).....  | 40        |
| III.8.5.4. Bloc de données (DB) .....  | 40        |
| <b>III.9. Introduction sur GRAFCET .....</b>                                   | <b>41</b> |
| <b>III.10. Définition et symbolisation d'un Grafcet .....</b>                  | <b>41</b> |
| <b>III.11. Définition de l'automate S7-300 .....</b>                           | <b>42</b> |
| <b>III.12. Constitution de l'Automate S7-300 .....</b>                         | <b>42</b> |
| <b>III.13. Caractéristiques de l'automate S7-300 .....</b>                     | <b>42</b> |
| <b>III.14. Mode de fonctionnement .....</b>                                    | <b>43</b> |
| III.14.1. Mode automatique.....  | 43        |

|  |           |
|--|-----------|
| a-Recette chocolat au lait .....   | 44        |
| b-Remplissage des tanks temporaires .....  | 45        |
| c-Rinçage automatique .....  | 45        |
| III.14.2. Mode manuel .....  | 46        |
| III.14.3. Les alarmes .....  | 46        |
| <b>III.15. GRAFCET de fonctionnement.....</b>  | <b>47</b> |
| III.15.1. GRAFCET « Mélangeur ».....   | 47        |
| III.15.2. GRAFCET du processus « remplissage automatique des tanks temporaires » ..... | 48        |
| III.15.3. GRAFCET du processus « rinçage » .....                                       | 49        |
| III.15.4. GRAFCET « commande du cycle de fonctionnement manuel ».....                  | 50        |
| III.15.5. Abréviations utilisées dans le modèle GRAFCET.....                           | 50        |
| <b>III.16. CONCLUSION .....</b>  | <b>52</b> |
| <b>Chapitre IV Programmation et supervision des tanks</b>                              |           |
| <b>IV.1. Introduction .....</b>  | <b>54</b> |
| <b>IV.2. Logiciel TIA PORTAL v13.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>IV.3. Configuration API .....</b>   | <b>55</b> |
| IV.3.1. Configuration de l'appareil .....  | 55        |
| IV.3.2. Configuration des E/S .....  | 55        |
| IV.3.3. Réseau de connexion.....   | 56        |
| <b>IV.4. Création de la table des variables .....</b>                                  | <b>57</b> |
| <b>IV.5. Simulation de programme .....</b>   | <b>58</b> |
| <b>IV.6. Simulation du programme mélangeur .....</b>                                   | <b>59</b> |
| IV.6.1. Séquenceur, Bloc « drum » pour recette « recette chocolat au lait ».....       | 59        |
| IV.6.2. Simulation étape 1 : « pompe masse de cacao, électrovanne » .....              | 60        |
| IV.6.3. Simulation étape 2 : « pompe graisse, électrovanne » .....                     | 60        |
| IV.6.4. Simulation Remplissage automatique des tanks temporaires .....                 | 61        |
| <b>IV.7. Supervision avec HMI .....</b>  | <b>62</b> |
| IV.7.1. Supervision.....   | 62        |
| IV.7.2. L'interface Homme /Machine (IHM) .....   | 63        |
| <b>IV.8. Supervision de la ligne de production .....</b>                               | <b>64</b> |
| IV.8.1. Choix de l'HMI .....   | 64        |
| IV.8.2. Création de la table de variable HMI.....                                      | 65        |

|   |           |
|---|-----------|
| IV.8.3. Création des vues .....                   | 65        |
| IV.8.3.1. Vue racine .....                        | 66        |
| IV.8.3.2. La vue « tank mélangeur » .....         | 67        |
| IV.8.3.3. Vue « Tanks temporaire » .....          | 68        |
| IV.8.3.4. Vue « Alarmes » .....                   | 69        |
| <b>IV.9. Simulation HMI .....</b>                 | <b>70</b> |
| IV.9.1. Simulation vue d'accueil.....             | 70        |
| IV.9.2. Simulation vue « Tank mélangeur » .....   | 70        |
| IV.9.3. Simulation vue « Tanks temporaires »..... | 71        |
| IV.9.4. Simulation des alarmes. ....              | 72        |
| <b>IV.10. Conclusion .....</b>                    | <b>72</b> |
| <b>Conclusion générale .....</b>                  | <b>73</b> |

# Liste des figures

## Chapitre I Présentation de l'Entreprise

|  |    |
|--|----|
| Figure I. 1 Préparation du chocolat .....            | 4  |
| Figure I. 2 Magasin.....                             | 4  |
| Figure I. 3 Ligne de production du chocolat.....     | 5  |
| Figure I. 4 Ligne de fabrication du biscuit.....     | 5  |
| Figure I. 5: Organigramme de l'entreprise SOBCO..... | 6  |
| Figure I. 6: Ligne de production AASTED FROZEN ..... | 9  |
| Figure I. 7: Moules de chocolat .....                | 11 |
| Figure I. 8: Mélangeur .....                         | 12 |
| Figure I. 9: Machine de conchage .....               | 12 |

## Chapitre II Instrumentations utilisées

|  |    |
|--|----|
| Figure II. 1 : Agitateur industriel à ruban .....            | 15 |
| Figure II. 2: Disjoncteur Général .....                      | 17 |
| Figure II. 3: Disjoncteur moteur.....                        | 17 |
| Figure II. 4: Transformateur électrique .....                | 18 |
| Figure II. 5: Contact auxiliaire.....                        | 18 |
| Figure II. 6: Contacteurs .....                              | 19 |
| Figure II. 7: Bornier électrique.....                        | 20 |
| Figure II. 8: Relais thermique .....                         | 21 |
| Figure II. 9: Sectionneur .....                              | 21 |
| Figure II. 10: Distributeur Pneumatique .....                | 22 |
| Figure II. 11: variateur de Vitesse ABB .....                | 22 |
| Figure II. 12: Principe de fonctionnement des capteurs ..... | 23 |
| Figure II. 13: Signal et capteur analogiques .....           | 23 |
| Figure II. 14 : Signaux numériques .....                     | 24 |
| Figure II. 15: Signal TOR.....                               | 24 |
| Figure II. 16: Capteurs de poids .....                       | 25 |
| Figure II. 17: Cellule de charge MTB100.....                 | 26 |
| Figure II. 18: capteur de distance IFM O1D100 .....          | 27 |
| Figure II. 19: Bouton poussoir marche .....                  | 27 |
| Figure II. 20: Bouton arrêt d'urgence .....                  | 28 |
| Figure II. 21: Vérin pneumatique .....                       | 29 |
| Figure II. 22: Moteur asynchrone.....                        | 29 |
| Figure II. 23: Motoréducteur.....                            | 30 |
| Figure II. 24: électrovanne .....                            | 30 |
| Figure II. 25: Pompe à engrenage .....                       | 31 |
| Figure II. 26: Pompe à lobe.....                             | 32 |
| Figure II. 27: Pompe à vis.....                              | 32 |

## Chapitre III Systèmes automatisés et GRAFCET

|   |    |
|---|----|
| Figure III. 1: Système automatisé ..... | 36 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| Figure III. 2: Structure interne des APIs .....              | 37 |
| Figure III. 3: Langage FBS .....                             | 38 |
| Figure III. 4: Langage IL .....                              | 39 |
| Figure III. 5: Signes langage LADDER .....                   | 39 |
| Figure III. 6: Réseau LADDER .....                           | 40 |
| Figure III. 7: Structure du GRAFCET .....                    | 41 |
| Figure III. 8: Constitution d'un API S7-300.....             | 43 |
| Figure III. 9: GRAFCET processus mélangeur.....              | 47 |
| Figure III. 10: GRAFCET Process remplissage automatique..... | 48 |
| Figure III. 11 : GRAFCET process rinçage des tanks.....      | 49 |
| Figure III. 12: GRAFCET commande manuelle.....               | 50 |

## **Chapitre IV Programmation et supervision des tanks**

|  |    |
|--|----|
| Figure IV. 1: icône TIA PORTAL V13.....                                    | 54 |
| Figure IV. 2: Création projet TIA PORTAL .....                             | 54 |
| Figure IV. 3: Choisir une CPU.....   | 55 |
| Figure IV. 4: Vue de l'appareil et configuration.....                      | 56 |
| Figure IV. 5: Configuration réseau.....                                    | 57 |
| Figure IV. 6: Table des variables .....                                    | 57 |
| Figure IV. 7: Icône de compilation .....                                   | 58 |
| Figure IV. 8: Résultat de compilation .....                                | 58 |
| Figure IV. 9: « entrées/sorties » Logiciel PLC Sim .....                   | 58 |
| Figure IV. 10: Visualisation des réseaux.....                              | 59 |
| Figure IV. 11: Bloc séquenceur « Drum ».....                               | 59 |
| Figure IV. 12: Réseau pour l'arrêt du séquenceur .....                     | 60 |
| Figure IV. 13: étape 1 du séquenceur « pompe et EV ».....                  | 60 |
| Figure IV. 14: étape 2 du séquenceur.....                                  | 60 |
| Figure IV. 15: Réseau activation et désactivation de « pompe 1 ».....      | 61 |
| Figure IV. 16: Réseau activation et désactivation « Ev tank » .....        | 62 |
| Figure IV. 17: Principe de la supervision.....                             | 63 |
| Figure IV. 18: Écran HMI « Homme Machine Interface » .....                 | 63 |
| Figure IV. 19: Choix du HMI .....  | 64 |
| Figure IV. 20: Configuration HMI.....                                      | 64 |
| Figure IV. 21: Table des variables HMI.....                                | 65 |
| Figure IV. 22: Vues HMI.....   | 65 |
| Figure IV. 23: Vue racine « Vue d'accueil ».....                           | 66 |
| Figure IV. 24: Vue « Tank mélangeur ».....                                 | 67 |
| Figure IV. 25: Vue « tanks temporaires » .....                             | 68 |
| Figure IV. 26: Configuration des alarmes .....                             | 69 |
| Figure IV. 27: Vue d'alarmes .....   | 69 |
| Figure IV. 28: Simulation vue d'accueil avec tanks plein.....              | 70 |
| Figure IV. 29: Simulation vue « tank mélangeur » a commande manuelle ..... | 71 |
| Figure IV. 30: Simulation commande manuelle remplissage tank1 .....        | 71 |
| Figure IV. 31: Simulation des messages d'alarmes .....                     | 72 |

## Liste des abréviations

**PC** Partie Commande.

**HMI** Homme Machine Interface.

**API** Automate Programmable Industriel.

**TIA** Totally Integrated Automation

**CPU** Central Processing Unit

**OB** Organisation Bloc

**FB** Blocs Fonctionnels

**DB** Blocs de Données

**AUTO** Automatique

**MAN** Manuel

**GRAFCET** Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transition

**PLCsim** Programmable Logic Controller Simulator

**E/S** Entrée/Sorties

**AO** Analog Output

**AI** Analog Input

**DI** Digital Input

**DO** Digital output

**CIP** Cleaning in place

**RDP** Réseau de Pétri

# Introduction générale

Avec le progrès technologique à travers le monde, les entreprises industrielles donnent une importance énorme à l'automatisation des différents types de production, et les raisons de cet intérêt sont dues aux différents avantages que procure ce procédé.

L'automatisation des installations constitue un des facteurs essentiels contribuant à la croissance de la productivité, et un élément important dans l'amélioration de la sécurité du travail ainsi que la réduction des coûts de production.

Grâce au développement de l'informatique et de la microélectronique et à la fabrication de microprocesseurs de plus en plus performants, l'automatisation est assurée par des Automates Programmables Industriels (API) qui intègrent ces nouvelles technologies.

Notre projet fin d'étude consiste à automatiser et superviser le tank mélangeur de chocolat de la société SOBCO et de mettre en place un programme pour la réalisation d'une solution de conduite et de commande automatique et manuelle ainsi que la création d'un écran de supervision adaptable aux exigences de l'industrie « remplacer le système de commande par logique câblée par la commande à base d'un API SIEMENS S7-300 ».

On trouve certains postes des autres chaînes de production, utilisant en technologie câblée à base de relais et contacteurs et d'autre en « logique programmée » avec des APIs de la gamme SIMATIC S7-300.

Pour ce faire, le travail sera organisé comme suit :

- Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'entreprise et la chaîne de production.
- Le deuxième chapitre se base sur les éléments constituant le cycle de production.
- Le troisième chapitre sera consacré à l'automatisation et les API, ainsi que les langages de programmation, mode de fonctionnement et GRAFCET
- Le quatrième chapitre est réservé à la programmation et la supervision du processus.
- Une annexe pour présenter les détails du programme établis.

# **Chapitre 1**

## **Présentation de l'entreprise**

## **I.1. Introduction**

L'industrie alimentaire en Algérie actuellement est en pleine évolution. Pour cela, aujourd'hui nous voyons l'émergence de plusieurs entreprises compétentes dans ce domaine, en particulier l'entreprise SOBCO PALMARY, qui est l'entreprise mère, est spécialisée dans la fabrication des produits alimentaires (chocolats, biscuits, et confiseries...etc.). SOBCO est une branche de PALMARY, elle est spécialisée dans la fabrication du chocolat et des biscuits.

Dans ce chapitre, nous présentons l'entreprise SOBCO et son architecture puis nous allons définir les problèmes au sein de cette entreprise.

## **I.2. Présentation de l'entreprise**

L'entreprise SOBCO a été créée en 2007 et implantée dans la zone industrielle de Kharouba lot 28 et 29 à Boudouaou, dans la wilaya de Boumerdes. Son usine est répartie sur une surface de 2000 m<sup>2</sup>.

La recherche et l'innovation sont sa politique, elle invente, imagine et réalise des produits en biscuit (des biscuits fourrés avec différents goûts et formes) et en chocolat (des chocolats à pâte tartiné, des tablettes au chocolat, etc.). La distribution de ses produits se fait sur tout le territoire national et aussi à l'étranger (Maroc, Tunisie, Lybie, Côte d'ivoire, Mauritanie, Irak, Liban, Jordanie, Chine, Canada et Portugal). Actuellement, PALMARY FOOD compte 6 sites de production et est parmi les leaders de la catégorie sur le marché local avec une grande dynamique de croissance et d'expansion. Elle compte plus que 1100 employés [1].

## **I.3. L'architecture de l'entreprise**

L'usine SOBC2 se compose de quatre étages et un sous-sol pour la fabrication de ses produits et un rez-de-chaussée multiservices [1].

### **I.3.1. Sous-sol**

Un sous-sol est consacré à la préparation du chocolat et des crèmes (Figure I.1). La préparation se fait à partir d'un mélange de matières premières (cacao, graisse végétale,

lécithine, lait, arômes et sucre, etc) pour le chocolat, et additif alimentaire, farine, sucre, glucose...etc, pour le biscuit. Les mélanges obtenus sont spécifiques à SOBCO.



Figure I. 1 Préparation du chocolat

### **I.3.2. Le rez-de-chaussée**

Un rez-de-chaussée contient une administration et un magasin (figure I.2). Il est réservé pour le stockage des cartons d'emballages et les matières premières (le sucre, la farine et d'autres matières). Il contient aussi une salle de sécurité. Une partie de cet étage est consacrée à la fabrication des gaufrettes tartinées.



Figure I. 2 Magasin

### I.3.3. Le premier étage

Cet étage est dédié à la fabrication de différents produits des chocolats (moulage et démoulage, emballage...etc.) avec trois lignes de fabrication, chaque ligne est spécifiée d'un modèle de chocolat, (Tablette végécao, tablette au chocolat véritable ...etc.), et un cuiseur de caramel et une zone pour le raffinage du chocolat (le lissage du chocolat) comme illustre la figure ci-dessous. (Voir figure I.3).



Figure I. 3 Ligne de production du chocolat

### I.3.4. Le deuxième étage

Cet étage est dédié à la fabrication de différents produits des biscuits (la cuisson des biscuits. Tartiner les biscuits etc.), avec 2 lignes de fabrication (figure I.4), chaque ligne est spécifiée d'un modèle de biscuit (sandwich, génoise, cookies ...etc.).



Figure I. 4 Ligne de fabrication du biscuit

### I.4. Organigramme de l'entreprise

L'organisation de l'entreprise SOBCO peut être présentée par la figure suivante :

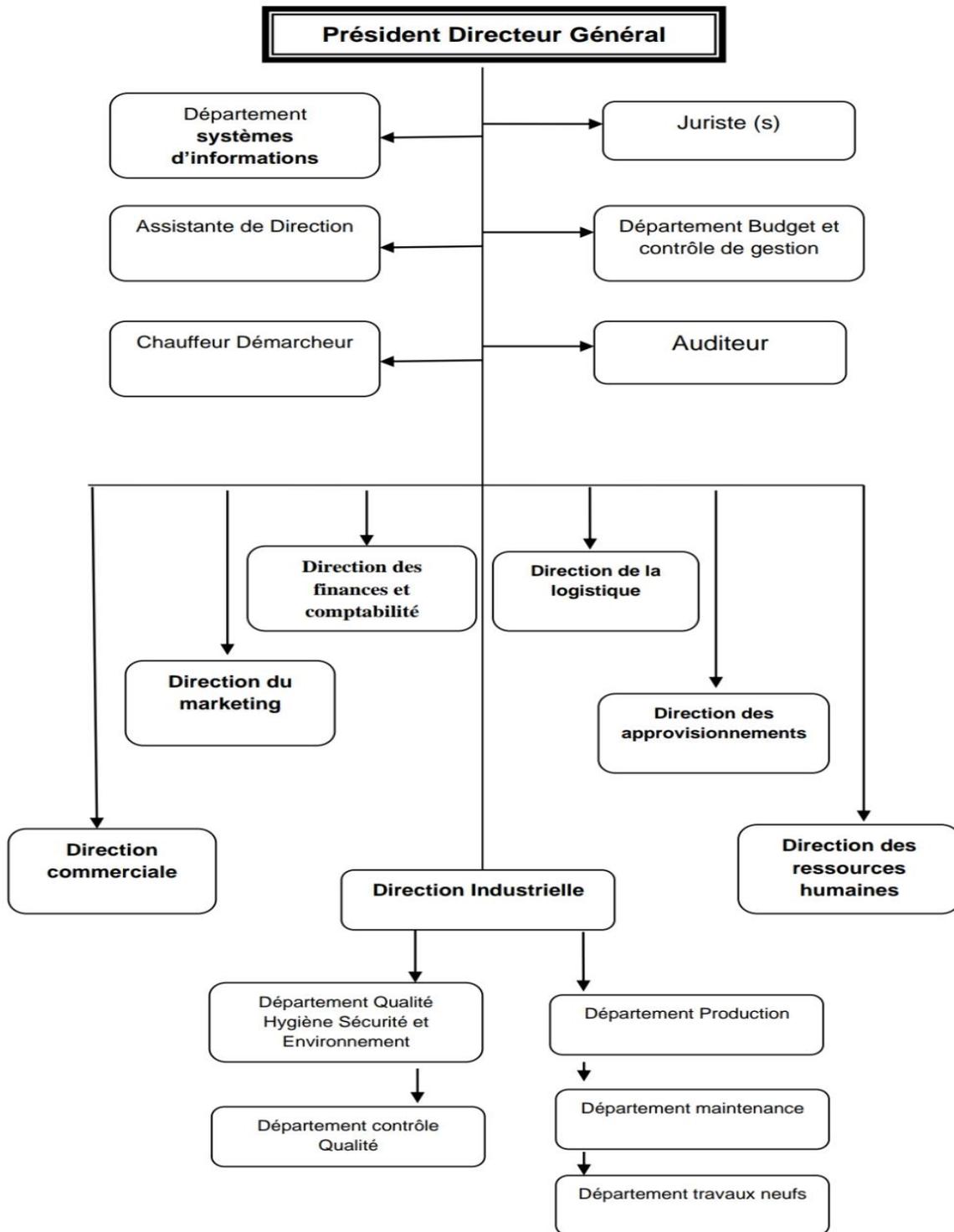


Figure I. 5 Organigramme de l'entreprise SOBCO

## **I.5. Les différentes directions**

L'entreprise est subdivisée en sept directions, chacune d'elles est chargée d'assurer ces principales missions [1] :

### **I.5.1. Direction des Approvisionnement (DA)**

- Formalise et fait approuver la politique d'approvisionnements de l'entreprise.
- Définit et veille à l'application des procédures de travail en matière d'approvisionnements.
- Veille à la conclusion de contrats et/ou conventions d'approvisionnements avec les fournisseurs sélectionnés, en s'assurant des meilleures conditions de prix, de délais et de qualité en faveur de l'entreprise.
- Assure une veille permanente du marché, lance les alertes qui s'imposent et prend les mesures préventives nécessaires afin d'éviter à l'entreprise des ruptures préjudiciables.
- Etablit les rapports d'activités périodiques et occasionnels de sa structure.

### **I.5.2. Direction des Finances et comptabilités (DFC)**

- Définit, formalise et fait approuver la politique financière et comptable de l'entreprise.
- Définit les procédures de travail de la direction des finances et de la comptabilité et veille à leur application stricte.
- Veille à l'édition des documents comptables légaux et périodiques (TCR, Bilan, etc.....) et s'assure de leur diffusion contrôlée. Supervise les travaux de clôture comptable, mobilise les structures pour communiquer les pièces comptables dans les délais impartis et s'assure de l'exhaustivité et de la conformité du bilan comptable de l'entreprise.
- Veille au respect des dispositions fiscales légales et réglementaires et s'assure de la tenue à jour des déclarations.
- Veille à la gestion rigoureuse de la caisse centrale de l'entreprise et s'assure du respect des procédures y afférentes.
- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure.

### **I.5.3. Direction Commerciale (DC)**

- Définit, formalise et fait approuver la stratégie de commerciale de l'entreprise.
- Définit la configuration du réseau commercial.
- Veille au bon déroulement des activités de facturation et de recouvrement.

- Veille à l'établissement des statistiques et des analyses des ventes et lance les actions correctives et de progrès.
- Etablit les rapports d'activité périodique et occasionnels de sa structure.
- Identifie et dimensionne les moyens humains, matériel est équipements nécessaires pour l'exécution de la vente et la réalisation des objectifs assignés.
- Veille à la gestion et à la préservation des moyens et des équipements mis à disposition, conformément aux procédures et dispositions en vigueur.

#### **I.5.4. Direction des Ressources Humaines (DRH)**

- Définit, formalise et fait approuver la politique des ressources humaines et le système des valeurs partagées de l'entreprise.
- Définit, fait approuver et assure l'implémentation de l'organisation de l'entreprise (Macro et microstructures).
- Assure l'animation des relations sociales avec les partenaires sociaux de l'entreprise.
- Assure l'animation et la coordination de l'activité des moyens généraux.

#### **I.5.5. Direction de la Logistique (DL)**

- Définit, formalise et fait approuver la politique de l'entreprise en matière de logistique (Magasin, GDS, moyens manutention, transporte maintenance).
- Définit les procédures de travail inhérente à l'activité logistique et veille à leur application rigoureuse.
- Veille à la gestion rationnelle de la maintenance curative, en utilisant judicieusement les capacités propres et celles à sous-traiter.
- Elabore les analyses relatives à l'activité logistique et établit les rapports d'activité y afférents.
- S'assure en permanence de la disponibilité et de la programmation des moyens humains et matériels nécessaires pour assurer des prestations logistiques optimales.
- Veille à la tenue conforme des magasins et à la gestion rationnelle des produits et matières s'y trouvant.

#### **I.5.6. Direction Marketing (DM)**

- Définit, formalise et fait approuver la stratégie de marketing et de communication de l'image de marque de l'entreprise.
- Veille à la présence optimale et permanente de la marque au niveau du réseau commercial.

- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure
- Supervise les études et les analyses de marchés.
- Initie et veille à l'animation permanente du réseau commercial de l'entreprise.

### **I.5.7. Direction Industrielle (DI)**

- Définit, formalise et fait approuver la stratégie industrielle de l'entreprise.
- Assure une coordination permanente avec les structures supports pour atteindre les objectifs de production tracés et agir par anticipation sur les dysfonctionnements constatés.
- Veille à l'application stricte des règles d'Hygiène, de Sécurité, de Santé et d'Environnement dans l'usine de production.
- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure.
- Veille à la disponibilité des installations et des équipements de production, dans les conditions optimales d'efficacité et de conformité avec les normes et standards du constructeur.
- Veille au suivi des rendements des lignes de production, des pertes des matières et intrants et à la formalisation des analyses correspondantes.

## **I.6. La ligne de production de chocolat Aasted Frozen**

La ligne de production du chocolat liquide est présentée par la figure I. 6. « Chocolat emballé et prêt à la commercialisation » [1].

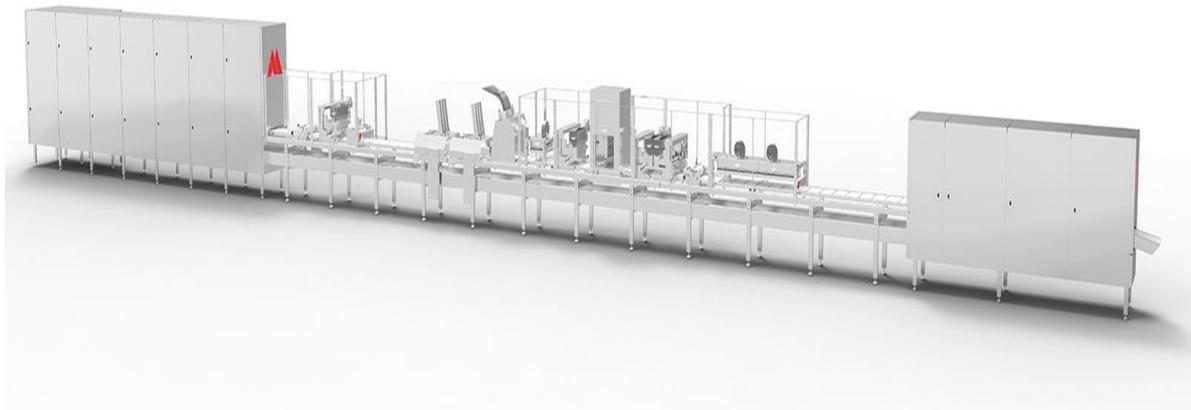


Figure I. 6: Ligne de production AASTED FROZEN

-**Préchauffage** : la première étape de la ligne de production, son rôle est de chauffer les moules de chocolat.

-**Dépositeur** : il dépose le chocolat dans les moules chauffés.

-**La coquille** : cette partie consiste à renverser les moules de chocolat pour définir la coque du chocolat.

-**Racleur (raclette)** : le racleur nettoie le chocolat débordé sur les moules.

-**Réfrigérateur 1** : refroidir la coquille du chocolat sur les moules.

-**Dépositeur 2** : il dépose les crèmes du fourrage (caramel, crème à la vanille..etc ).

-**Vibreux** : un vibreur que le caramel mis sur les moules soit dispatché sur tout le moule.

-**Réfrigérateur 2** : refroidir le chocolat et la crème dans les moules.

-**Dépositeur 3** : déposer le chocolat de finition.

-**Racleur de finition** : une raclette pour nettoyer le chocolat débordé sur les moules finis.

-**Réfrigérateur 3** : Refroidir les tablettes de chocolat finis.

-**Machine de démoulage** : son rôle est d'enlever les tablettes de chocolat des moules.

-**Convoyeur et vérin** : pour évacuer les tablettes de chocolat cassées ou mal formées.

-**Machine de conditionnement** : assure l'emballage des tablettes de chocolat.

-**Ramassage** : ramassage du produit finis dans des cartons par des agents de production.

-**Scotcheuse** : un dispositif qui assure le conditionnement et la fermeture des cartons.

-**dateur et balance** : mettre la date de production et peser les cartons.

-La figure I.7 présente des moules de chocolat.



Figure I. 7 : Moules de chocolat

## I.7. Eléments de la préparation du chocolat

### I.7.1. Broyeur

Le rôle du broyeur consiste à broyer les fèves de cacao avec des cylindres d'acier afin d'obtenir une masse appelée « **masse de cacao** ». La granulométrie de la pâte est d'une taille comprise entre 20 et 25 micromètres. Le pressage sépare ensuite la partie liquide, le beurre de cacao, et la partie solide, le tourteau. Le tourteau est passé à travers le tamis afin d'obtenir la poudre de cacao [2].

### I.7.2. Le malaxeur (Mélangeur)

Le malaxeur est une cuve dotée d'un agitateur monté pour mélanger la pâte de cacao avec du beurre de cacao et du sucre et éventuellement la poudre de lait. Les mélangeurs industriels pour poudres, granulés et produits vrac sont utilisés dans de nombreuses industries : chimique, agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique, nutrition animale, etc lors des processus de fabrication comme, par exemple, la fabrication d'arômes, de colorants alimentaires, de peintures, d'encre ou encore le traitement de polymères, silicones, lubrifiants et adhésifs. Les opérations de mélange sont requises à de très nombreuses étapes des procédés industriels [3].

Le choix et le dimensionnement d'un agitateur sont complexes. Sa conception prend en compte trois critères :

- La nature des produits vrac à mélanger
- L'objectif du mélange
- Le type de processus (environnement).

-Le choix d'un mélangeur dépendra du nombre de phases en présence. Les mélangeurs industriels peuvent être de plusieurs types : mécaniques, statiques, à cuve tournante, avec injection de liquide. Ils sont équipés d'une motorisation « avec réducteur de vitesse », d'un mécanisme de guidage de l'arbre, d'un arbre et d'un outil de mélange [3].

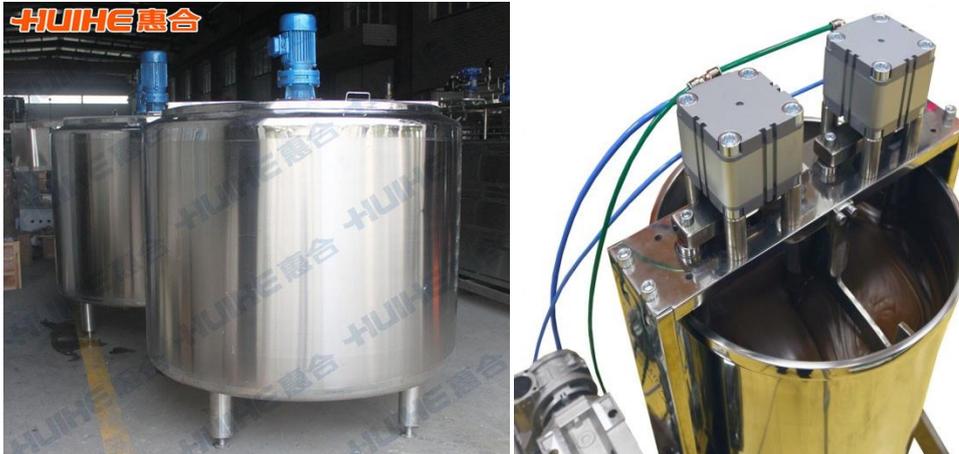


Figure I.8: Mélangeur

### **I.7.3. La machine de conchage choc**

La machine de conchage de raffinage de chocolat est la machine principale pour le processus de chocolat, également adaptée au broyage de l'huile liquide et des matériaux chimiques à usage quotidien, le temps de conchage est d'environ 6 heures, la finesse du matériau peut atteindre 20 micromètres [1].

La machine de conchage de chocolat (figure I.9) présente l'avantage d'une structure compacte, d'une opération facile, d'un faible investissement, très utilisée dans les usines de bonbons et les usines de fabrication de chocolat.



Figure I. 9 : Machine de conchage

Après l'étape du conchage, le chocolat doit être tempéré afin qu'il soit utilisable dans les tanks de la ligne de production.

## **I.8. Problématique**

Dans cette étape de préparation de chocolat, le processus se fait manuellement pour certains ingrédients et le système de remplissage des tanks temporaires est branché en logique câblée. Avec tous les inconvénients que présentent, tel que la durée de vie limitée et les pannes dues à l'usure des contacteurs et le changement complexe et coûteux des processus. La solution proposée est d'établir un système automatisé avec API et capteurs analogiques afin de rendre le cycle de production plus fluide et moins coûteux et pouvoir préparer plusieurs recettes dans la même cuve et donner plus de précision pour le processus de remplissage automatique « avec possibilité de changer les niveaux max » sans dépenses supplémentaires et sans devoir toucher au câblage.

# **Chapitre 2**

## **Instrumentations utilisées**

## II.1. Introduction

Les secteurs de l'alimentation, des boissons, de la boulangerie et de la chimie ont souvent besoin de mélanger divers ingrédients bruts pour ajouter de la valeur à leur produit final. Les étapes de mélange et de malaxage représentent ainsi des étapes importantes d'un process industriel. Les fabricants d'ingrédients préparés, de chocolat et d'arômes, d'herbes aromatiques, cherchent à mélanger une variété de matières vrac avec une répétabilité précise sans pour autant faire de compromis sur leur saveur ou leur apparence. Dans ce chapitre nous allons voir les différents types des agitateurs industriels, capteurs, préactionneurs et actionneurs et les appareils de protection électrique utilisé dans le domaine industriel.

## II.2. Agitateur industriel

Un agitateur industriel (figure II.1) est un outil qui se base sur l'agitation pour mélanger des liquides de faible intensité ou des solides ajoutés dans un mélange. Les principales fonctions des agitateurs industriels peuvent être le maintien, l'homogénéisation, l'échange thermique, la dissolution ou la dispersion [4].



Figure II. 1 : Agitateur industriel à ruban

### **II.2.1. L'agitateur industriel dans l'industrie**

Les agitateurs sont essentiels à l'élaboration de produits finis dans bien des secteurs industriels. Dans l'industrie agroalimentaire par exemple, les cuves « mélangeurs » sont essentielles à la fabrication de produits laitiers, de jus de fruit, etc... L'étape du mélange doit se dérouler en évitant toute modification de la texture ou de la qualité des ingrédients. Dans l'industrie de l'alimentation, l'enjeu est de s'assurer que l'équilibre du mélange de produits est bien respecté [4].

#### **Le principe de fonctionnement d'un agitateur industriel**

Les industries qui élaborent un produit par mélange (l'industrie chimique, le traitement de l'eau, la pharmaceutique, etc.) ont recours à l'utilisation des agitateurs ou mélangeurs industriels. Le mélangeur industriel, aussi appelé pétrin ou malaxeur, situé dans une cuve de mélange industriel en acier inoxydable, permet de pétrir une grande quantité de matières premières. Le type de malaxeur mélangeur varie selon la phase du produit (liquide, solide ou gazeuse) ; ou selon sa viscosité. Il existe plusieurs outils de malaxage : l'agitateur mécanique rotatif, le mélangeur statique, à cuve tournante type bétonnière... etc [4].

-Il existe plusieurs types d'agitateurs avec des caractéristiques différentes. On trouve ci-dessus quelques types [4]:

### **II.2.2. Agitateurs industriels à turbine**

Ils produisent un flux radial considérable. Par conséquent, ils sont largement utilisés pour tous les types de mélanges, notamment ceux qui nécessitent la manipulation de liquides ou de gaz à viscosité variable, ainsi que les réactions fluides.

### **II.2.3. Mélangeurs industriels à hélice**

Ils sont très performants pour les mélanges simples. Leur fonction est de mélanger les fluides de moyenne et faible viscosité, tout en améliorant l'uniformité des mélanges.

### **II.2.4. Agitateurs industriels à pales**

Ils ont une structure simple. Ils sont utilisés pour les travaux qui exigent un écoulement laminaire uniforme. Ils sont excellents pour les basses vitesses et pour la mise en œuvre d'un mélange à haute puissance

## II.3. Les principaux éléments d'un automatisme

### II.3.1. Les prés actionneurs

Ce sont les éléments intermédiaires, d'une part entre la commande et les actionneurs, de l'autre part entre la source d'alimentation et les actionneurs. Leur rôle est la gestion des signaux et de l'énergie.

### II.3.2. Disjoncteur général

Le disjoncteur est un dispositif qui assure la protection de l'installation contre les surcharges, les courts circuits et les défauts d'isolement (figure II.2). Il fonctionne de la même façon qu'un interrupteur, mais il se déclenche automatiquement. Tous les circuits électriques et tous les appareils sont reliés à un disjoncteur du tableau électrique qui les protège des courts-circuits. Quand le disjoncteur saute, il va falloir rechercher le problème avant de le réarmer [5].

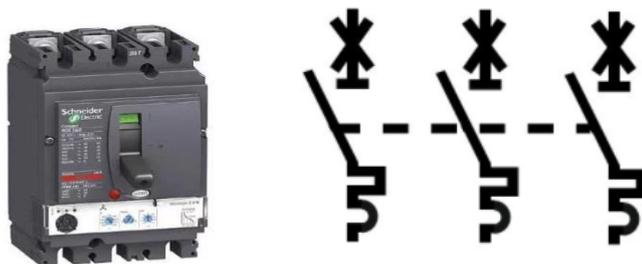


Figure II. 2: Disjoncteur Général

### II.3.3. Disjoncteur moteur

Le disjoncteur magnétothermique (figure II.3) protège le moteur contre les courts-circuits. Ils sont à des relais de protection thermique pour prémunir contre les surcharges [6].



Figure II. 3: Disjoncteur moteur

### II.3.4. Transformateur

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme [5]. (Voir figure II.4)



Figure II. 4: Transformateur électrique

### II.3.5. Contact auxiliaire

Le bloc de contact auxiliaire (figure II.5) est un appareil mécanique de connexion qui s'adapte sur les contacteurs. Il permet d'ajouter de 2 à 4 contacts au contacteur.

Les contacts sont prévus pour être utilisés dans la partie de commande des circuits. Ils ont la même désignation dans les schémas que le contacteur sur lequel ils sont installés (KA, km...) [6].



Figure II. 5: Contact auxiliaire

### II.3.6. Les contacteurs

Un contacteur (figure II.6) se compose d'une bobine et des contacts mobiles. Lorsque la bobine est alimentée en courant par ordre de la partie commande, l'armature est attirée et remet les contacts en fermeture. Lorsque la tension aux bornes A1 et A2 est supprimée, les contacts retombent sous l'action du ressort [5].

-le contacteur se constitue de [5]:

- Une Bobine.
- De 2 à 4 contacts de puissance ou pôles
- Un circuit magnétique constitué d'un aimant fixe et d'un aimant mobile.
- Un ressort de rappel.
- Des contacts auxiliaires ouverts ou fermés.
- Une bague de déphasage qui stabilise les vibrations des bobines alimentées en courant alternatif.



Figure II. 6: Contacteurs

#### II.3.6.1. Fonctionnement d'un contacteur

La bobine du contacteur (bornes A1,A2), peut-être alimentée en courant continu ou en courant alternatif (24V,48V,110V,230V,400 V). Lorsque la bobine est alimentée, un champ magnétique se forme, la partie mobile de l'armature sera attirée contre la partie fixe et les contacts se ferment

### II.3.6.2. Critères de choix d'un contacteur

-Le choix d'un contacteur est lié aux [5]:

- La tension de commande de la bobine du contacteur.
- La puissance consommée par le récepteur.
- La tension d'alimentation du récepteur.
- Nombre de contacts de puissances (1,2,3,4).
- Pouvoir de coupure, courant maximal que le contacteur peut supporter.

### II.3.7. Le bornier électrique

Le bornier électrique (figure II.7) est un élément très utile pour toutes les installations électriques, car il va permettre de connecter les différentes parties d'une installation électrique (commande et puissance) [6].



Figure II. 7: Bornier électrique

Dans la suite, nous allons citer aussi les appareils de protection et de sécurités électriques suivants :

### II.3.8. Les relais de protection thermique

Un relais thermique (figure II.8) est un appareil de protection, il coupe le circuit de commande par l'intermédiaire de leurs contacts auxiliaires. En effet, les bilames (les deux lames du relais) détectent l'augmentation de chaleur et donnent l'information aux contacts auxiliaires de s'ouvrir. Ces contacts étant placés convenablement dans le circuit de commande, vont couper l'alimentation de la bobine du contacteur qui ouvre les pôles de puissances et vont interrompre le passage de l'énergie électrique au travers du récepteur (moteurs... Etc) [7].



Figure II. 8: Relais thermique

### II.3.9. Les sectionneurs

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion, capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est faible ou pratiquement nul, afin d'isoler la partie de l'installation en aval de sectionneur. (Voir figure II.9)

Les contacts principaux permettent d'assurer le sectionnement de l'installation, c'est une fonction de sécurité obligatoire. Les contacts auxiliaires permettent de couper le circuit de commande des contacteurs avant l'ouverture des pôles de sectionneurs, ce qui évite la coupure en charge. De même à la mise sous tension, le circuit de commande n'est fermé qu'après la fermeture des pôles de sectionneur [7].



Figure II. 9: Sectionneur

### II.3.10. Les distributeurs

Un distributeur (figure II.10) est un organe dont le rôle est d'établir ou d'interrompre la communication entre les réservoirs (du fluide ou d'air comprimé) et les vérins. Il existe des distributeurs «hydrauliques ou pneumatiques» commandés électriquement (par des électrovannes), ou par pilotage hydraulique, ils sont utilisés pour la commande des vérins [7].

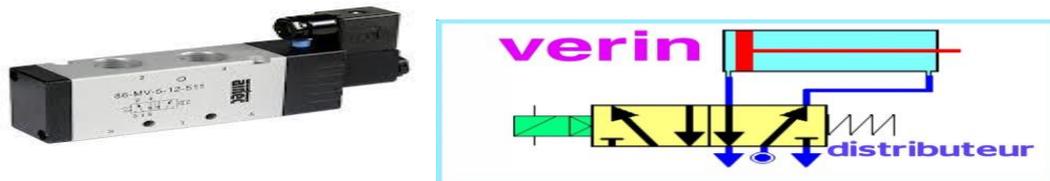


Figure II. 10: Distributeur Pneumatique

#### -Fonction du distributeur

Comme les contacteurs associés à des moteurs électriques, le distributeur est le pré-actionneur associé à un vérin pneumatique « actionneur ». Le distributeur comporte un coulisseau ou « tiroir » qui se déplace dans le corps du distributeur. Il permet de fermer ou d'ouvrir les orifices par où circule l'air.

### II.3.11. Variateur de vitesse

C'est un dispositif électronique destiné à commander et contrôler la vitesse d'un moteur électrique. En agissant sur la fréquence des courants statoriques et ceci selon le besoin de fonctionnement. Le variateur de vitesse (figure II.11) est composé d'un pont redresseur, d'un filtre et d'un onduleur [5].



Figure II. 11: variateur de Vitesse ABB

### II.3.12. Capteurs

Les capteurs sont les éléments indispensables à la détection des grandeurs physiques. Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente « signal électrique ». Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande [5].

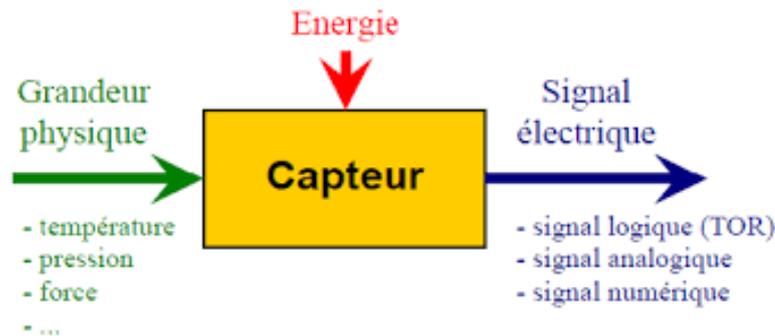


Figure II. 12: Principe de fonctionnement des capteurs

On peut classer les capteurs en 3 groupes en fonction de la nature de l'information délivrée en sortie [5]:

#### II.3.12.1. Les capteurs analogiques

Dans la pratique industrielle, on donne à ce type de matériel le nom de capteurs. Le type de signal de sortie : 0 – 10V ou 4 – 20mA.

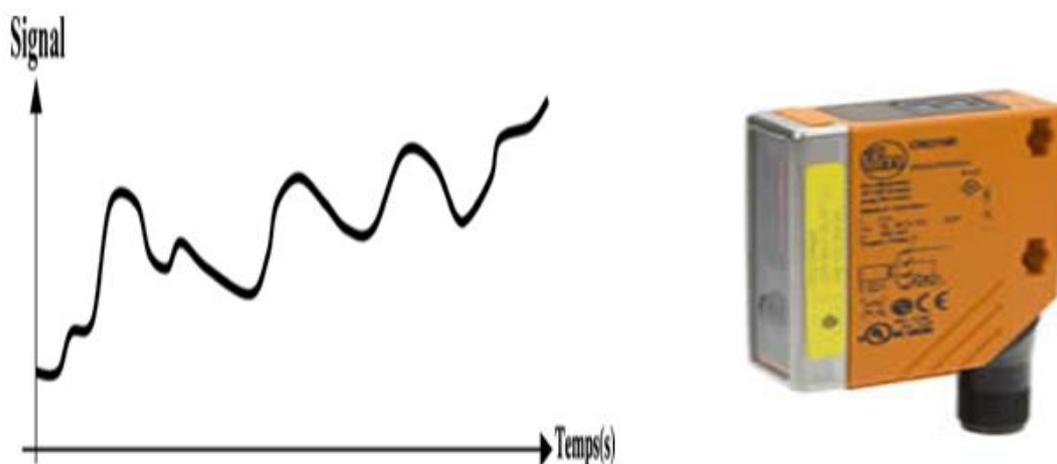


Figure II. 13: Signal et capteur analogiques

### II.3.12.2. Les capteurs numériques

Ils sont souvent nommés codeurs ou compteurs. Le type de signal de sortie : 0 ou 1.



Figure II. 14 : Signaux numériques

### II.3.12.3. Les capteurs logiques ou Tout Ou Rien (TOR)

Souvent utilisés comme « détecteurs de mouvement ». Le type de signal de sortie est par exemple : 0V-5V ou 0V-10V.

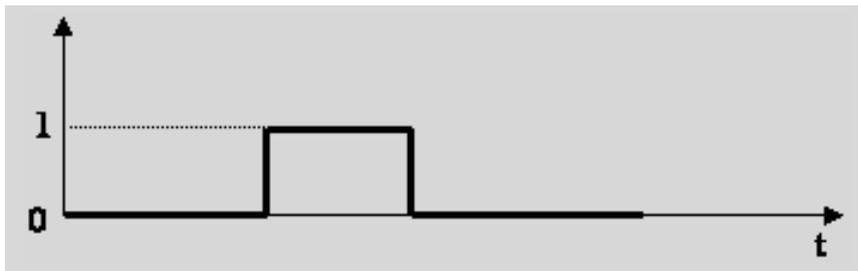


Figure II. 15: Signal TOR

### II.3.12.4. Choix d'un capteur

Tous les capteurs dont les fonctionnements ont été décrits précédemment présentent deux parties distinctes. Une première partie qui a pour rôle de détecter un événement « fin de course, présence » et une deuxième partie qui a pour rôle de traduire événement en un signal « capteur de niveau analogique » compréhensible d'une manière ou d'une autre par une partie PC. Pour choisir un capteur convenable, il faudra définir tout d'abord [5]:

- le type de l'événement à détecter,
- la nature de l'événement
- La grandeur de l'événement,
- l'environnement de l'événement.

En fonction de ces paramètres on pourra effectuer plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de choisir précisément le capteur à utiliser :

- Ses performances.
- L'encombrement.
- La fiabilité « MTBF » « Mean Time Between Failure ».
- La nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique).
- Son prix.

Dans notre projet, on va utiliser les capteurs de poids ainsi que les capteurs de niveau laser (analogiques) afin de pouvoir élaborer le programme du mélangeur.

### II.3.12.5. Capteur de force ou de poids

Un capteur de force (ou d'effort) est un dispositif utilisé pour convertir une force (par exemple un poids) appliquée sur un objet en signal électrique. Le capteur est généralement muni de plusieurs jauges de déformation connectées en un pont approprié « Boitier ». (Voir figure II.16)

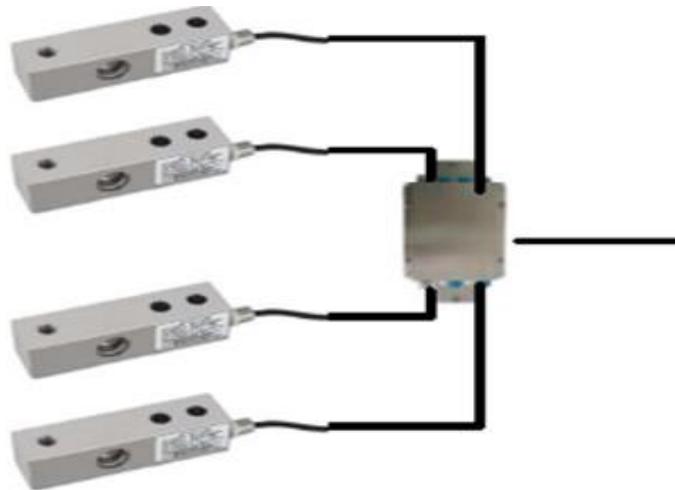


Figure II. 16: Capteurs de poids

Ces capteurs sont utilisés comme des balances industrielles. La balance est un instrument qui mesure le poids. Dans notre application, cette balance est composée de cellule de charge, placées au dessous des pieds du tank et reliés à un boîtier, qui donne l'information pour traiter le signal de sortie [8].

Une cellule de charge à jauge de contrainte est un transducteur qui convertit une force mécanique en signaux électriques. La jauge est constituée d'une piste résistive collée sur un support en résine. Le tout est collé sur le corps dont on veut mesurer la déformation [8].

### **II.3.12.6. Cellule de charge MTB100**

Pour le pesage du tank mélangeur, on a utilisé la cellule de charge « modèle- MTB100 » (figure II.17) comme une balance industrielle, dont les caractéristiques sont les suivantes [9]:

- Charge nominale de 5 kg à 4400 kg.
- construction en acier.
- protection de l'environnement ip68 (Totalemment protégé contre les poussières, Protection contre la submersion).
- trou sans visibilité unique de chargement.
- calibrage dans mV/v.
- un facteur de division allant jusqu'à 15.000 divisions.
- Montage simple et rapide.



Figure II. 17: Cellule de charge MTB100

### **II.3.12.7. Capteur de distance IFM O1D100**

Pour le contrôle du niveau des tanks, on utilise le capteur de distance laser O1D100 (figure II.18) a une portée de 0,2 à 10 m. Grâce au boîtier métallique robuste et compact, à l'indice de protection élevé IP67 ainsi qu'à la détection précise d'objets, le capteur de distance laser O1D100 avec connecteur M12 est idéal pour le contrôle de position dans les systèmes d'alimentation en matériaux et la surveillance de présence de composants d'une grande distance. On cite quelques avantages de ces capteurs [10]:

- Mesure optique de la distance fiable avec une portée élevée de 10 m max.
- Deux sorties de commutation dont une programmable comme sortie analogique.
- Plage de mesure évolutive et fonction de fenêtre réglable.
- Utilisation dans des applications avec occultation de l'arrière-plan.
- Très bon rapport qualité-prix.



Figure II. 18: capteur de distance IFM O1D100

### II.3.13. Les voyants

Les voyants indiquent l'état du circuit. Ils permettent d'indiquer le bon fonctionnement électrique d'un appareil ou d'un circuit électrique, afin de savoir s'ils sont en marche ou à l'arrêt.

### II.3.14. Les Boutons

#### II.3.14.1. Boutons poussoirs marche/arrêt

Il en existe deux types : les boutons poussoirs à fermeture et les boutons poussoirs à ouverture. Ils servent à ouvrir ou fermer un circuit électrique. Dès qu'on les relâche ils reviennent à leur position initiale [11].



Figure II. 19: Bouton poussoir marche

Dans un bouton normalement ouvert, le circuit électrique est fermé quand on appuie sur le bouton, on parle du bouton marche. Dans un bouton normalement fermé, le circuit électrique est ouvert quand on appuie sur le bouton, on parle du bouton arrêt [11].

### **II.3.14.2. Boutons arrêt d'urgence**

Un bouton-poussoir arrêt d'urgence (figure II.20) est une commande de commutation, ou interrupteur, qui assure un arrêt sécurisé complet des machines et la sécurité des personnes qui les utilisent.



Figure II. 20: Bouton arrêt d'urgence

### **II.3.14.3. Bouton sélecteur**

C'est un commutateur qui permet de basculer une ou plusieurs bornes simultanément sur différentes positions. Par exemple : Commutateur : Automatique/ Manuel.

- **Position « Manuel »** : elle permet la commande manuelle d'un système.
- **Position « automatique »** : elle permet la commande automatique d'un système.

## **II.4. Les actionneurs**

### **II.4.1. Vérin**

Le vérin est un appareil à vis placé sous des charges pour le soulever sur une faible course ou pour les soutenir (figure II.21). C'est un appareil qui est composé d'un cylindre, dans lequel se déplace un piston à l'aide d'une pression hydraulique ou pneumatique, et d'une tige solidaire du piston, qui peut pousser ou tirer une charge située à l'extérieur du cylindre. La pression du fluide peut s'exercer d'un seul ou des deux cotés du piston, le vérin est dit à simple effet ou à double effet [12].



Figure II. 21: Vérin pneumatique

### II.4.2. Moteur asynchrone

Le moteur asynchrone, connu également de machine à induction, est une machine électrique à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor (figure II.22). Comme les autres machines électriques « machine à courant continu, machine synchrone », la machine asynchrone est un convertisseur électromécanique qui se base sur l'électromagnétisme permettant la conversion d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant électrique « alternatif » et un dispositif mécanique [13].



Figure II. 22: Moteur asynchrone

### II.4.3. Motoréducteur

Le motoréducteur (figure II.23) est un appareil doté d'un moteur électrique triphasé ou monophasé et d'un réducteur. Son principe de fonctionnement est de réduire la vitesse de sortie tout en augmentant le couple grâce à un système de pignons. Il simplifie la transmission poulie / courroie. L'usage d'un réducteur permet de réduire la vitesse de rotation des moteurs électriques qui sont généralement de 1500 tr/min, afin d'obtenir des vitesses finales désirées [14].



Figure II. 23: Motoréducteur

#### II.4.4. Electrovanne

Une électrovanne est un moyen simple et économique pour piloter les réseaux de fluide à distance grâce à un signal électrique. Les fonctions courantes pour lesquelles une électrovanne peut être utilisée sont : l'alimentation à distance, la distribution par dérivation, la mise à l'air, le sectionnement de tuyauterie, la fonction de by-pass, la purge des réservoirs et des tuyauteries. Il existe deux types d'électrovannes : tout ou rien et proportionnelle « régulations » [12].

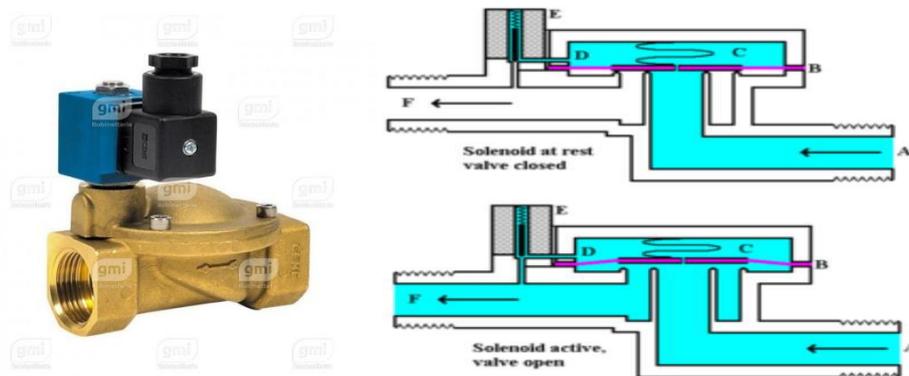


Figure II. 24: électrovanne

#### II.4.5. Pompe à engrenages

Appelée « pompe volumétrique à engrenages monobloc », elle est conçue pour le transfert de liquides visqueux et privés de substances solides en suspension (figure II.25). La pompe à engrenages rotatifs internes utilise un principe de déplacement positif. La pompe est équipée d'un carter dans lequel sont logés un double engrenage (un rotor à engrenages externes et un pignon à engrenages internes) et un croissant. Lorsque l'engrenage

du rotor tourne, l'engrenage du pignon est entraîné et ses dents s'engrènent en conséquence. L'espace créé entre ces engrenages et l'action d'engrènement facilitent l'aspiration et le déplacement du fluide. La forme en croissant permet de décaler l'engrenage et d'assurer l'étanchéité entre les orifices d'aspiration et de refoulement [15].



Figure II. 25: Pompe à engrenage

### **-Applications des pompes à engrenages rotatifs internes**

Généralement, une pompe à engrenages rotatifs internes est très efficace dans la manipulation de fluides visqueux " propres ". Les pompes à engrenages sont également utilisées couramment pour les fluides à faible viscosité nécessitant un débit constant à haute pression, comme la manipulation et le déplacement des certains produit liquides [15].

- Chocolats
- Bitume et goudron
- Carburants et lubrifiants
- graisses et huiles
- Résines et polymères
- Solvants Savon et produits d'hygiène corporels

### **II.4.6. Pompe à lobe**

La pompe à lobes est un type de pompes volumétriques (figure II.26). Grâce à leur grandes qualités sanitaire, leur rendement, leur fiabilité et leur résistance à la corrosion, les pompes à lobes sont utilisées dans différent domaines de l'industrie « chimique, alimentaire, pharmaceutique, biotechnologie. ». Il existe plusieurs formes de pompes à lobes : mono lobe, bi-lobe, tri-lobe et multi lobe. Les pompes à lobes ont une très grande utilité et permettent de pomper des liquides avec des solides, pates, ou liquides plus visqueux [16].

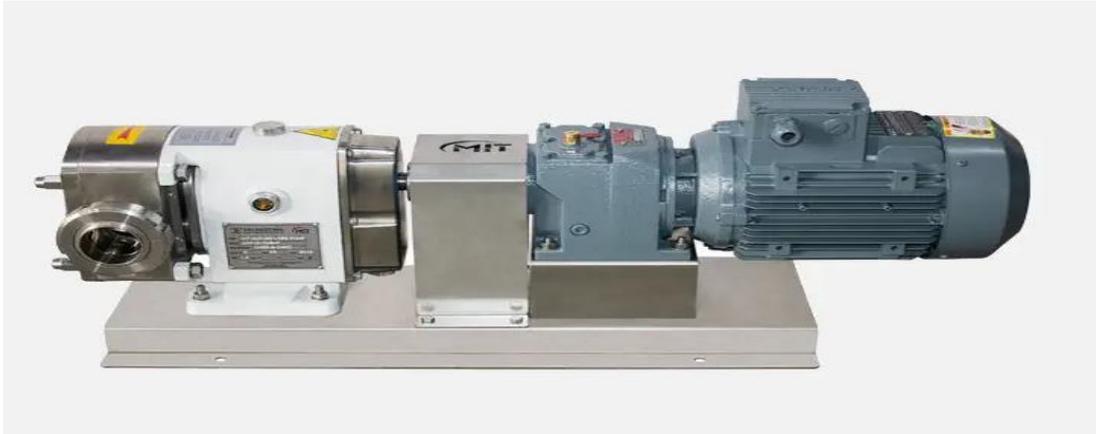


Figure II. 26: Pompe à lobe

### II.4.7. Pompe à vis

La pompe à vis est une pompe volumétrique qui permet de régler le débit d'un liquide en fonction du débit d'immersion à la base de la vis. Il existe des pompes à vis excentrée et des pompes à vis sans fin. Les principaux éléments de ces pompes sont le rotor en acier inoxydable et une vis à section circulaire avec un filetage simple ou double, et un stator en élastomère ou caoutchouc qui est vulcanisé à l'intérieur d'un tube en acier. Le mouvement de rotation du rotor à l'intérieur du stator met en action le pompage [17].



Figure II. 27: Pompe à vis

#### -Avantages de la pompe à vis

La pompe à vis réunit de nombreuses caractéristiques avantageuses d'autres solutions à pompes : comme la pompe centrifuge, elle est dotée de soupapes de refoulement et d'aspiration, et comme la pompe à piston, la pompe à cavité progressive dispose d'une excellente vitesse de pompage. Le débit est constant et dépend de la vitesse de

rotation. Comme la pompe à vis ou à engrenages, elle vient à bout de matériaux à haute viscosité, granulométrie élevée, fibreux, et de produits non homogènes et abrasifs.

Le plus grand avantage de la pompe à vis est d'avoir la possibilité d'atteindre une vitesse de travail très élevée en obtenant une grande qualité de surface et en limitant l'effort physique grâce à une application mécanique. Avec l'utilisation des pompes à vis, la qualité du travail ne baisse pas, bien au contraire. Plus la surface est grande plus le gain de temps et les économies de produit sont importantes [17].

## **II.5. Conclusion**

Dans ce deuxième chapitre, nous avons découvert quelques généralités sur les agitateurs industriels. Nous avons également présenté les différents « capteurs, préactionneurs, actionneurs » qui sont nécessaires pour le processus de malaxage. Ce qui va faciliter la compréhension du mode et cycle de fonctionnement afin d'apporter des solutions convenables qui pourront développer le modèle de conduite de l'étape du malaxage de chocolat.

# **Chapitre 3**

**Systemes automatisés et  
Grafcet**

### **III.1. Introduction**

L'automatisation des systèmes de production est développée pour réduire le coût et la complexité des installations électriques et industrielles, de minimiser l'intervention de l'homme dans les processus de fabrication et d'assurer une plus grande précision et fluidité avec un maximum d'économie. Dans ce chapitre nous présentons des généralités sur l'architecture des Automates Programmables Industriels ou API et les langages de programmation.

### **III.2. Structure d'un système automatisé**

Tout système automatisé peut se décomposer en deux parties :

#### **III.2.1. Partie opérative**

Agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les actionneurs « moteurs, vérins » agissent sur les effecteurs « les outils » du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les capteurs et détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système [5].

#### **III.2.2. Partie commande**

La PC donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Les préactionneurs permettent de commander les actionneurs afin d'assurer le transfert d'énergie entre la source d'énergie « réseau électrique, pneumatique.. » et les préactionneurs «distributeur, contacteur ».

Ces préactionneurs sont commandés à leur tour par un bloc de traitement des informations (API) qui reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les détecteurs et capteurs. En fonction des consignes et du programme implanté dans un API ou réalisé par des relais et des contacteurs « logique câblée », les actionneurs seront commandés et renvoient des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication. Le système automatisé peut être représenté comme la figure ci-dessous [5]:

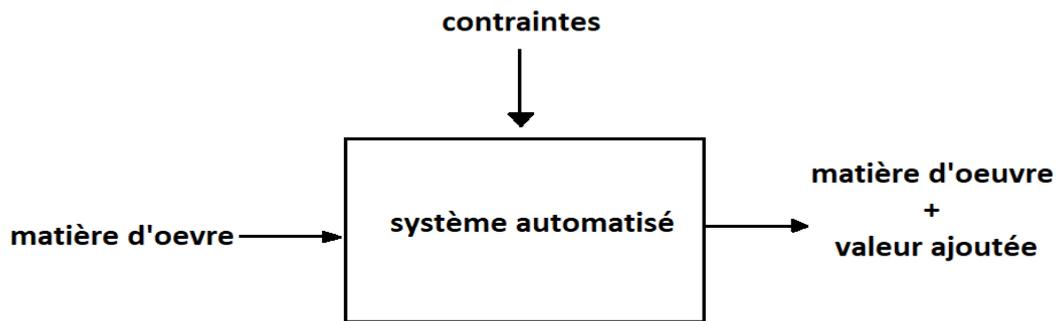


Figure III. 1: Système automatisé

### III.3. Les avantages et les inconvénients d'un système automatisé

#### III.3.1. Les avantages

- La capacité de production accélérée.
- La création de postes d'automaticiens.
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production.
- La souplesse d'utilisation [5].

#### III.3.2. Les inconvénients

- Le coût élevé du matériel, principalement avec les systèmes hydrauliques.
- La maintenance doit être structurée.
- La suppression d'emplois [5].

### III.4. Histoire des API

Les automates programmables industriels sont apparus aux USA vers les années 1969, à cette époque ils étaient destinés essentiellement à automatiser les chaînes de montages automobiles. Ils sont apparus en France en 1971, ils sont de plus en plus employés dans l'industrie. L'API est la première machine à langage c'est-à-dire un des calculateurs logiques dont le jeu d'instruction est orienté vers les problèmes de logique et des systèmes à évolution séquentielles.

### III.5. Définition d'un API

Un automate Programmable industriel est un dispositif programmable destiné à piloter des procédés industriels ou parties opératives, et adaptable à un maximum d'applications, du point de vue du traitement, composants, langages. Les API remplacent progressivement les équipements câblés « Logique câblée » grâce à leur structure, ils permettent également de modifier simplement les séquences d'un processus, sans introduire les contraintes de câblage.

### III.6. Architecture interne d'un automate programmable

Un automate est constitué principalement dans sa partie matérielle par [18]:

- Un processeur.
- Une mémoire.
- les entrées aux quelles sont accordés les capteurs, qui fournissent les informations.
- Une console de programmation, intégrée ou non à la machine, servant à introduire les instructions « utilisateur » en instructions exécutables par l'automate.
- Les sorties qui émettent les ordres élaborés par l'unité de traitement vers les préactionneurs, actionneurs (contacteurs, électrovannes...etc.).
- relatives à l'équipement ou au procédé à commander ou à contrôler l'unité arithmétique et logique, ou unité de traitement qui réalise les instructions logiques.
- L'alimentation ainsi que les divers circuits annexes.

-La (figure III.1) présente l'architecture interne des APIs.

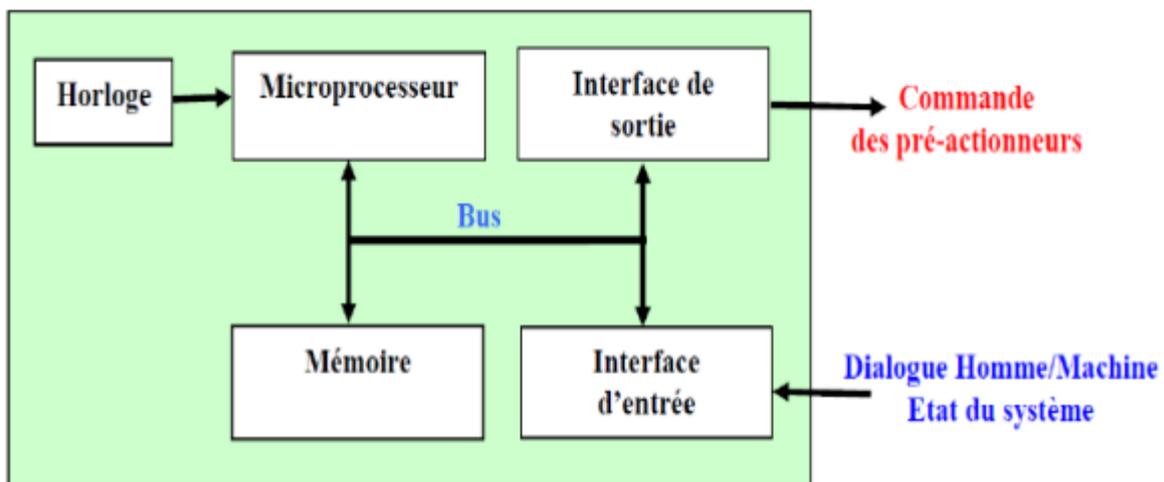


Figure III. 2: Structure interne des APIs

### III.7. Choix d'un API

Pour choisir un automate, nous devons faire l'analyse du cahier des charges et choisir un dispositif qui nous permettra de mieux suivre et gérer le procédé, et cela en considérons les éléments suivants [19]:

- Le matériel.
- Le logiciel et les services annexes.
- Le nombre d'entrées, et de sorties du procédé à automatiser par l'API.

-Suivant ces règles, les critères essentiels pour le choix d'un API sont [19]:

- Les compétences de traitement du processeur (vitesse, opération...etc.)
- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettent de "soulager" le processeur et doivent offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, etc...).
- Le type et le nombre des entrées/sorties nécessaires.

### III.8. Langage de programmation des APIs

L'écriture d'un programme consiste à créer une liste d'instructions qui permet l'exécution des opérations nécessaires au fonctionnement du système. Il existe différents types de langage de programmation [5]:

**III.8.1. Schéma par bloc ou FBD :** Appelé (Functional Block Diagram), il permet la construction de procédures complexes à partir de fonctions existantes de la librairie standard ou de la section des fonctions ou des blocs fonctionnels.

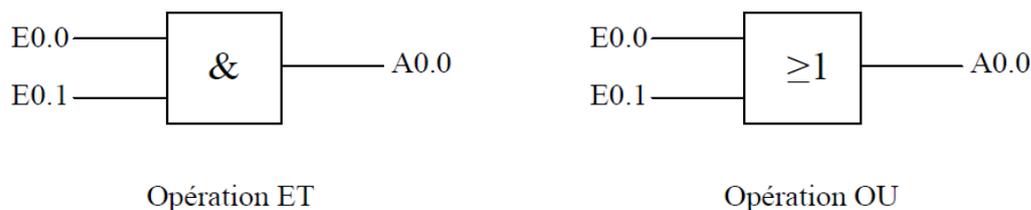


Figure III. 3: Langage FBS

**III.8.2. Texte structuré ou ST:** c'est un langage textuel de haut niveau. Il permet la programmation de tous type d'algorithmes plus au moins complexe. Il utilise des fonctions comme if, then, else...etc.

**III.8.3. GRAFCET ou SFC:** ce langage de programmation de haut niveau permet la programmation aisée de tous procédés séquentiels.

**III.8.4. Liste d'instruction ou IL:** c'est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur, très peu utiliser par les automaticiens.

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| U E0.0<br>U E0.1<br>= A0.0 | O E0.0<br>O E0.1<br>= A0.0 |
|----------------------------|----------------------------|

Figure III. 4: Langage IL

**III.8.5. Schéma à relais ou LD (ladder diagram):** il utilise les symboles tels que les relais, les contacts et blocs fonctionnel, il s'organise en réseaux, c'est le langage le plus utiliser. On retrouve la fonction ET en utilisant des contacts en série et la fonction OU en utilisant des contacts en parallèle [5].

| Graphe | Désignation            | Fonction  | Schéma à contact |
|--------|------------------------|---|------------------|
|        | Contact à fermeture    | Contact passant quand il est actionné                 |                  |
|        | Contact à ouverture    | Contact passant quand il n'est pas actionné           |                  |
|        | Connexion horizontale  | Permet de relier les éléments action série            |                  |
|        | Connexion verticale    | Permet de relier les éléments action en parallèle     |                  |
|        | Bobine directe         | La sortie prend la valeur du résultat logique         |                  |
|        | Bobine inverse         | La sortie prend la valeur inverse du résultat logique |                  |
|        | Bobine d'enclenchement | Le bit interne est mis à 1 et garde cet état          |                  |
|        | Bobine déclenchement   | Le bit interne est mis à 0 et garde cet état          |                  |

Figure III. 5: Signes langage LADDER



Figure III. 6: Réseau LADDER

-En plus des blocs fonctions logiques d'automatisme, il existe les blocs de temporisation, de comptage ... Le réseau à contact s'inscrit entre deux barres verticales représentant la tension d'alimentation [5].

#### III.8.5.1. Bloc d'organisation (OB)

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

#### III.8.5.2. Bloc fonctionnel (FB)

Un bloc fonctionnel contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il dispose d'une zone de mémoire. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur,...etc.).

#### III.8.5.3. Fonction (FC)

Les fonctions ne possèdent pas de mémoires. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile de données locales. Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

#### III.8.5.4. Bloc de données (DB)

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données, on a deux types de bloc.les DB globaux dans lequel tous les FB, FC, OB peuvent lire les données enregistrées ou écrire les données et les DB d'instance qui sont affectés à un FB donné.

### III.9. Introduction sur GRAFCET

L'avènement des technologies nouvelles a permis d'envisager des systèmes industriels automatisés de plus en plus complexes et qui devrait être traités par les différentes méthodes (chronogramme, matricielle, diagramme de phase..). A ce stade, les automaticiens utilisent plusieurs outils de description pour la modélisation du comportement des SAP qui nécessite une représentation formelle. Parmi ces outils on trouve ceux établis par les chercheurs réseaux de pétri (RDP) et d'autres mis en œuvre par des industriels GRAFCET, ...etc [20].

### III.10. Définition et symbolisation d'un Grafcet

Le GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande, Etapes, Transitions) est un diagramme fonctionnel qui décrit graphiquement, en suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel, permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation « action et réceptivité ». Il correspond à une succession d'étapes et de transitions, chaque étape est associée au comportement ou à l'action à obtenir, et chaque transition est associée aux informations permettant le franchissement sous forme d'une condition logique appelée réceptivité [20].

La (figure III.7) présente la structure du GRAFCET.

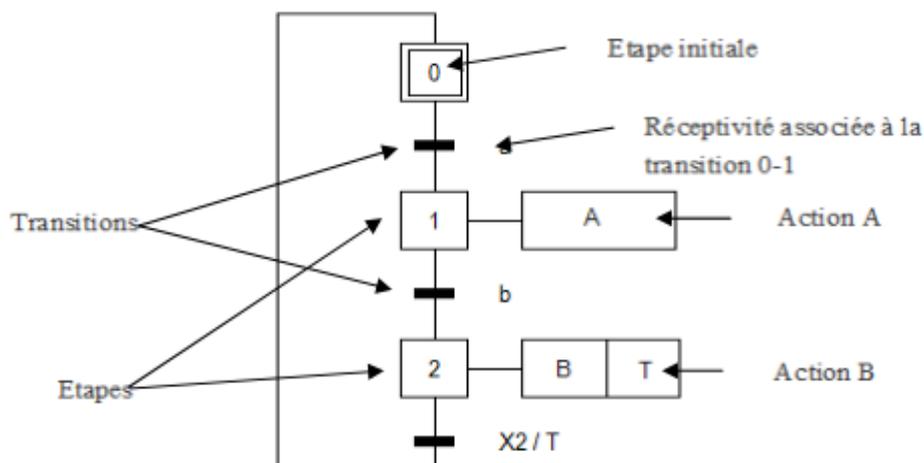


Figure III. 7: Structure du GRAFCET

### **III.11. Définition de l'automate S7-300**

L'automate utilisé dans notre projet appartient à la gamme SIMATIC S7 de SIEMENS ; le S7-300 est un automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme, avec possibilité d'extensions de modules, et une mise en réseau par l'interface Multipoint (MPI), PROFIBUS et Industriel Ethernet (PNI).

Ces modules permettent de réaliser de nombreuses autres fonctions grâce à des modules intelligents que l'on dispose sur un ou plusieurs racks. Ils ont l'avantage de ne pas surcharger le travail de la CPU car ils disposent bien souvent de leur propre processeur [21].

### **III.12. Constitution de l'Automate S7-300**

L'automate S7-300 possède :

- Des CPU de différents niveaux de performances
- Des Modules de signaux pour Entrées/Sorties « TOR » et analogique, ainsi que
- Une largeur réduite des Modules, permettant un gain de place au montage
- Une structure compacte, lui permettant le placement aux milieux exigus.
- des Modules de fonction pour les différentes fonctions technologiques
- Une possibilité de mise à niveau par MPI

### **III.13. Caractéristiques de l'automate S7-300**

L'automate S7-300 est spécifié par les caractéristiques suivantes [20] :

- Gamme diversifiée de la CPU.
- Gamme complète du module.
- Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré en module.
- Liberté de montage au différent emplacement.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériels.
- Possibilité de mise en réseaux avec MPI, PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Plusieurs automates S7-300 peuvent communiquer entre eux aux moyens d'un câble-bus PROFIBUS pour une configuration décentralisée.

La figure III.8 présente la constitution d'un API S7-300.

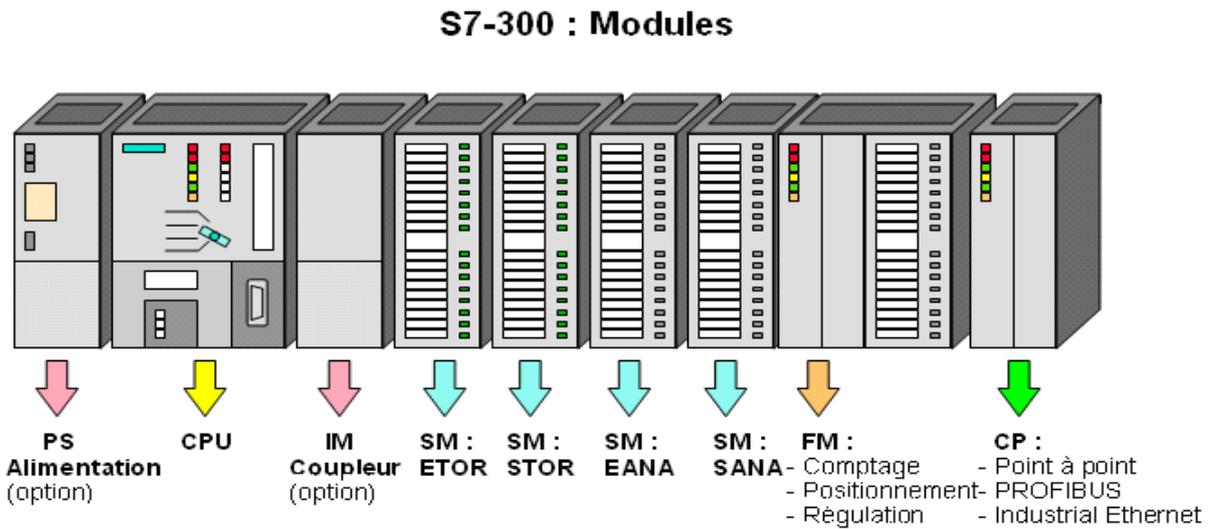


Figure III. 8: Constitution d'un API S7-300

### III.14. Mode de fonctionnement

La gestion du système de marche de notre tank mélangeur sera programmée et guidé par un API. Les modes de fonctionnement prévu pour ce processus sont deux, un mode automatique pour la préparation de la recette voulu ainsi que le remplissage automatique des tanks temporaires, et un mode manuel pour le (marche / arrêt) pour chaque pompe en cas des pannes ou intervention pour la maintenance afin d'éviter le retard de la production.

Notre processus est divisé sur deux parties. Le tank mélangeur (malaxeur) et les tanks temporaires avec deux modes de fonctionnement chacun (auto/man). Dès que le tank mélangeur sera opérationnel et la préparation est finis, les tanks temporaires peuvent être remplis automatiquement.

- Le tank mélangeur est d'un volume de 4300 L.
- les tanks temporaires ont un volume de 1800 L.

#### III.14.1. Mode automatique

Ce mode met le mélangeur en marche en mode automatique, En ce mode, on peut lancer un processus de préparation automatique d'une recette choisie sur notre menu HMI.

Le cycle de préparation commence quand on active les boutons : Auto- dcy-autorisation.

-Pour commencer la préparation de l'une des recettes, on doit choisir l'une des trois (3) recettes mises en disposition :

- Chocolat au lait.
- Chocolat noir.
- Crème à la vanille.

-Après avoir choisis une recette, on clique sur le bouton (recommencer préparation) afin que le mélangeur se met en marche et la préparation de la recette commence. Le processus de préparation dépend de la recette choisie. Le processus commence si le poids du tank mélangeur est inférieur à 50 kg(poids des additifs, conservateur..Etc). Sans compter le poids du métal du tank double paroi, après avoir posé le tank sur les cellules de charge on remet le boîtier à zéro 0.

#### **a-Recette chocolat au lait**

Le cycle commence dès qu'on clique sur commencer la préparation. La pompe de (masse de chocolat) s'active et se met en marche et l'électrovanne « Evmc » s'ouvre jusqu'à ce que le poids du tank soit égal ou supérieur à 1300 kg. Dès que le poids du tank mélangeur est  $\Rightarrow$  1300kg, la pompe (masse de chocolat) s'arrête, l'électrovanne (Evmc) associée se ferme et la pompe de graisse et l'électrovanne « ev1 » associé se mettent en marche. Quand le poids du mélangeur atteint  $\Rightarrow$  1800 kg, la pompe de graisse s'arrête et l'électrovanne de graisse « ev1 » se ferme. Ensuite, l'agitateur se met en marche pendant 3 minutes et s'arrête à l'écoulement des trois minutes. NB : (dans la simulation on a mis 5 secondes).

Quand l'agitateur s'arrête, la pompe de (poudre de lait) se met en marche jusqu'à un poids de 2500 kg et s'arrête. L'agitateur marche pendant 3 minutes et s'arrête. A l'étape suivante la pompe du sucre marche jusqu'à ce que le poids du tank mélangeur soit  $\Rightarrow$ 3800 kg.

Quand le poids du tank est  $\Rightarrow$ 3800 kg, l'agitateur se remet à tourner pendant 15 minutes afin de finaliser le processus de malaxage. Après 15 minute, une instruction de fin de préparation s'active (un voyant vert s'allume qui indique que le mélange est prêt), et le tank mélangeur est finalement opérationnel et le chocolat sera prêt à passer dans les tanks temporaires pour l'étape du raffinage. Sur cette dernière étape l'agitateur reste en marche afin de mélanger le chocolat et la conserver en état liquide visqueux dans notre tank mélangeur « double paroi » à une température entre 50°C à 55°C.

Quand l'instruction « tank opérationnel », ( voyant vert ou blanc ) est activé, le remplissage automatique des tanks temporaires sera autorisé . « Poids du tank > 50kg ».

Le recommencement de préparation est bloqué jusqu'à ce que », l'instruction « tank opérationnel » soit désactivée et le tank mélangeur se vide « poids du tank = « 50 kg »,

-Si on veut arrêter le processus de préparation, on active le bouton « arrêt ».

### **b-Remplissage des tanks temporaires**

Pour le remplissage automatique des tanks temporaires, on doit mettre le commutateur en mode « auto » et activer le bouton « remplissage auto », les deux tanks temporaires sont équipés d'un capteur de niveau laser analogique. Si le poids du tank mélangeur est inférieur à 50 kg, le remplissage auto des tanks temporaires n'est pas autorisé.

-si le li niveau de tank temp1 est inferieur à 50% «Niv1 < 50% » :

La « pompe 1 » marche et les électrovannes des tanks « ev tank » et « ev2 » s'ouvrent jusqu'à ce que le niveau du tank temp1 est égal ou supérieure à 90%. « Niv1 => 90 % »

- si le li niveau de tank temp2 est inferieur à 50% «Niv2 < 50% » :

La « pompe1 » marche et les électrovannes des tanks « ev tank » et « ev3 » s'ouvrent jusqu'à ce que le niveau du tank temp2 soit égal ou supérieur à 90%. « Niv2 => 90 % ».

-Quand le niveau des tanks temporaires est supérieur à 5%, les agitateurs de chaque tank se mettent en marche.

### **c-Rinçage automatique**

Pour le rinçage automatique des tanks, on met le commutateur on mode auto, on active le bouton « processus CIP ». Pour le rinçage du tank mélangeur, on active le bout « CIP mélangeur ».

La « pompe de rinçage » marche et l'électrovanne du rinçage s'ouvre « ev rinçage » pour verser le produit du rinçage « graisse alimentaire » .L'agitateur se met en marche. La pompe et l'électrovanne s'arrêtent quand le poids du tank = 3700 kg.

Après le rinçage du tank mélangeur, on désactive le bouton « CIP mélangeur », on active le bouton « CIP tank tempo » :

La « pompe 1 » se met en marche, les électrovannes « ev tank » et « ev2 » et « ev3 » s'ouvrent. Quand le niveau de chaque tank est égal ou supérieure à 90%. La « pompe1 » s'arrête, les électrovannes « ev2 » et « ev3 » et « ev tank » se ferment.

Pour vider les tanks tempo, on active le bouton « vidange ». La « pompe vidange » se met en marche, les électrovannes «EVv1 « et « EVv2 » s'ouvrent pour l'évacuation des produits après le rinçage.

-Pour le processus de préparation des autres recettes, « chocolat noir » et « crème à la vanille », le processus reste le même avec des changements de valeurs et du poids de chaque ingrédient.

### **III.14.2. Mode manuel**

Pour sélectionner le mode manuel, il va falloir mettre le commutateur en mode « Manuel », et pour parvenir à commander les actionneurs des différentes pompes, électrovannes et l'agitateur, le bouton « commande HMI » doit être activé. Ce mode est souvent utilisé pour tester les pompes et leur actionneur ou on cas de panne matériel, le processus pourra se faire d'une manière manuelle.

-En mettant le commutateur en mode « manuel », le rinçage, vidange, et préparation des recettes ne sont pas autorisés. Il sera possible de : commander toutes les pompes à partir de l'écran HMI « Homme Machine Interface », choisir le remplissage de l'un des tanks temporaires,

-Le bouton « autorisation », et les boutons des recettes se désactivent en mettant les commutateurs en mode «manuel ».

-le bouton « commande HMI » ne peut pas être activé si on est en mode « auto ».

### **III.14.3. Les alarmes**

Pour les tanks utilisés dans cette partie de la production, on doit veiller à ce que les tanks ne soient pas débordés. Pour cela, il est conseillé de mettre des alarmes qui signalent au niveau du « HMI » tout dépassement possible.

-Si le poids du tank mélangeur dépasse 3850 kg, une alarme s'affiche sur le HMI.

-si le niveau de l'un des tanks temporaires dépasse 95%, une alarme s'affiche sur l'écran.

### III.15. GRAFCET de fonctionnement

#### III.15.1. GRAFCET « Mélangeur »

a-GRAFCET du processus pour la préparation de la recette chocolat au lait :

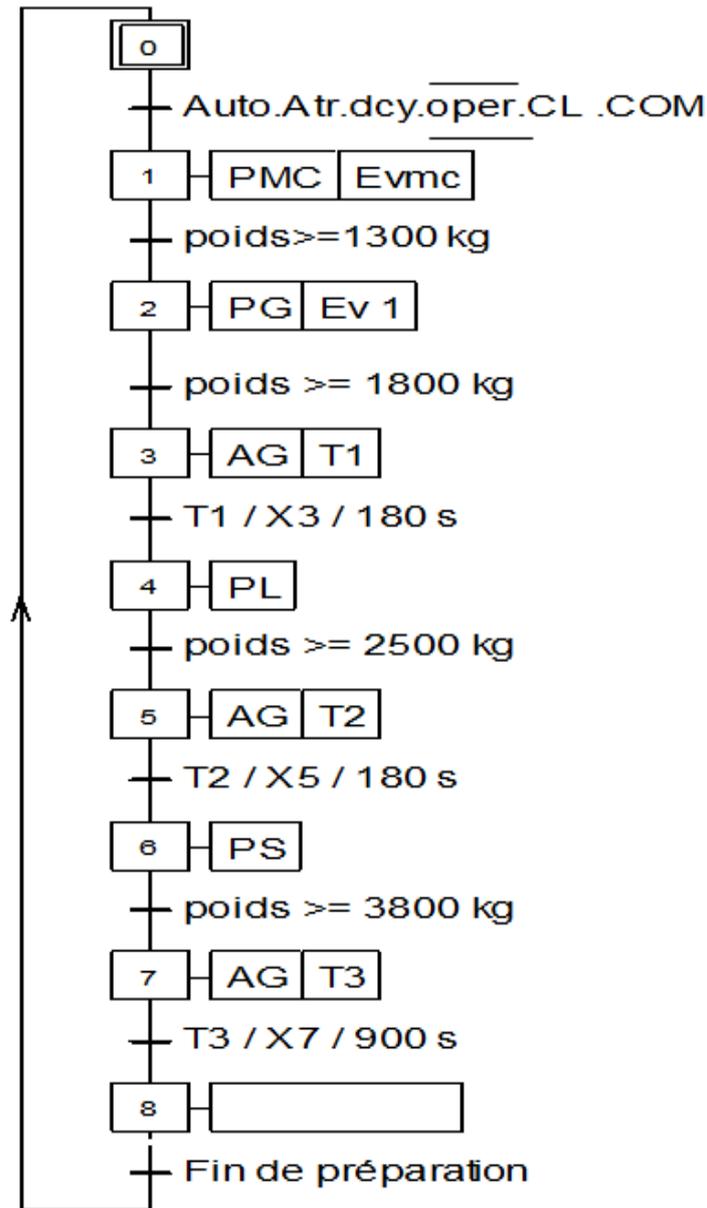


Figure III. 9: GRAFCET processus mélangeur

III.15.2. GRAFCET du processus « remplissage automatique des tanks temporaires »

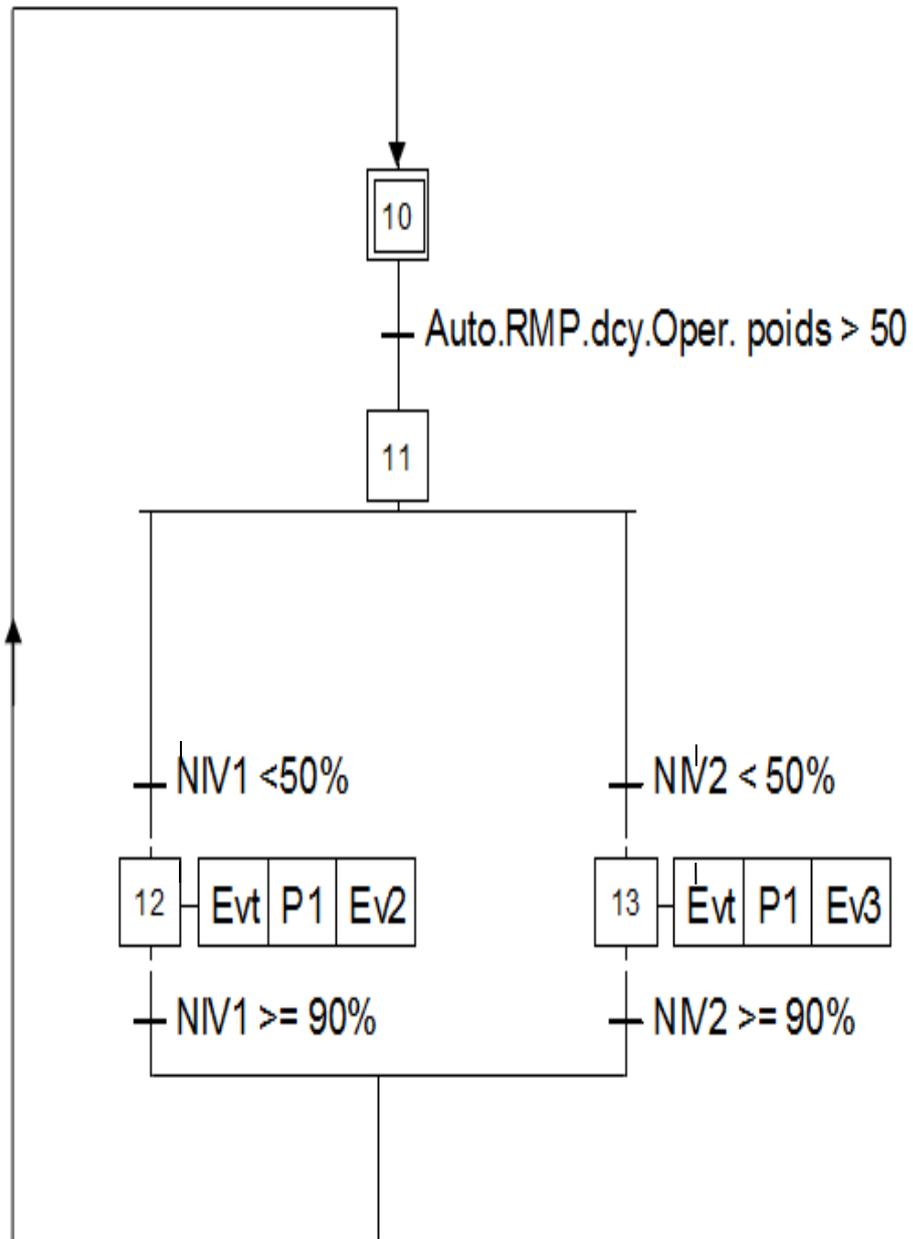


Figure III. 10: GRAFCET Process remplissage automatique

III.15.3.GRAFCET du processus « rinçage »

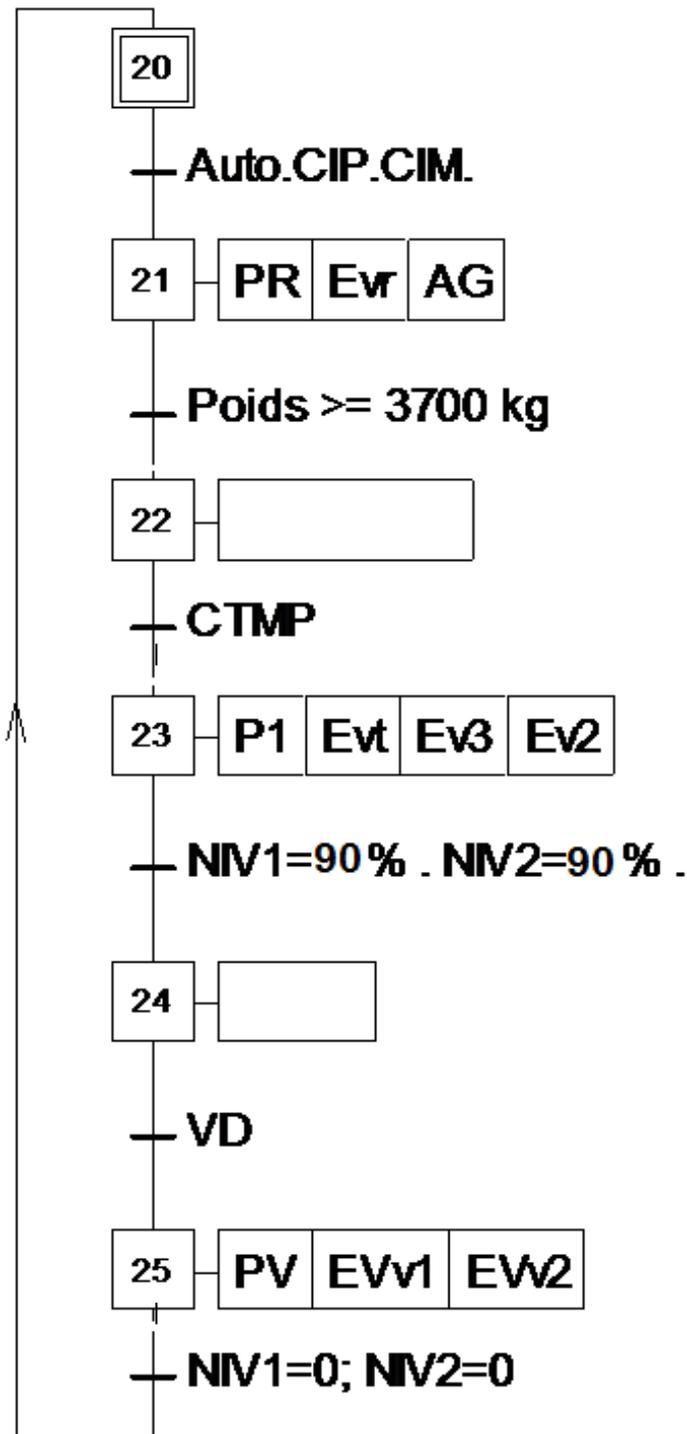


Figure III. 11 : GRAFCET process rinçage des tanks

III.15.4. GRAFCET « commande du cycle de fonctionnement manuel »

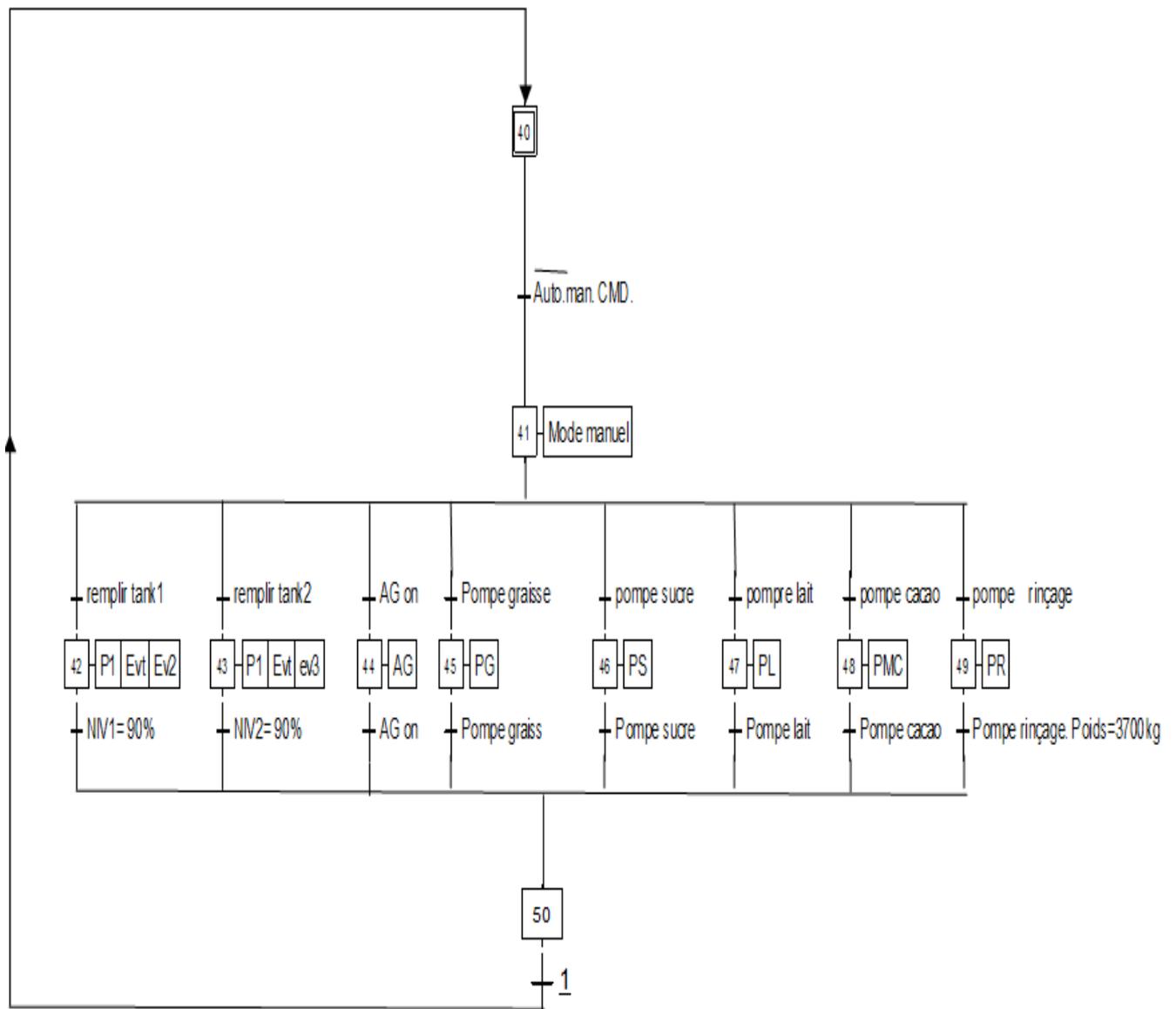


Figure III. 12: GRAFCET commande manuelle

III.15.5. Abréviations utilisées dans le modèle GRAFCET

Ci-dessous, les abréviations utilisées dans nos modèles GRAFCET de fonctionnement de cycle de préparation, remplissage, rinçage.

| Action | Signification                         |
|--------|---------------------------------------|
| Ag     | Agitateur du tank mélangeur en marche |
| PS     | Pompe sucre                           |
| PL     | Pompe poudre du lait                  |

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| <b>PG</b>         | Pompe de graisse                |
| <b>PMC</b>        | Pompe masse de cacao            |
| <b>PR</b>         | Pompe rinçage                   |
| <b>PV</b>         | Pompe Vidange                   |
| <b>P1</b>         | Pompe remplissage tanks tempo   |
| <b>Ev1</b>        | Électrovanne graisse            |
| <b>Evt</b>        | Électrovanne tank mélangeur     |
| <b>Ev2</b>        | Électrovanne tank tmp1          |
| <b>Ev3</b>        | Électrovanne tank tmp2          |
| <b>Evr</b>        | Électrovanne rinçage            |
| <b>Evmc</b>       | Électrovanne masse de cacao     |
| <b>EVv1</b>       | Électrovanne vidange tank temp1 |
| <b>EVv2</b>       | Électrovanne vidange tank tmp2  |
| <b>Auto</b>       | Commutateur Mode auto           |
| <b>Man</b>        | Commutateur Mode manuel         |
| <b>Dcy</b>        | B. Départ de cycle              |
| <b>Atr</b>        | B. Autorisation de préparation  |
| <b>CL</b>         | B. Recette Chocolat au lait     |
| <b>CN</b>         | B. Recette Chocolat noir        |
| <b>CV</b>         | B. Recette Crème vanille        |
| <b>RMP</b>        | Remplissage auto tanks tempo    |
| <b>T1, T2, T3</b> | La temporisation de l'agitateur |

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| <b>Oper</b>  | Condition du Tank opérationnel |
| <b>CIP</b>   | Process rinçage automatique    |
| <b>CIM</b>   | Rinçage tank mélangeur         |
| <b>CTMP</b>  | Rinçage tanks temporaires      |
| <b>COM</b>   | Recommencer préparation        |
| <b>VD</b>    | Vidange                        |
| <b>CMD</b>   | Commande HMI                   |
| <b>Niv1</b>  | Niveau tank temp1              |
| <b>Niv2</b>  | Niveau tank temp2              |
| <b>Poids</b> | Poids tank mélangeur           |

### **III.16. CONCLUSION**

Ce chapitre est dédié à la description des systèmes automatisés ainsi que les automates programmables industriels et la présentation de l'API utilisé dans notre projet « API Simatic S7-300 » et les langages de programmation et du logiciel GRAFCET.

Ensuite, Nous avons établis le mode de fonctionnement du cycle « cahier de charge » et avons formé le GRAFCET associé afin de mieux pouvoir entamer la programmation sur le logiciel de programmation qu'on verra dans le chapitre suivant.

# Chapitre 4

**Programmation et  
supervision des tanks**

## IV.1. Introduction

Le développement de l'industrie a entraîné une augmentation constante des fonctions électroniques présentes dans un automatisme. C'est pour cela que l'API est aujourd'hui le dispositif le plus répandu des automatismes. Il est adaptable à un maximum d'applications et dans tous les secteurs de l'industrie.

Ce chapitre consiste à concevoir le programme qui sera implanté dans l'API pour réaliser notre processus et utiliser un HMI pour faciliter la supervision des tanks. Avant d'entamer la préparation, nous allons s'intéresser au logiciel de programmation.

## IV.2. Logiciel TIA PORTAL v13

Le logiciel utilisé pour créer un nouveau projet avec notre API (s7-300) et programmer le système de production est « TIA PORTAL V13 »



Figure IV. 1: icône TIA PORTAL V13

### -Création du projet

Pour notre programmation on ouvre l'outil « Totally Integrated Automation portal », avec une simple clique sur l'icône nommée TIA portal v13 :

Pour créer un projet il suffit de cliquer sur : (« créer un projet > créer »).

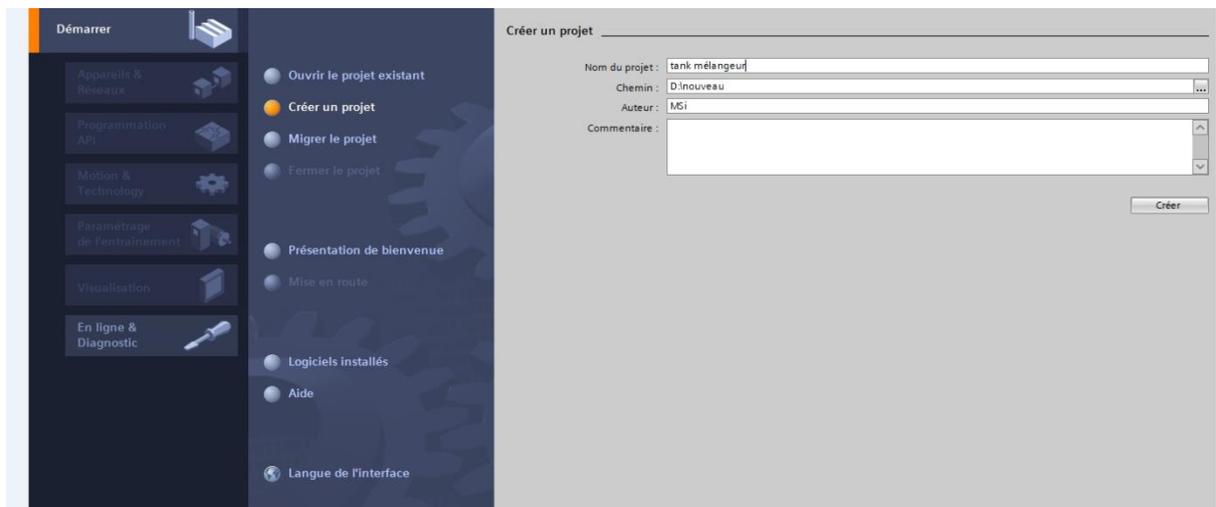


Figure IV. 2: Création projet TIA PORTAL

## IV.3. Configuration API

### IV.3.1. Configuration de l'appareil

Pour choisir notre API on clique sur (« vue projet => ajouter un appareil => SIMATIC S7-300 => [ CPU 314-2 PN/DP] => « 6ES7314-6EH04-0AB0 » ensuite on clique sur OK.

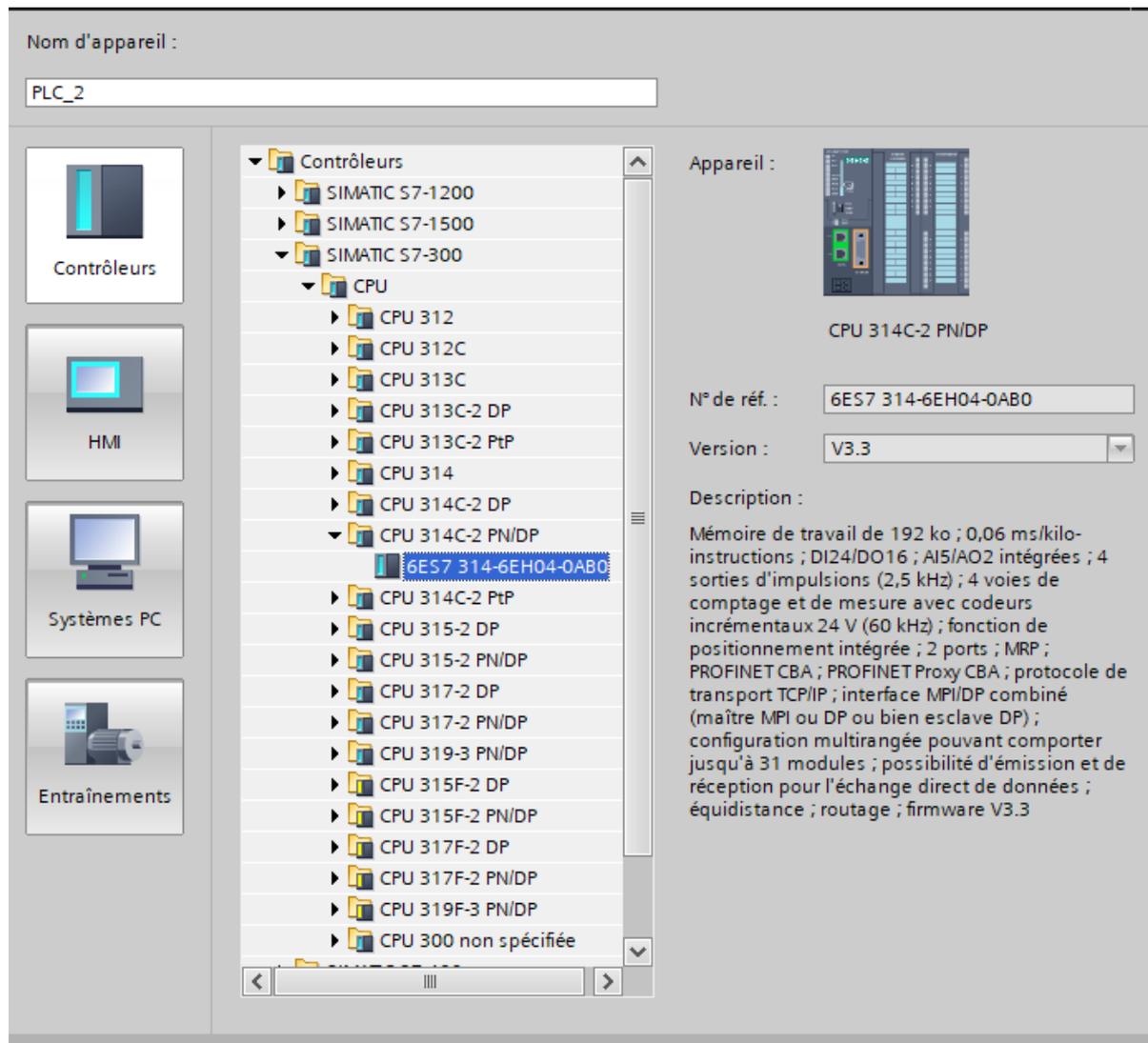


Figure IV. 3: Choisir une CPU

### IV.3.2. Configuration des E/S

En ajoutant notre API, il va falloir ajouter des modules entrées/sorties suivant le nombre des « entrées/sorties » de notre système.

Le logiciel « TIA PORTAL V13 » affiche un support « emplacement » qui contient la CPU de l'API et des places pour ajouter une alimentation et les modules E/S.

Un catalogue s'affiche à droite pour choisir :

- L'alimentation « PS ».
- Les entrées numériques « DI » et analogiques « AI ».
- Les sorties numériques « DO » et analogiques « AO ».
- Les modules de communication.

On a ajouté les modules suivants :

- 1 DO 8x24VDC/0.5A SA\_1.
- PS 307 SA\_1.

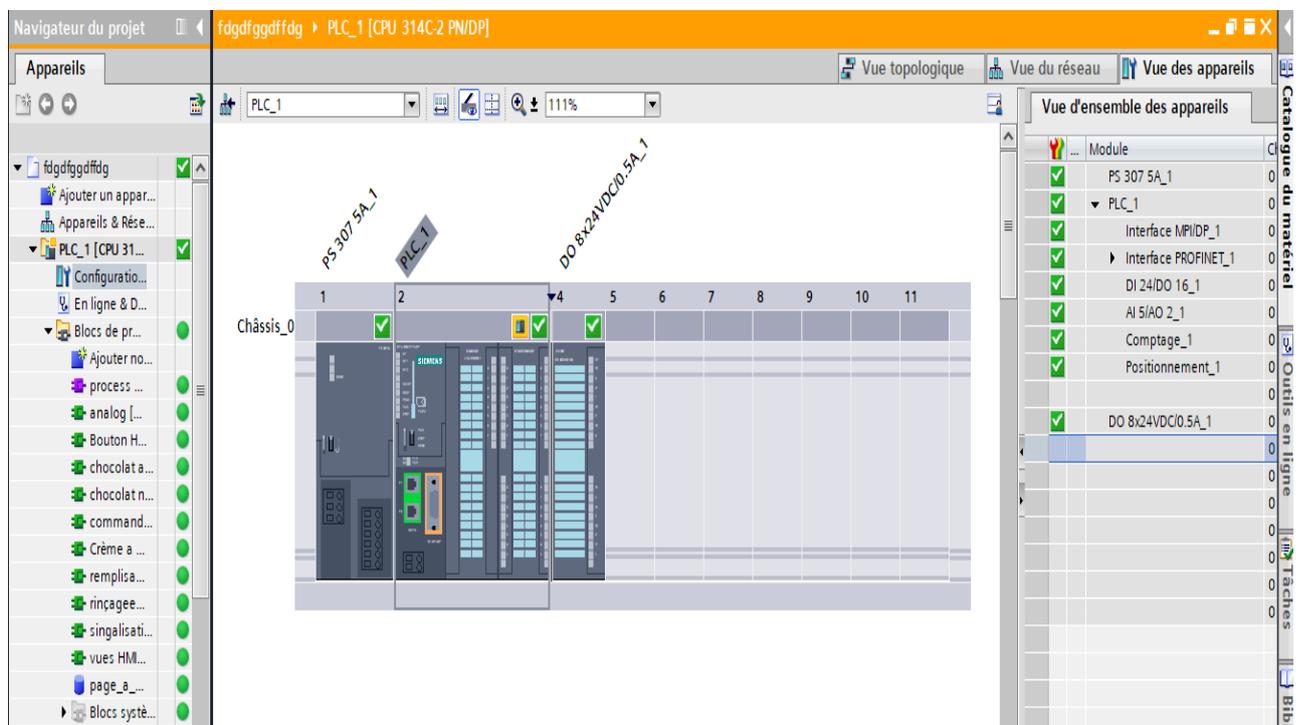


Figure IV. 4: Vue de l'appareil et configuration

### IV.3.3. Réseau de connexion

Pour établir une connexion entre le logiciel et la CPU, on effectue le paramétrage de l'adresse IP et le masque de sous-réseau:

une clique sur le PLC\_1 puis => Général => interface profinet => adresses Ethernet => adresse IP => [ 192.168.0.1 ] et masque sous réseau : [ 255.255.255.0 ].

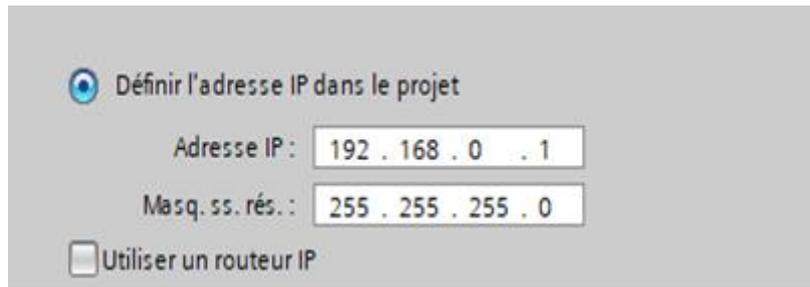


Figure IV. 5: Configuration réseau

### V.4. Création de la table des variables

Afin que notre travail soit bien organiser, on crée une table de variable contenant toutes les variables du système élaboré, les entrées (capteur de poids, capteurs de niveau, bouton..etc ), les préactionneurs ( contacteurs, variateur de vitesses, distributeurs pneumatiques ou hydrauliques, .etc), les mémoires ( les bouton HMI, feux de signalisation, alarmes , mémoire des valeur... etc). Comme on peut créer les variables sur les réseaux du programme directement lors de la programmation.

Ci-dessous, la table des variables de notre système :

| Variables API |                             |                        |                 |         |         |           |          |
|---------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|---------|---------|-----------|----------|
|               | Nom                         | Table des variables    | Type de données | Adresse | Réma... | Visibl... | Acces... |
| 1             | cap pesage                  | Table de variabl...    | Int             | %IW288  |         | ☑         | ☑        |
| 2             | poids                       | Table de variables s.. | Real            | %MD5    |         | ☑         | ☑        |
| 3             | cap1                        | Table de variables s.. | Int             | %IW290  |         | ☑         | ☑        |
| 4             | cap 2                       | Table de variables s.. | Int             | %IW292  |         | ☑         | ☑        |
| 5             | niveau chocolat 2           | Table de variables s.. | Real            | %MD10   |         | ☑         | ☑        |
| 6             | pompe graisse               | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.0   |         | ☑         | ☑        |
| 7             | pompe Sucre                 | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.1   |         | ☑         | ☑        |
| 8             | pompe Lait                  | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.2   |         | ☑         | ☑        |
| 9             | ev1                         | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.3   |         | ☑         | ☑        |
| 10            | ag1                         | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.5   |         | ☑         | ☑        |
| 11            | step advance                | Table de variables s.. | Bool            | %M0.0   |         | ☑         | ☑        |
| 12            | auto                        | Table de variables s.. | Bool            | %I1.3   |         | ☑         | ☑        |
| 13            | reset dsc                   | Table de variables s.. | Bool            | %M0.1   |         | ☑         | ☑        |
| 14            | autorisation de preparation | Table de variables s.. | Bool            | %I1.0   |         | ☑         | ☑        |
| 15            | dcy                         | Table de variables s.. | Bool            | %I1.2   |         | ☑         | ☑        |
| 16            | niveau chocolat 1           | Table de variables s.. | Real            | %MD40   |         | ☑         | ☑        |
| 17            | tank oper                   | Table de variables s.. | Bool            | %M4.0   |         | ☑         | ☑        |
| 18            | pompe 1                     | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.6   |         | ☑         | ☑        |
| 19            | ev2                         | Table de variables s.. | Bool            | %Q4.7   |         | ☑         | ☑        |
| 20            | ev3                         | Table de variables s.. | Bool            | %Q5.1   |         | ☑         | ☑        |
| 21            | pompe rinçage               | Table de variables s.. | Bool            | %Q5.3   |         | ☑         | ☑        |
| 22            | ev rinçage                  | Table de variables s.. | Bool            | %Q5.4   |         | ☑         | ☑        |
| 23            | ag2                         | Table de variables s.. | Bool            | %Q5.5   |         | ☑         | ☑        |
| 24            | ag3                         | Table de variables s.. | Bool            | %Q5.6   |         | ☑         | ☑        |
| 25            | CIP mélangeur               | Table de variables s.. | Bool            | %I0.5   |         | ☑         | ☑        |

Figure IV. 6: Table des variables

## IV.5. Simulation de programme

Après la configuration matérielle de notre appareil et après l'organisation de notre programme, afin de détecter les erreurs de programmation, on doit simuler notre programme avec le logiciel « PLC Sim ». Avant de simuler, nous devons vérifier les erreurs de compilation en cliquant sur compiler :



Figure IV. 7: Icône de compilation

-Après la compilation sans trouver d'erreur, on passe à la simulation du programme. En cliquant sur l'icône de simulation dans la barre d'outils. Une fenêtre s'affiche, on clique sur « charger ».

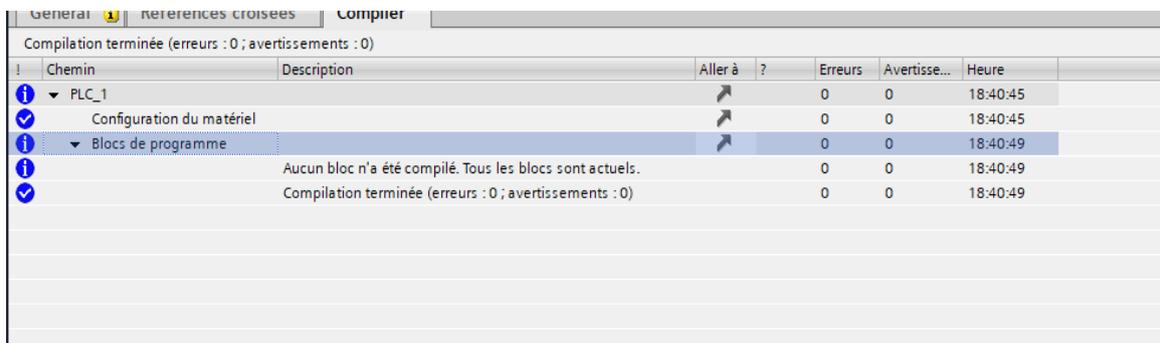


Figure IV. 8: Résultat de compilation

Ensuite, on passe à « PLC Sim » et on clique sur « RUN »,

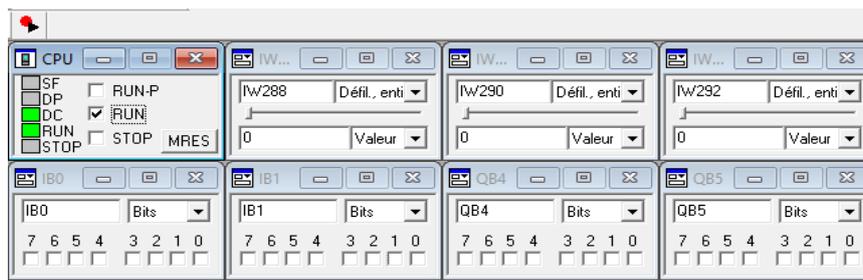


Figure IV. 9: « entrées/sorties » Logiciel PLC Sim

-Pour voir quel réseau et en marche et si le programme marche comme il était voulu, on doit visualiser la simulation en cliquant sur l'icône de visualisation. Pour forcer un variable on clique avec le bouton droit puis « mise à 1 ». On peut aussi effectuer le forçage depuis la fenêtre « PLC Sim », en créant les « E/S » et mémoires avec les mêmes adresses sur le programme et les activer.

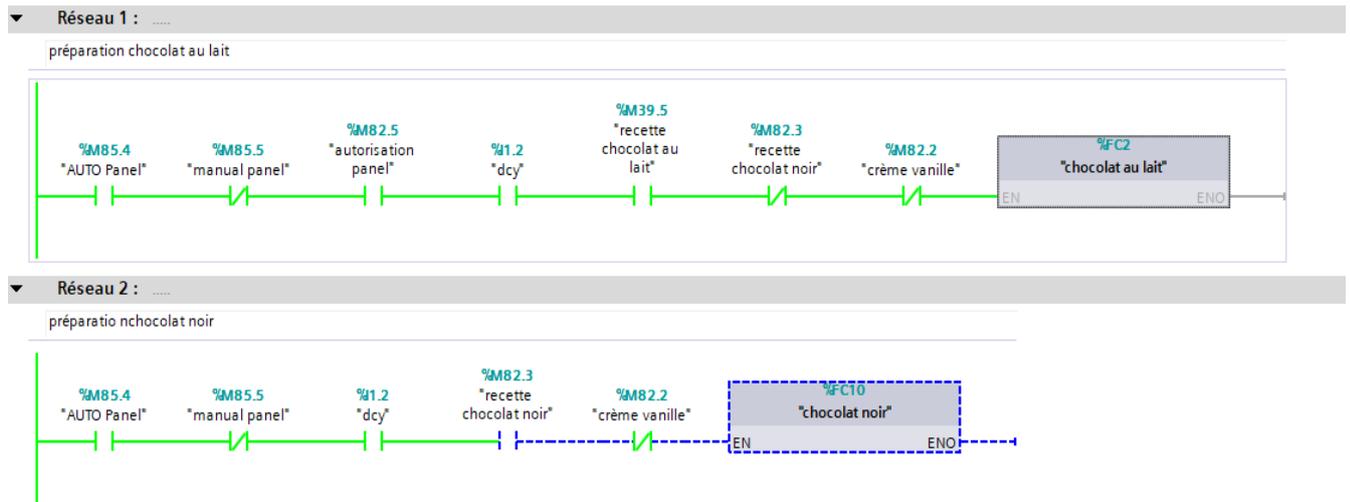


Figure IV. 10: Visualisation des réseaux

-Le cycle de préparation de « chocolat au lait » est activé.

## IV.6. Simulation du programme mélangeur

### IV.6.1. Séquenceur, Bloc « drum » pour recette « recette chocolat au lait »

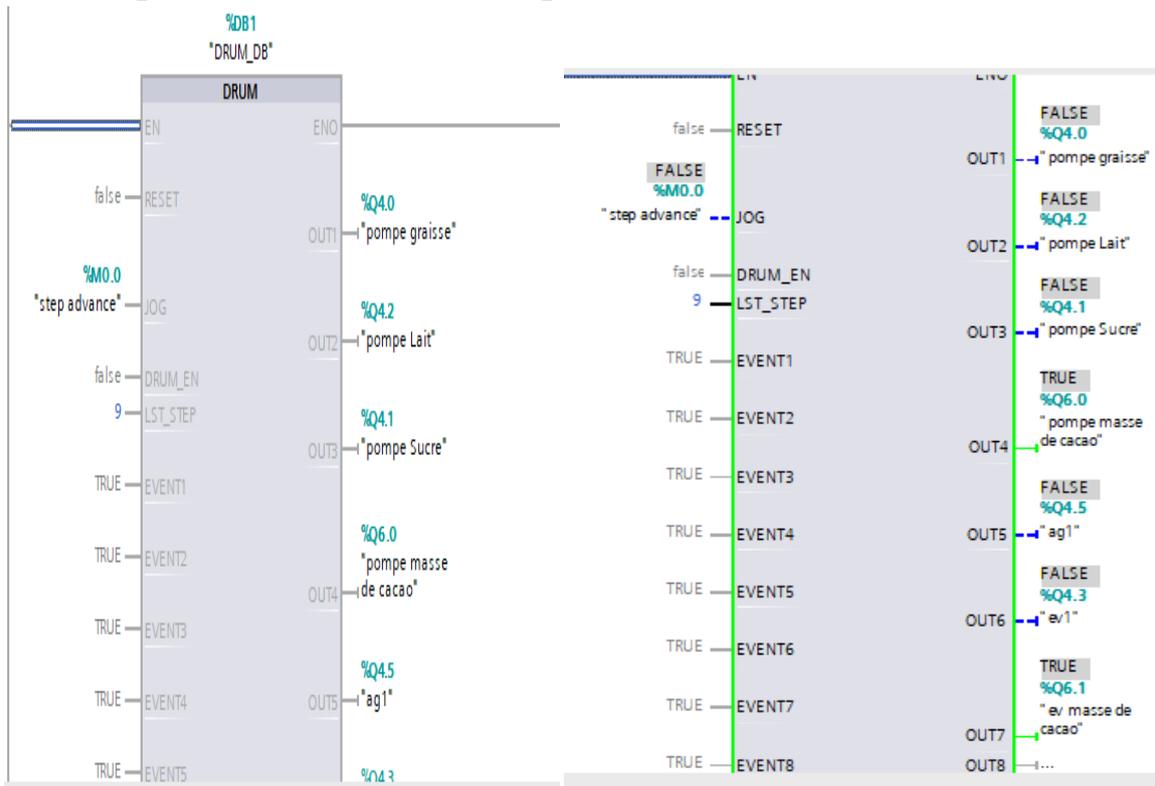


Figure IV. 11: Bloc séquenceur « Drum »

-Le séquenceur « drum » est activé. La première étape « pompe masse de cacao et l'électrovanne associé » sont en marche.

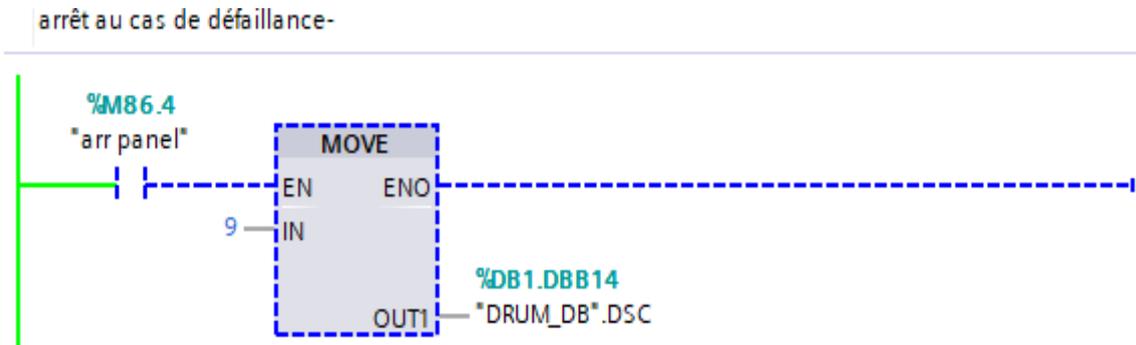


Figure IV. 12: Réseau pour l'arrêt du séquenceur

-en cliquant sur le bouton « arrêt » le cycle s'arrête.

**IV.6.2. Simulation étape 1 : « pompe masse de cacao, électrovanne »**

Sur la figure - bloc « drum »- on trouve les sorties activées en vert. Les sorties changent à chaque étape selon les valeurs mises dans les comparateurs. Dès que le poids est supérieur à 1300kg l'étape suivante s'active.

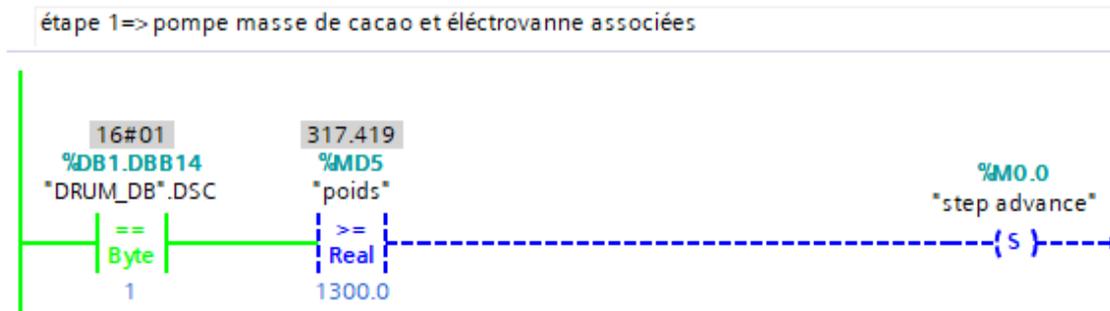


Figure IV. 13: étape 1 du séquenceur « pompe et EV »

**IV.6.3. Simulation étape 2 : « pompe graisse, électrovanne »**

-en passant à la deuxième étape, la troisième étape s'active dès que le poids du tank est supérieur à 1800 kg

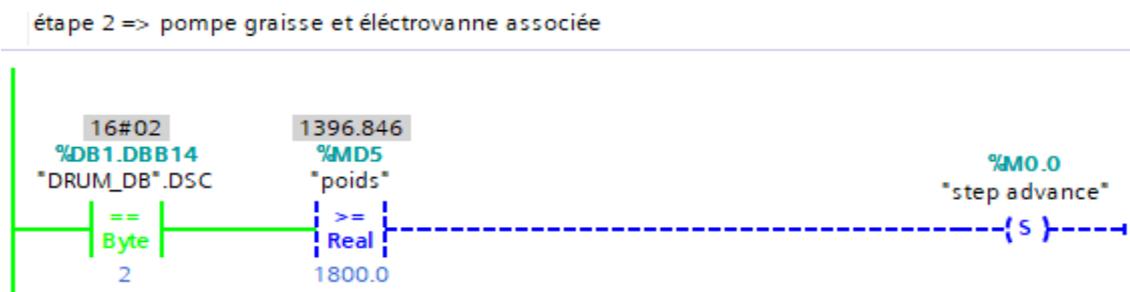


Figure IV. 14: étape 2 du séquenceur.

IV.6.4. Simulation Remplissage automatique des tanks temporaires

-« pompe1 et électrovanne du tank ».

-La pompe et l'électrovanne sont activées après activation du remplissage automatique et s'arrête quand le niveau sera supérieur à 90% ou le tank mélangeur se vide ou la désactivation du remplissage automatique. (Voir figure IV.15 et figure IV.16)

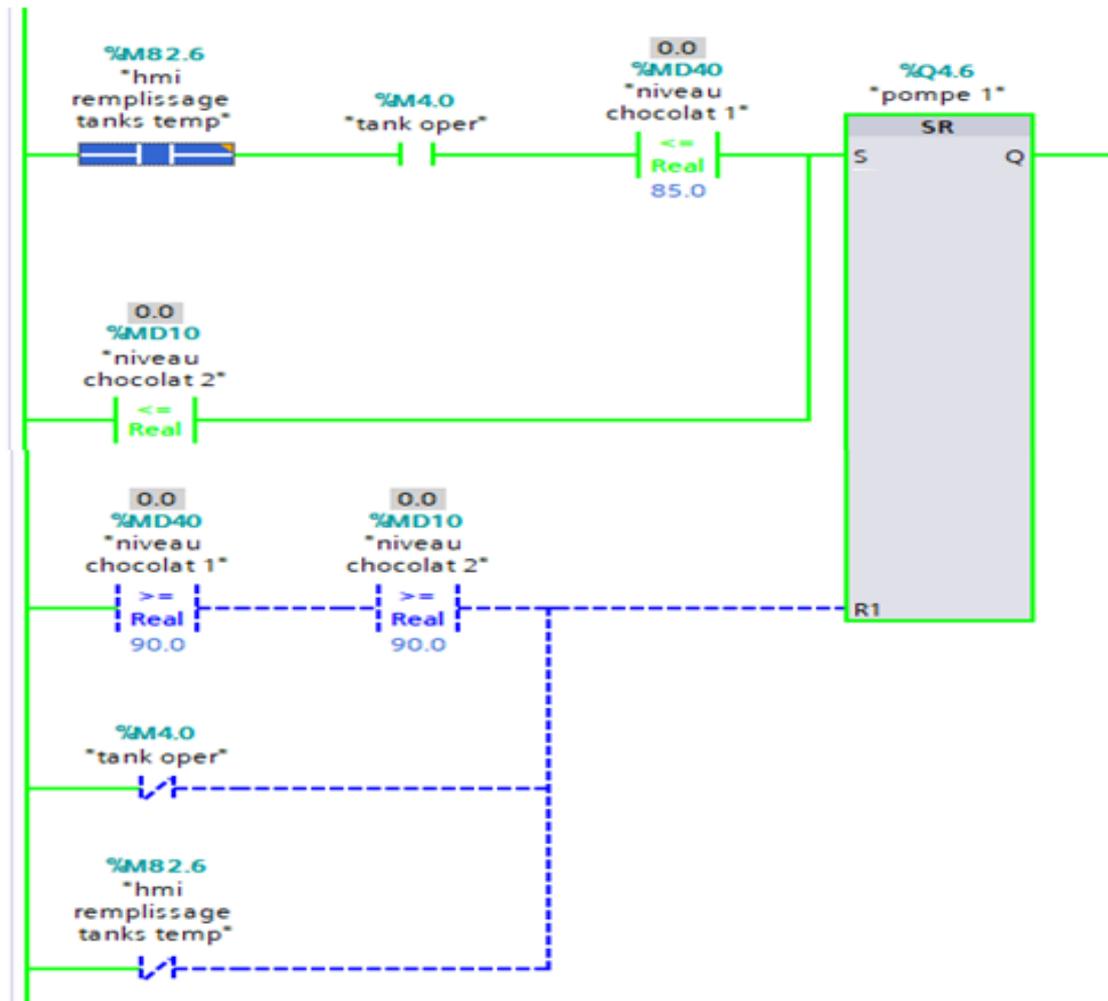


Figure IV. 15: Réseau activation et désactivation de « pompe 1 »

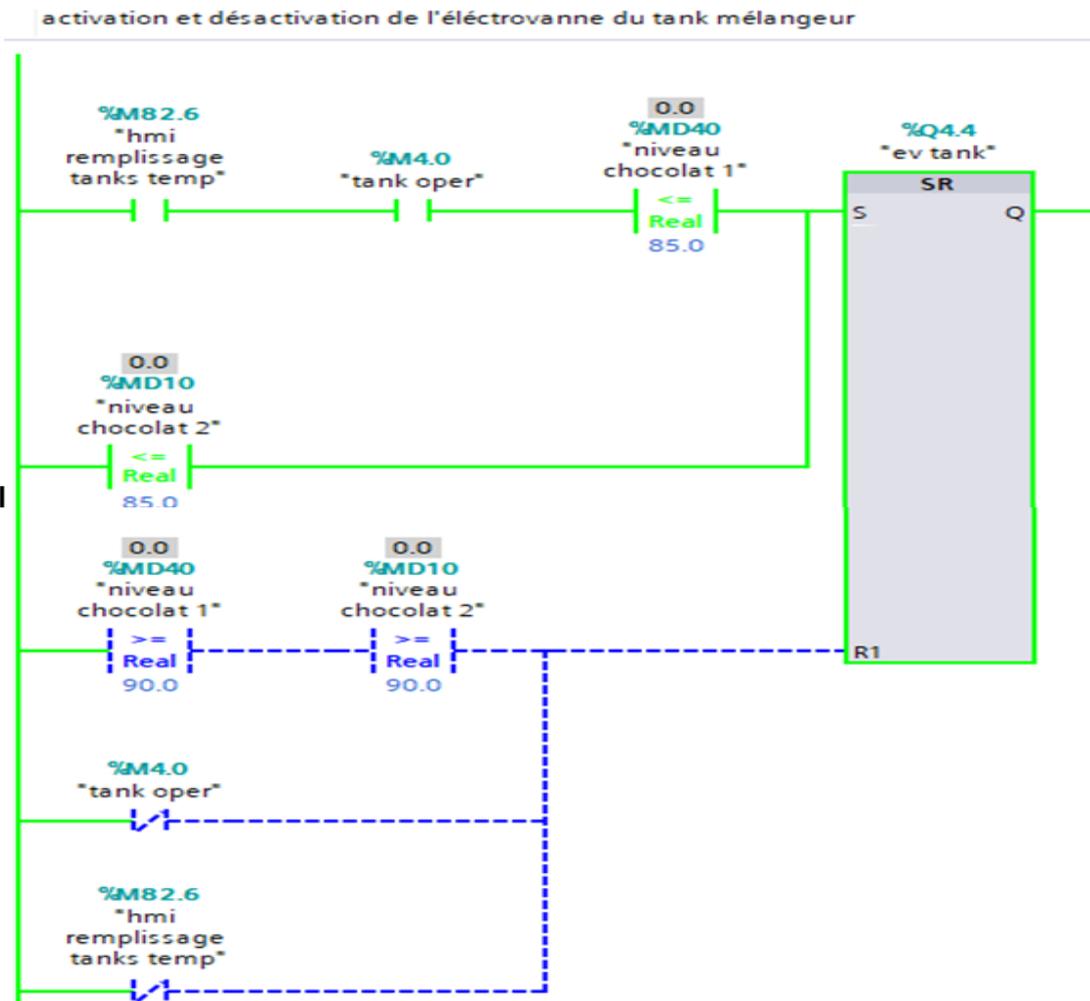


Figure IV. 16: Réseau activation et désactivation « Ev tank »

-NB : pour plus de détail voir l'annexe.

## IV.7. Supervision avec HMI

### IV.7.1. Supervision

La supervision est une forme de dialogue Homme/Machine évoluée .Elle a beaucoup d'avantages pour le processus industriel de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que la commande des différents instruments. Elle permet de visualiser en temps réel toutes les étapes du procédé à contrôler et détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle [21].

-La figure IV.1 présente le principe de la supervision.

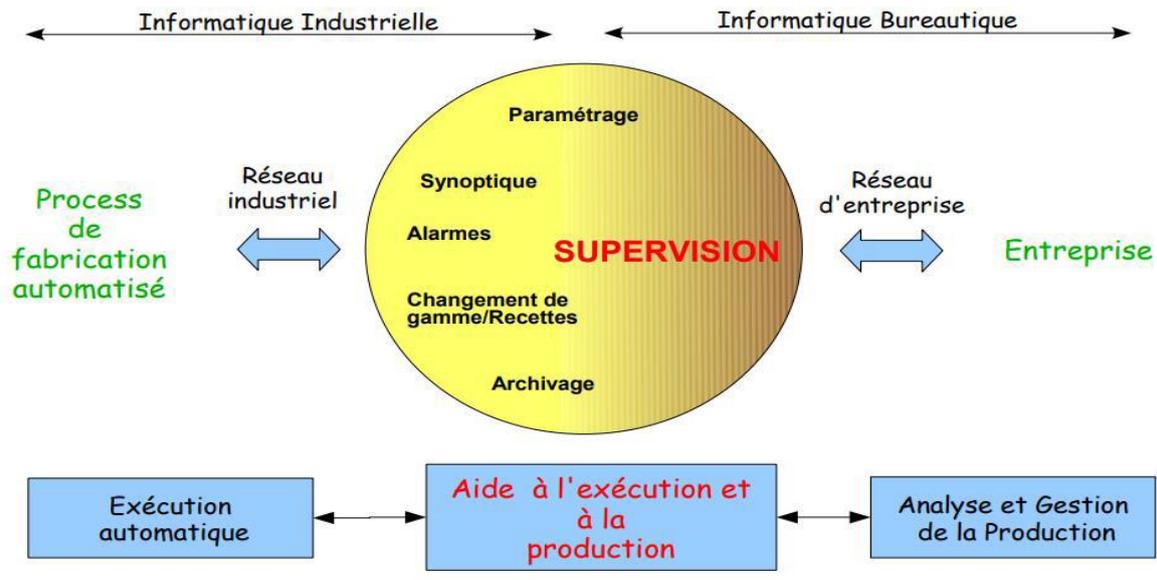


Figure IV. 17: Principe de la supervision

IV.7.2. L'interface Homme /Machine (IHM)

L'IHM est un Ensemble de dispositifs matériels et logiciels permettant à un utilisateur de communiquer avec un système industriel et informatique Depuis sa création, l'interface homme machine « HMI » a connu une évolution très importante, en commençant par les simples boutons poussoirs et afficheur 7 segment jusqu' aux écrans LCD avec des écrans tactiles des différentes gammes [21].

-La figure IV.1 présente l'écran HMI.

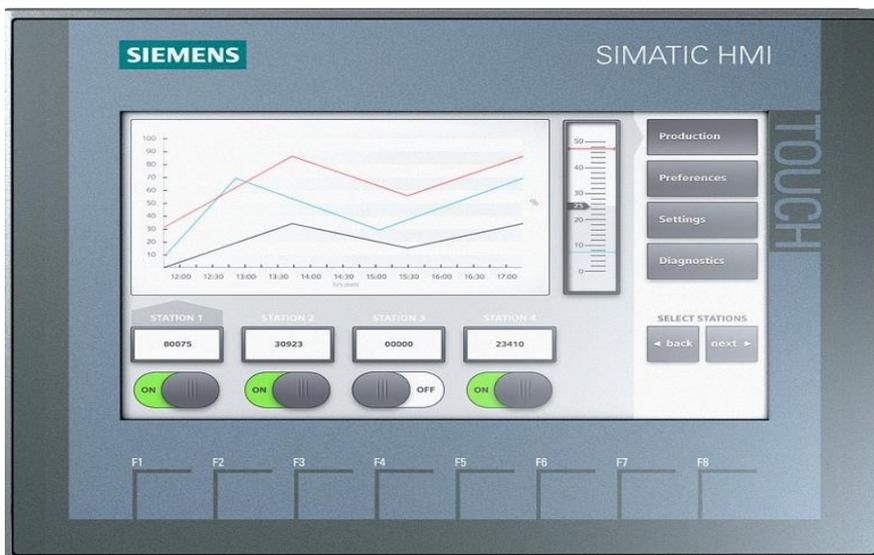


Figure IV. 18: Écran HMI « Homme Machine Interface »

## IV.8. Supervision de la ligne de production

### IV.8.1. Choix de l'HMI

Pour la supervision de notre système de production, nous avons choisi un HMI modèle : « SIMATIC Comfort Panel- 12'' - 6AV2 124-0MC0-0AX0 », comme il est montré ci-dessous :

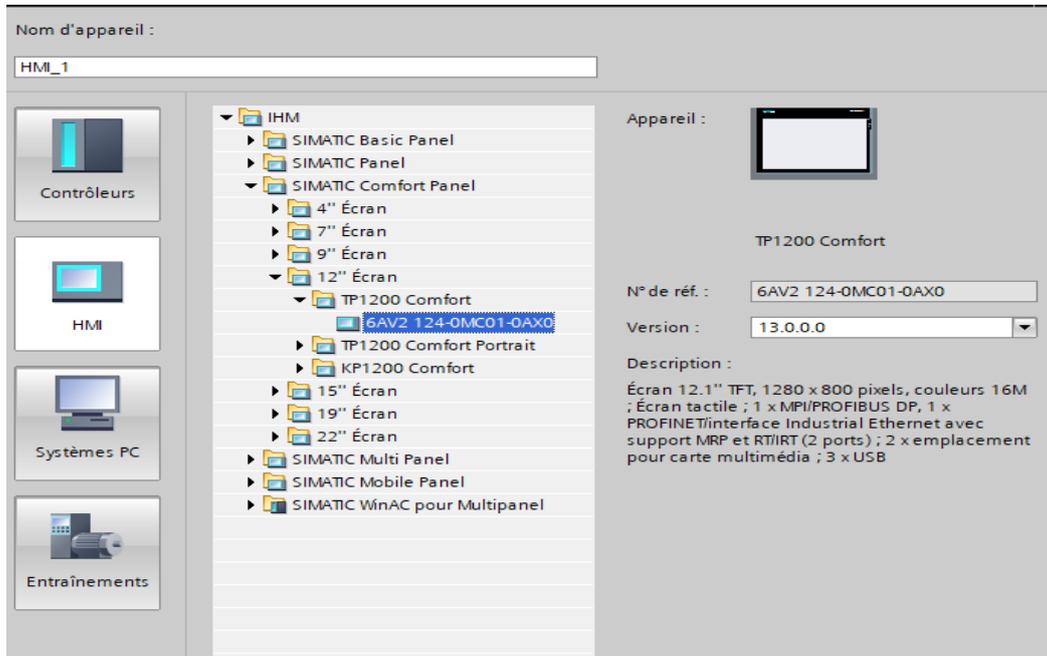


Figure IV. 19: Choix du HMI

Après avoir choisi l'écran « HMI », on passe au paramétrage de la vue du système.

**-Les paramètres concernés dans cette étape sont :**

- La connexion de l'HMI avec l'API.
- La représentation des vues.
- L'affichage des alarmes.
- Les vues du système : dans notre cas, on a 4 vues.
- L'ajout des boutons (Bouton d'alarme, des vues, retour..etc) .

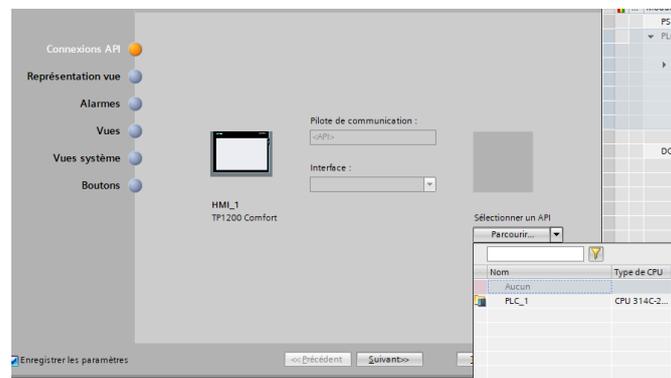


Figure IV. 20: Configuration HMI

**IV.8.2. Création de la table de variable HMI**

L'échange des données entre l'API et HMI est possible après la liaison entre ces deux dispositifs. L'accès à ses données permet la création de la table des variables HMI. Chaque ligne est définie par le nom et l'adresse de la variable API et le type de connexion, le type de donnée (bool, real..Etc) et le nom de la variable HMI.

| Variables IHM              |                 |                |         |                             |         |  |  |
|----------------------------|-----------------|----------------|---------|-----------------------------|---------|--|--|
| Nom                        | Type de données | Connexion      | Nom API | Variable API                | Adresse |  |  |
| ag1                        | Bool            | HMI_Liaison... | PLC_1   | ag1                         | %Q4.5   |  |  |
| ag2                        | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | ag2                         | %Q5.5   |  |  |
| ag3                        | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | ag3                         | %Q5.6   |  |  |
| arr panel                  | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *arr panel*                 | %M86.4  |  |  |
| AUTO Panel                 | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *AUTO Panel*                | %M85.4  |  |  |
| autorisation panel         | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *autorisation panel*        | %M82.5  |  |  |
| commande panel             | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *commande panel*            | %M82.4  |  |  |
| crème vanille              | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *crème vanille*             | %M82.2  |  |  |
| démarrer préparation       | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | CIP                         | %I0.0   |  |  |
| démarrer préparation       | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *recommencer préparati...   | %M1.2   |  |  |
| ev masse de cacao          | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *ev masse de cacao*         | %Q6.1   |  |  |
| ev rinçage                 | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *ev rinçage*                | %Q5.4   |  |  |
| ev tank                    | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *ev tank*                   | %Q4.4   |  |  |
| ev vidange 1               | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *ev vidange 1*              | %Q5.2   |  |  |
| ev vidange 2               | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *ev vidange 2*              | %Q5.7   |  |  |
| ev1                        | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | ev1                         | %Q4.3   |  |  |
| ev2                        | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | ev2                         | %Q4.7   |  |  |
| ev3                        | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | ev3                         | %Q5.1   |  |  |
| hmi remplissage tanks temp | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *hmi remplissage tanks t... | %M82.6  |  |  |
| HMI rinçage mélangeur      | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *HMI rinçage mélangeur*     | %M5.1.2 |  |  |
| HMI rinçage tanks temp     | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *HMI rinçage tanks temp*    | %M5.1.5 |  |  |
| HMI vidange                | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *vidange panel*             | %M5.1.3 |  |  |
| manual panel               | Bool            | HMI_Liaison_2  | PLC_1   | *manual panel*              | %M85.5  |  |  |

Figure IV. 21: Table des variables HMI

**IV.8.3. Création des vues**

Avant de procéder à la création des vues, il faut mettre la structure de la présentation et les vues nécessaires pour la supervision du process industriel.

Pour changer de vue, en ouvrant le fichier « vues », il suffit de cliquer sur l'icône de la vue voulue.



Figure IV. 22: Vues HMI

**-La composition des vues**

La création de chacune des vues a pour but de superviser, commander et contrôler le cycle de production dans ces vue. C'est pour cela, nous avons mis des boutons de contrôle sur les vues « écran HMI » afin de manipuler les pompes, électrovannes et différents processus.

IV.8.3.1. Vue racine

Notre vue d'accueil se compose de :

- Un bouton menant à la vue « tank mélangeur ».
- Un bouton menant à la vue « tanks temporaires ».
- Un bouton menant à la vue des alarmes.
- Un bouton pour « recommencer préparation ».
- 3 commutateurs pour choisir la recette : chocolat au lait - chocolat noir - crème à la vanille.
- Un commutateur « Auto/Man ».
- Un commutateur « autorisation » pour activer l'autorisation de la préparation.
- Un commutateur « commande HMI » pour activer la commande depuis le HMI.
- Un commutateur « remplissage auto » pour activer le remplissage des tanks temporaires.
- Un commutateur « process CIP » pour activer le processus de rinçage.
- Un commutateur « CIP mélangeur » pour activer le rinçage du tank mélangeur.
- Un commutateur « CIP tank tempo » pour activer le rinçage des tanks temporaires.
- Un commutateur « vidange » pour activer la pompe de vidange.
- En cliquant sur le tank mélangeur, la vue « tank mélangeur » s'affiche.
- En cliquant sur les tanks temporaires, la vue « tanks temporaire » s'affiche.
- Un champ qui montre le poids du tank mélangeur.
- Un champ qui montre le niveau des 2 tanks temporaires.

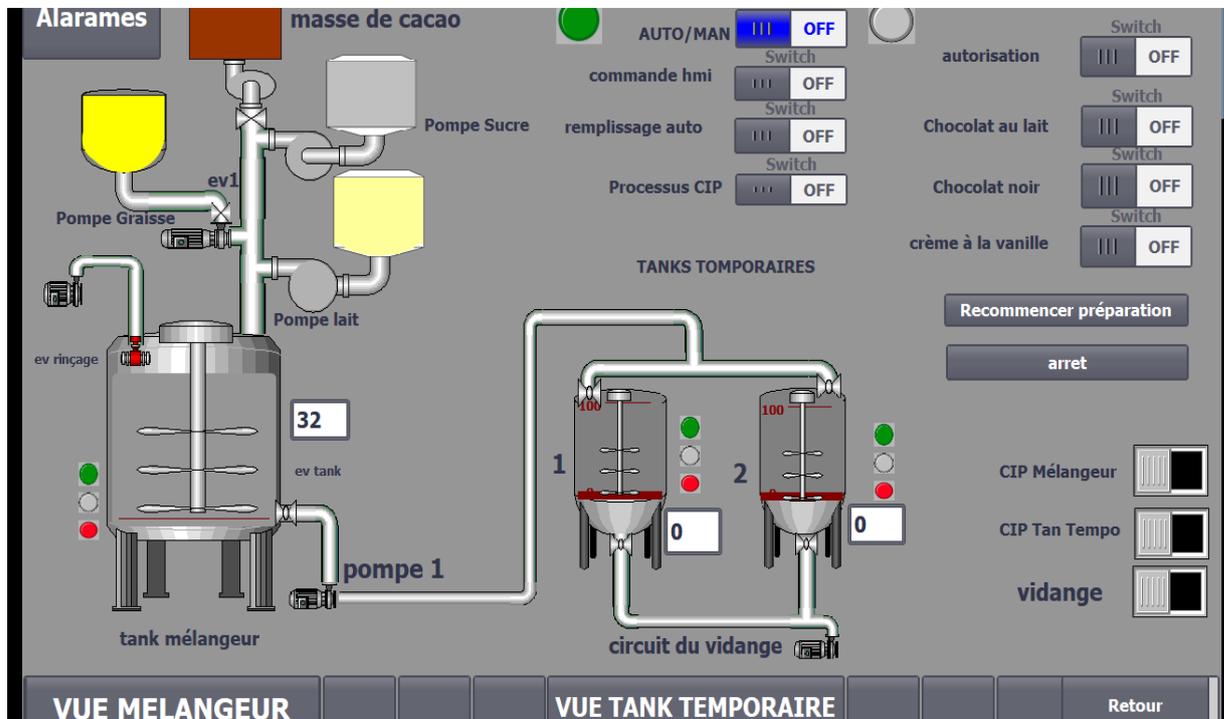


Figure IV. 23: Vue racine « Vue d'accueil »

## IV.8.3.2. La vue « tank mélangeur »

Cette vue comporte les différents boutons pour la commande manuelle du tank mélangeur. Elle contient :

- Commutateur « auto/man ».
- Commutateur « commande HMI » pour activer la commande manuelle depuis HMI.
- Commutateur « Processus CIP » pour activer le process du rinçage.
- Bouton « Agitateur ON » pour débloquent l'agitateur.
- Bouton « Agitateur OFF » pour bloquer l'agitateur.
- Bouton « pompe rinçage » pour mettre en marche la pompe et l'électrovanne de rinçage.
- Bouton « Pompe graisse » pour mettre en marche la pompe de graisse et l'électrovanne.
- Bouton « Pompe masse de cacao » pour activer la pompe et l'électrovanne de la masse de cacao.
- Bouton « Pompe sucre » pour mettre en marche la pompe du sucre.
- Bouton « Pompe lait » pour mettre en marche la pompe de lait.
- Bouton « remplissage auto » pour activer le remplissage auto des tanks temporaires.
- Bouton « retour » qui mène à la vue d'accueil.
- Un champ qui montre le poids du tank mélangeur.

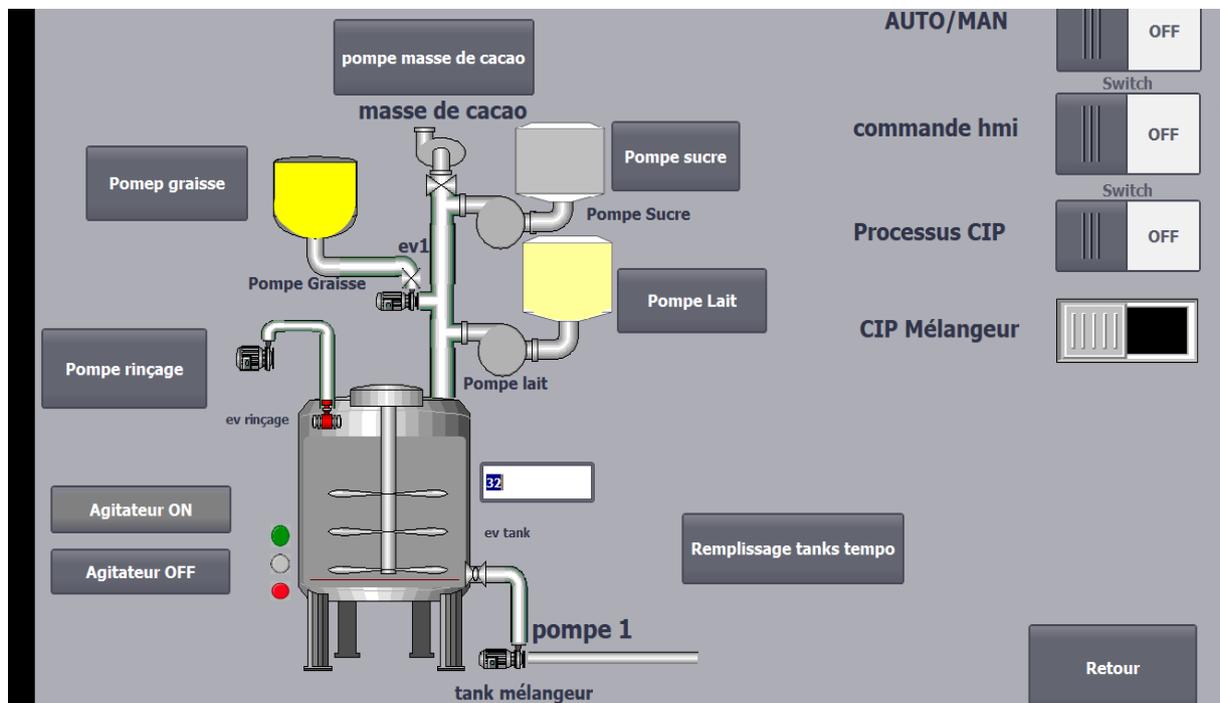


Figure IV. 24: Vue « Tank mélangeur »

## IV.8.3.3. Vue « Tanks temporaire »

Cette vue contient des boutons et commutateur pour la commande manuelle et le remplissage des tanks temporaires.

- Commutateur « auto/man ».
- Commutateur « commande HMI » pour activer la commande manuelle depuis HMI.
- Commutateur « Processus CIP » pour activer le process du rinçage.
- Un commutateur «CIP tank tempo» pour activer le rinçage des tanks temporaires.
- Un commutateur « vidange » pour activer la pompe pour la vidange.
- Bouton « remplissage automatique » des tanks temporaires.
- Bouton pour « remplir le tank tempo 1 ».
- Bouton pour « remplir le tank tempo 2 ».
- Bouton « retour » qui mène à la vue d'accueil.
- Un champ qui montre le niveau des 2 tanks temporaires.

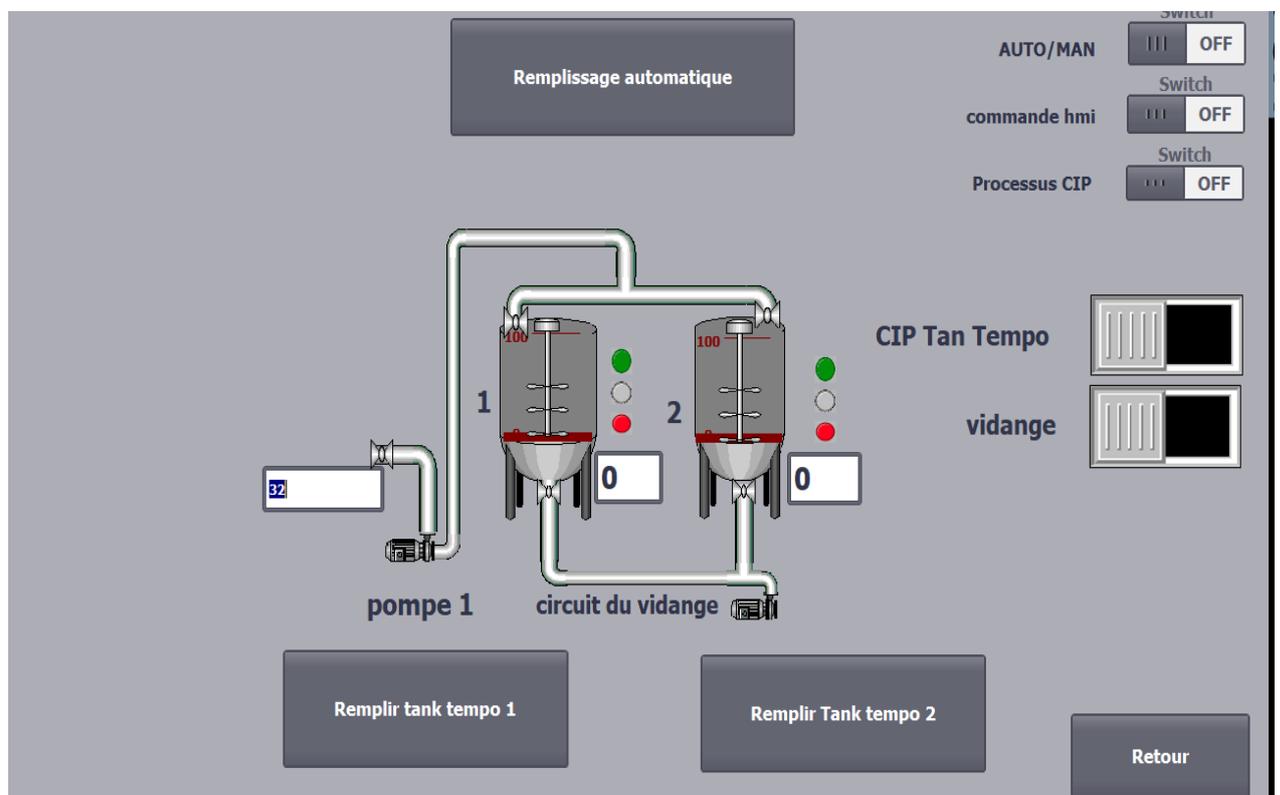


Figure IV. 25: Vue « tanks temporaires »

IV.8.3.4. Vue « Alarmes »

Au cours de la production et durant les différents processus, on rencontre plusieurs problèmes de fonctionnement et pour éviter les conséquences déplaisantes et les débordements, on affiche les erreurs et alarmes à l’opérateur.

Ci-dessous, l’image des erreurs afficher les plus régulière :

- Le niveau du tank mélangeur dépasse sa valeur maximale.
- Le niveau du tank temporaire 1 dépasse le niveau maximum
- Le niveau du tank temporaire 2 dépasse le niveau maximum

| Alarmes analogiques |  |                  |                  |               |             |             |                          |
|---------------------|--|------------------|------------------|---------------|-------------|-------------|--------------------------|
| ID                  | Texte d'alarme                           | Classe d'alar... | Variable de d... | Valeur limite | Mode limite | Journal     |                          |
| 1                   | Le niveau du tank mélangeur a dépassé    | Errors           | poids            | 3850          | Const       | Dépassement | <input type="checkbox"/> |
| 2                   | le niveau du tank temporaire 1 a dépassé | Errors           | niveau choco...  | 93            |             | Dépassement | <input type="checkbox"/> |
| 3                   | le niveau du tank temporaire 2 a dépassé | Errors           | niveau choco...  | 93            |             | Dépassement | <input type="checkbox"/> |
| <ajouter>           |  |                  |                  |               |             |             |                          |

Figure IV. 26: Configuration des alarmes

-Durant le cycle de production, les alarmes s’affichent dans une fenêtre sous forme de messages. Ci-dessous, la fenêtre des messages d’alarmes :

| No. | Heure | Date | Etat | Texte | Acquitter le groupe |
|-----|-------|------|------|-------|---------------------|
|     |       |      |      |       |                     |

Figure IV. 27: Vue d’alarmes

## IV.9. Simulation HMI

La simulation de notre programme nous donne les résultats suivants :

### IV.9.1. Simulation vue d'accueil

La simulation avec le tank mélangeur plein et opérationnel et l'agitateur en marche avec le choix de la recette « chocolat au lait ».

-le tank en étant plein, le processus de préparation est terminé. Un voyant vert s'allume pour indiquer que le tank est prêt à être utilisé, ce qui permet d'activer le remplissage automatique.

-Dans ce cas, si on clique sur « recommencer la préparation », le cycle ne commence pas car le tank est déjà opérationnel et il va falloir que le tank se vide pour pouvoir recommencer.

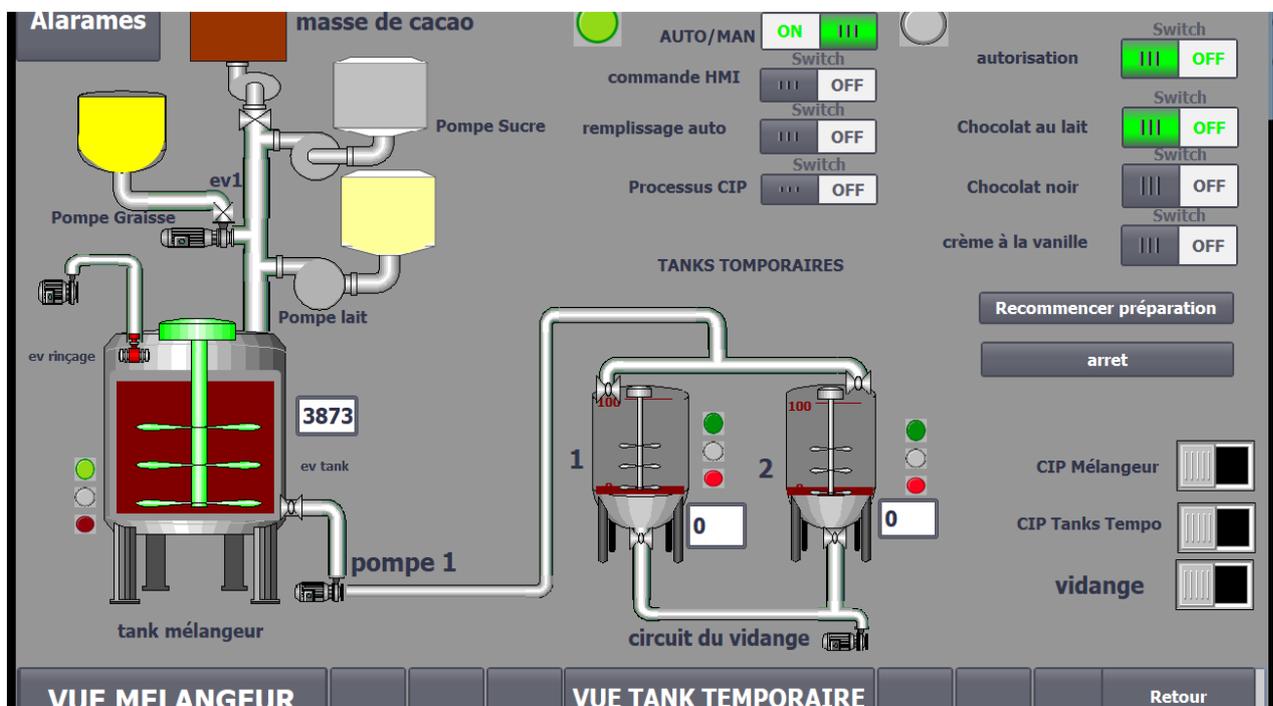


Figure IV. 28: Simulation vue d'accueil avec tanks plein

### IV.9.2. Simulation vue « Tank mélangeur »

En cas de manipulation manuelle pour par ex : « mélanger une petite quantité », on active le mode manuel et la « commande HMI ». On clique sur le bouton de « vue tank mélangeur » Pour choisir la pompe ou l'action qu'on active.

-Sur notre simulation nous avons activé l'agitateur pour mélanger une quantité réduite après avoir préparé les ingrédients nécessaires, « Pompe de et agitateur » en marche.

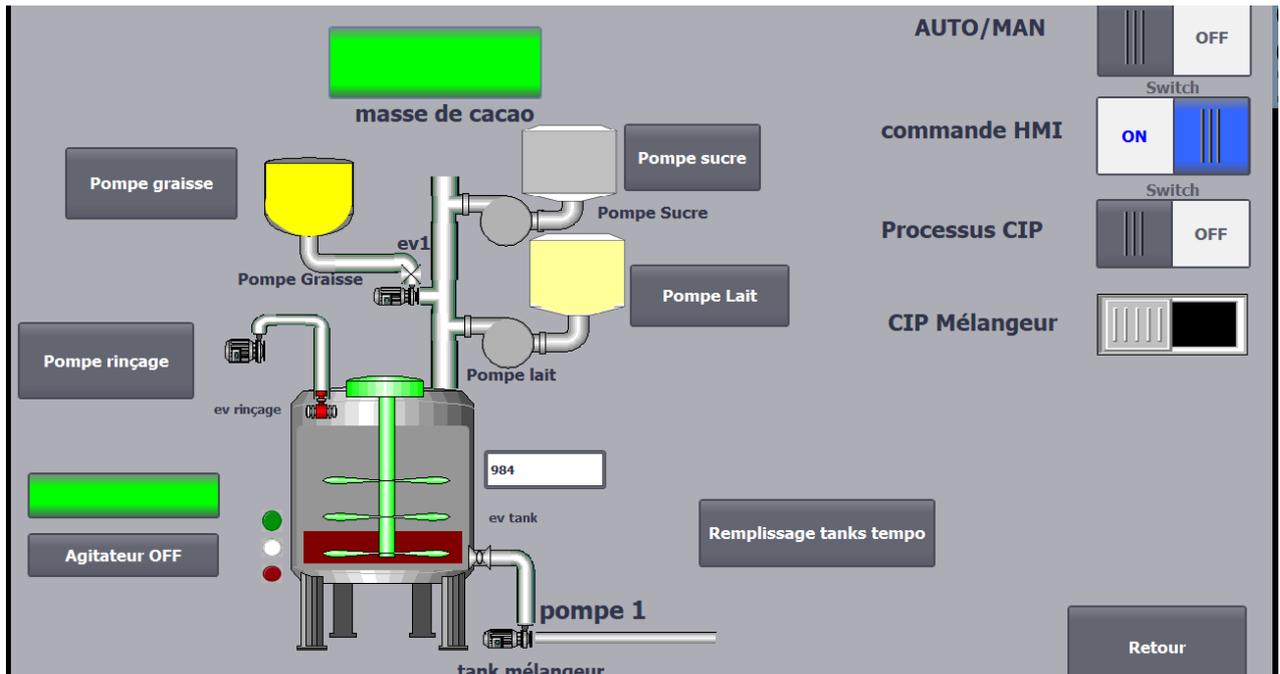


Figure IV. 29: Simulation vue « tank mélangeur » a commande manuelle

### IV.9.3. Simulation vue « Tanks temporaires »

En cas de panne, par exemple : de l'une des pompes de ligne des tanks mélangeurs et pour ne pas bloquer tout le processus, on doit remplir un seul tank. Pour cela on clique sur « la vue tank temporaire », et on choisit le tank à remplir.

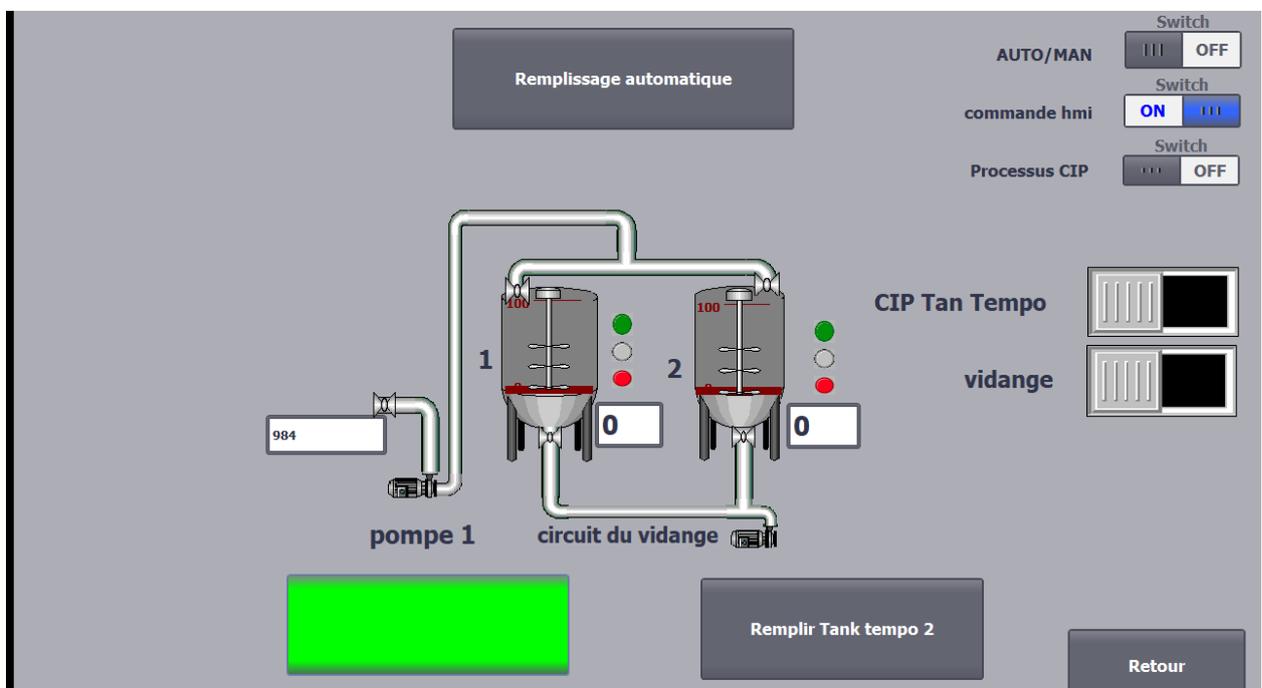
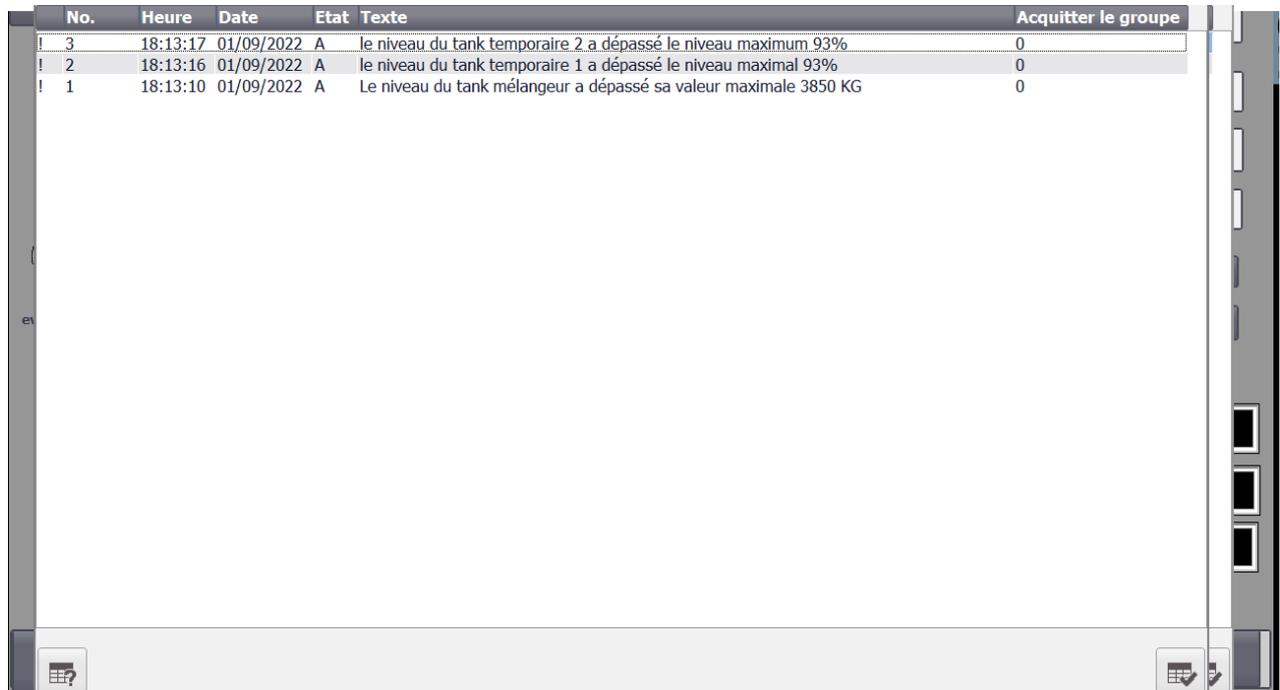


Figure IV. 30: Simulation commande manuelle remplissage tank1

#### IV.9.4. Simulation des alarmes

Les messages d'alarme servent à nous signaler les erreurs sur nos processus de production. La figure suivante montre la vue d'alarme en cas d'erreur.



| No. | Heure    | Date       | Etat | Texte  | Acquitter le groupe |
|-----|----------|------------|------|--|---------------------|
| 3   | 18:13:17 | 01/09/2022 | A    | le niveau du tank temporaire 2 a dépassé le niveau maximum 93%   | 0                   |
| 2   | 18:13:16 | 01/09/2022 | A    | le niveau du tank temporaire 1 a dépassé le niveau maximal 93%   | 0                   |
| 1   | 18:13:10 | 01/09/2022 | A    | Le niveau du tank mélangeur a dépassé sa valeur maximale 3850 KG | 0                   |

Figure IV. 31: Simulation des messages d'alarmes

### IV.10. Conclusion

L'utilisation d'un logiciel informatique industriel présente de nombreux avantages grâce aux automates programmables.

Dans ce chapitre, on s'est intéressé à la réalisation du programme sur le logiciel « TIA PORTAL V13 » et les procédures à suivre pour programmer un API S7-300 avec le langage LADDER. Nous avons montré le résultat de la simulation avec « PLC Sim », ainsi que la visualisation des différents réseaux.

Nous avons essayé de créer un système de supervision général et pratique pour les opérateurs du système de production. En mettant à leur disposition un large programme pour commander, contrôler manuellement et suivre le process de l'étape de malaxage grâce à l'interface HMI.

# Conclusion générale

Notre projet fin d'étude a été réalisé et établis sur les tanks mélangeurs de préparation trouvant au sein de l'entreprise SOBCO, l'objectif du projet était l'élaboration d'un système de commande automatique et manuelle d'un tank mélangeur à base d'un API SIEMENS S7-300.

-A l'issue de notre travail, nous pouvons conclure que :

L'évolution des API ne cesse de continuer et notamment leurs logiciels de programmation, l'API S7-300 procure plusieurs avantages tels que la flexibilité, la facilité d'extension de ses modules et la possibilité de visualisation et validation du programme établi avant son implantation grâce à son logiciel de simulation S7-PLCSIM.

Une bonne automatisation d'un procédé doit être performante et d'un coût optimal, cela est obtenu en passant par

- L'élaboration d'un cahier des charges qui comprend tous les aspects fonctionnels du processus.
- La modélisation du cahier des charges par un des outils de modélisation par exemple le GRAFCET.
- Le choix optimal de la partie commande (API), de la partie opérative (actionneurs) et les moyens de dialogues (capteurs).

Ce que nous retenons du travail que nous avons effectué est primordial dans notre vie d'ingénieur. Ce Projet nous a été bénéfique et fructueux en nous apportant un énorme flux d'informations et de connaissance sur le domaine industriel et la mise en application des compétences théoriques acquises tout au long du cursus universitaire. D'autre part, il nous a permis d'apprendre les différentes étapes pour travailler sur un projet d'automatisation

Nous espérons que notre travail pourra apporter un plus sur le plan pratique et que les promotions à venir puissent en tirer profit.

## Références bibliographiques

- [1]. Documentation Société Palmary « Sobco ».
- [2]. Broyeur,  
<http://fr.aurissnackmachine.com/chocolate-machine/chocolate-refiner-conche/popular-10001-industrial-chocolate-conche.html>
- [3]. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MÉLANGEURS, **Erwan Guillard**,  
<https://www.palamaticprocess.fr/blog/quels-sont-les-differents-types-de-melangeurs?FROM=11>
- [4]. Mélangeurs et agitateurs industriels  
<https://www.legarrec.com/entreprise/melangeur-industriel-principes/>
- [5]. **Bessekri Aymen** et **Zerargui Ahmed Zaki**, « Automatisation et Supervision d'une Banderoleuse HEIX-HS30 », Mémoire de Master en automatique et informatique industrielle, UMBB, 2021.
- [6]. **BEKKARI Mohammed Elfateh** et **BARKA Oussama**, « Automatisation d'une station de pompage à l'aide d'un API S7-1200 », Mémoire de Master en instrumentation industrielle, UKM Ouargla, 2018.
- [7]. **NEDIL SABIHA** et **SADI ZOHRA**, ÉTUDE TECHNOLOGIQUE ET ADAPTATION D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE POUR UNE AFFUTEUSE « KLINGLENBERG », Mémoire de fin d'études, UMMTO, 2009.
- [8]. **Dra el Mizen Mohamed Zohir**, Étude et réalisation d'un Système de contrôle de poids en ligne de produit fini des pâtes alimentaires, USD Blida, 2018
- [9]. Cellules de pesée à fléau multifonctions,  
[https://www.mt.com/ca/fr/home/products/Industrial\\_Weighing\\_Solutions/AutomPrecision/load-cell-and-weigh-module/strain-gauge-beam-load-cells/multi-purpose-beam.html](https://www.mt.com/ca/fr/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/AutomPrecision/load-cell-and-weigh-module/strain-gauge-beam-load-cells/multi-purpose-beam.html)
- [10]. Détecteur de distance optique O1D100,  
<https://www.ifm.com/fr/fr/product/O1D100?tab=information>

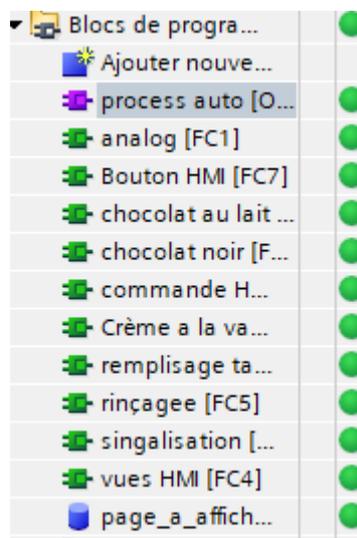
- [11]. **Yataghene Khadidja** et **Yasmine Touhami Massa**, « Conception d'un système de commande automatique/sans-fil d'un moteur asynchrone », UMBB, 2021.
- [12]. **BELAIDENE HICHEM** et **BELFODIL DALILA**, « Automatisation et supervision d'une station de préparation de la matière par l'automate S7-1500 », Mémoire De Fin d'Etude De MASTER en automatique et informatique industrielle, université de Tizi Ouzou, 2017.
- [13]. **ZEMANI Meziane** et **BEDRI Abderrezak**, « Automatisation et supervision d'une chaîne de remplissage de bouteilles de gaz propane », Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER, UMMTO, 2009.
- [14]. Motoréducteur  
<https://www.pompe-moteur.fr/106-motoreducteur>
- [15]. Pompe à engrenages pour liquides visqueux  
<https://www.zoneindustrie.com/Produit/Pompe-a-engrenages-pour-liquides-visqueux-10517.html>
- [16]. pompes à lobe  
<https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/pompe-a-lobes>
- [17]. Pompe à vis  
<https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/pompe-a-vis>
- [18]. **MROUCHE MOHAMED** et **ALI MARZOUK**, « Etude et automatisation d'une ligne d'emboutissage de tôle à l'aide d'un API S7-300 », Mémoire de fin d'études, UMMTO, 2013.
- [19]. **FAHEM NASSIM** et **HAMMAR YAZID**, « Etude de l'automatisation par automate programmable S7-300 de la machine à garnir les encoches De l'ENEL », mémoire fin d'études, UMMTO, 2008.
- [20]. **ZEMANI Meziane** et **BEDRI Abderrezak**, « Automatisation et supervision d'une chaîne de remplissage de bouteilles de gaz propane », mémoire fin d'études, UMMTO, 2016.

# Annexe

## Programme réalisé :

On a divisé le programme en blocks :

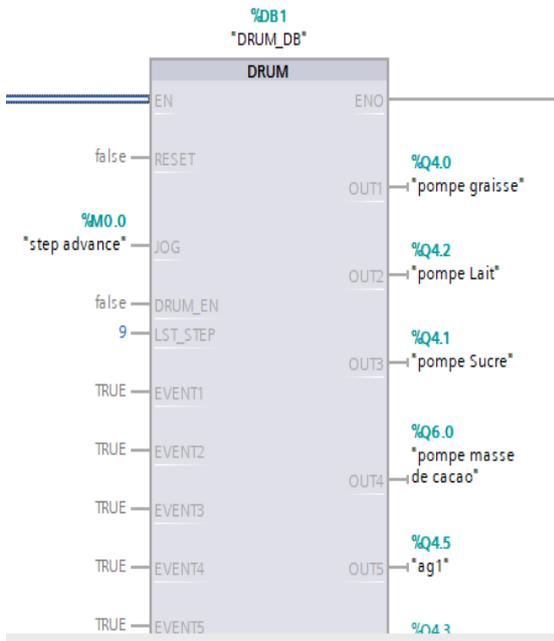
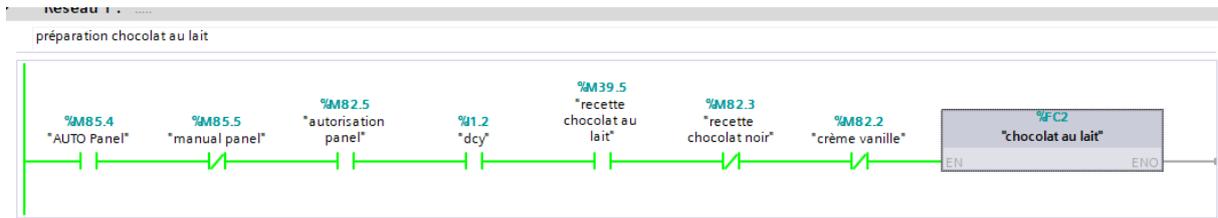
- **Remplissage auto:** pour le remplissage auto des tanks « pompe1- électrovannes associées ».
- **Chocolat au lait :** pour le programme du chocolat au lait.
- **Chocolat noir :** pour le programme du chocolat noir.
- **Crème à la vanille :** pour le programme de la crème à la vanille.
- **Rinçage :** pour le programme du rinçage.
- **Boutons HMI :** pour les boutons HMI.
- **Commande HMI :** pour la commande manuelle depuis HMI.
- **Signalisation :** pour la signalisation et les indications de niveau.
- **Analog :** pour les capteurs analogiques.



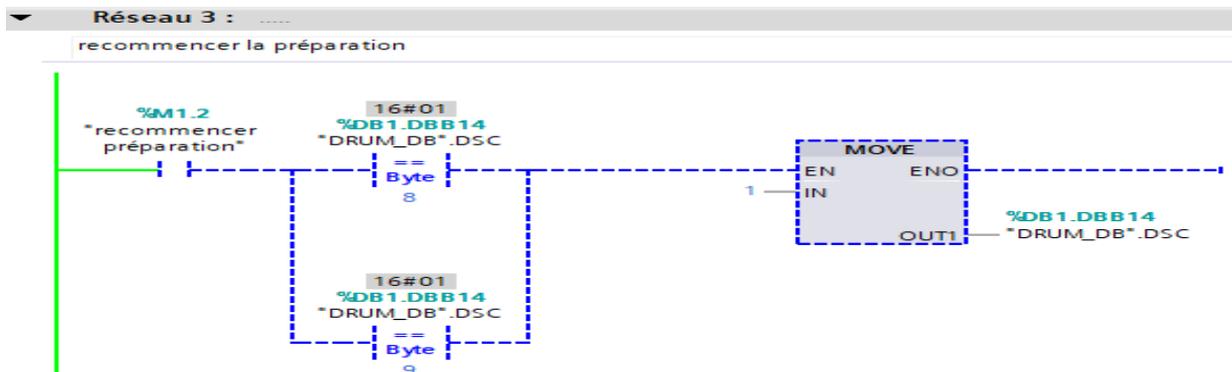
## 1. Recette chocolat au lait :

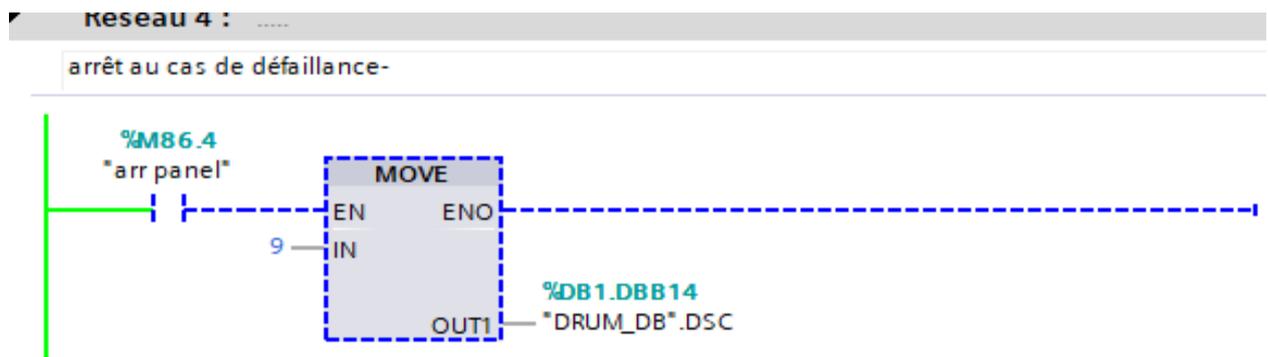
En utilisant le bloc « drum » comme séquenceur

## 1.1-Activation du bloc « chocolat au lait » et séquenceur « drum ».

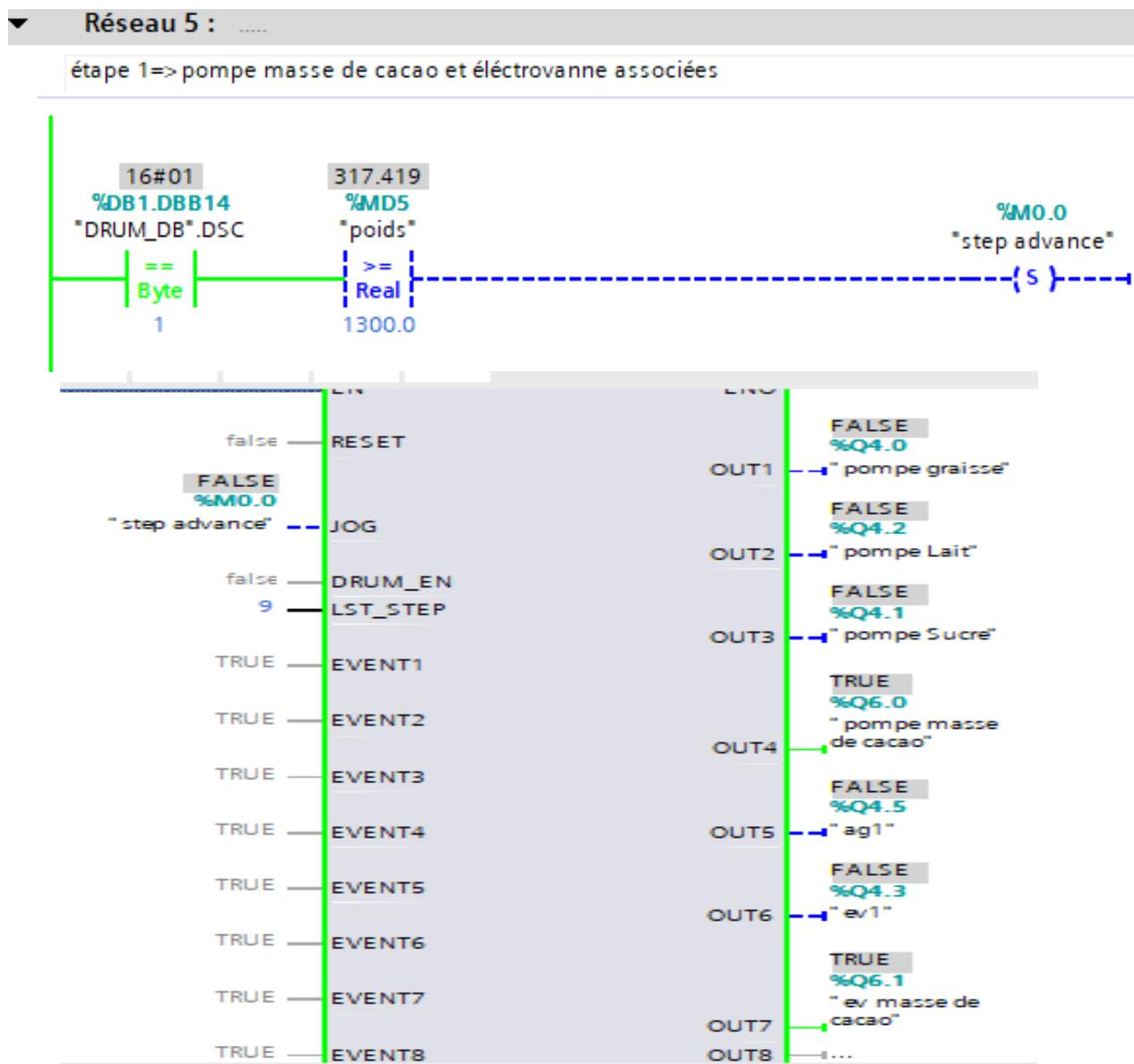


## 1.2. Réseau pour recommencer la préparation

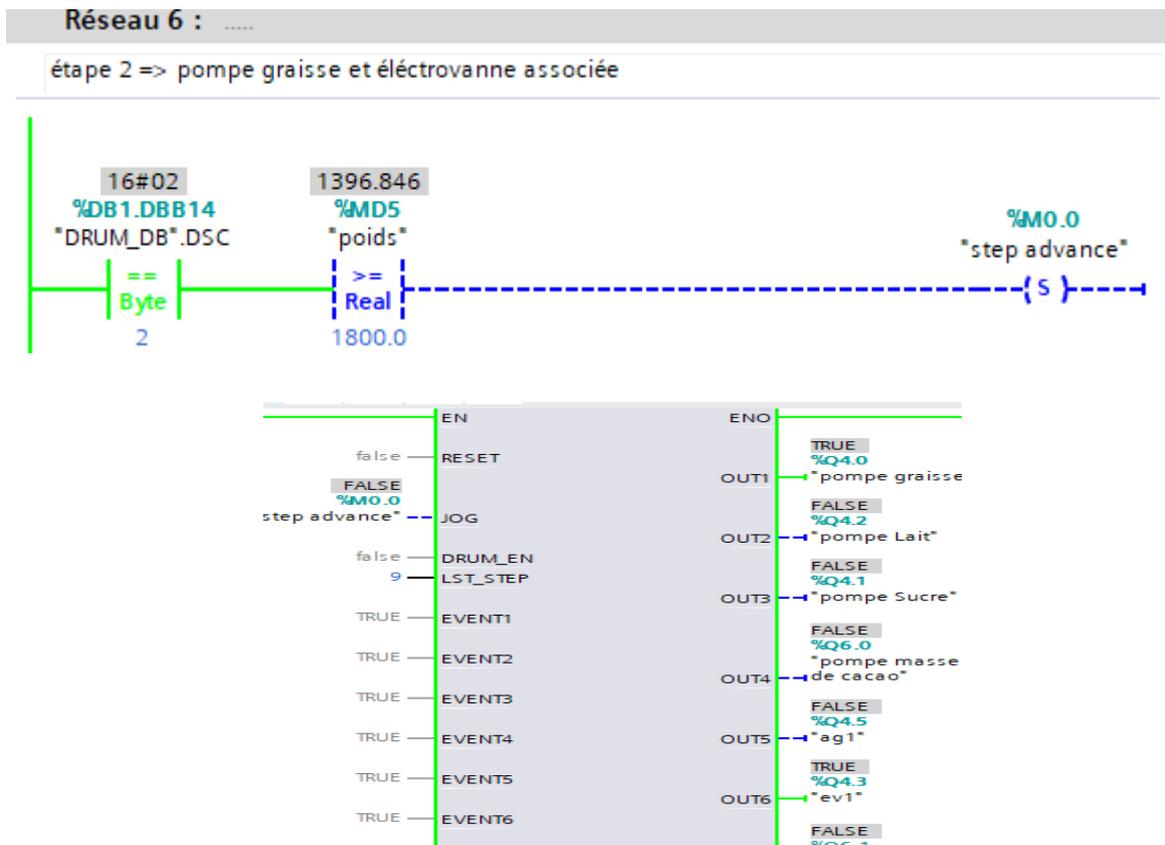




### 1.3. Etape 1 « pompe masse de cacao et électrovanne masse de cacao »,

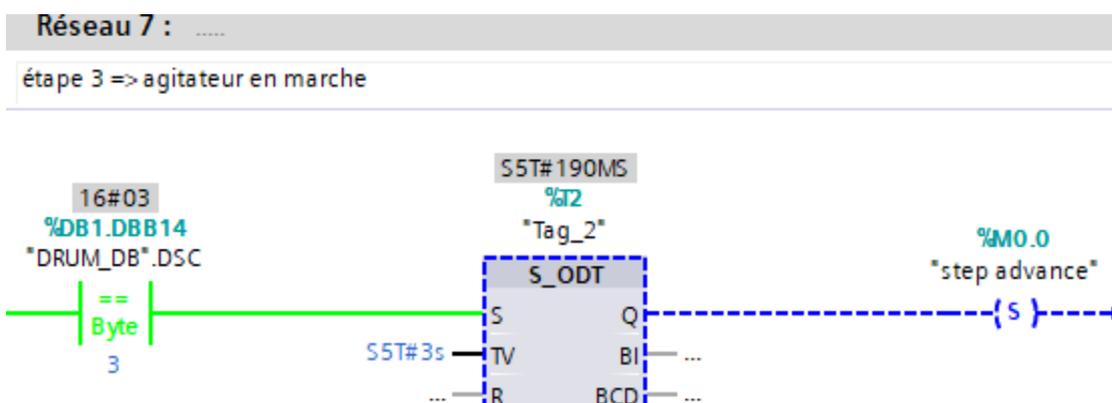


## 1.4. Etape 2 : « pompe graisse-électrovanne graisse »



## 1.5. Etape 3 : « agitateur »

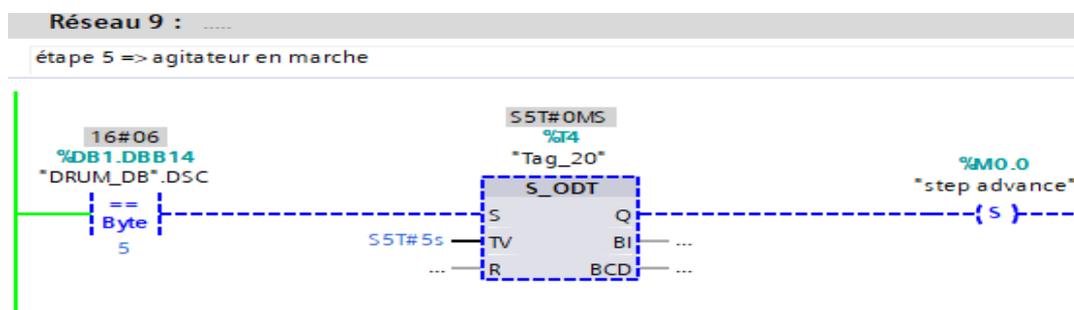
-Dans notre programme, le temps de temporisation et de « 3-5 secondes » aux lieux de « 3-15 minutes » en vrai, pour pouvoir simuler plus rapidement.



## 1.6. Etape 4 : « pompe lait »



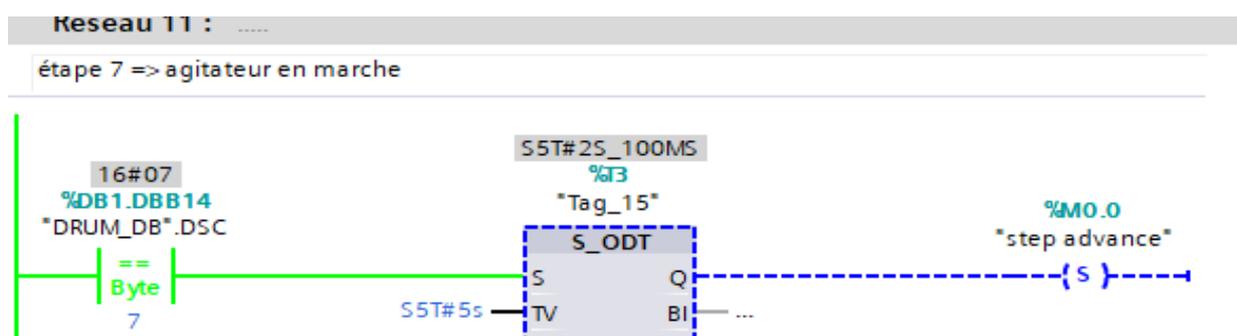
## 1.6. Etape 5 : « agitateur »



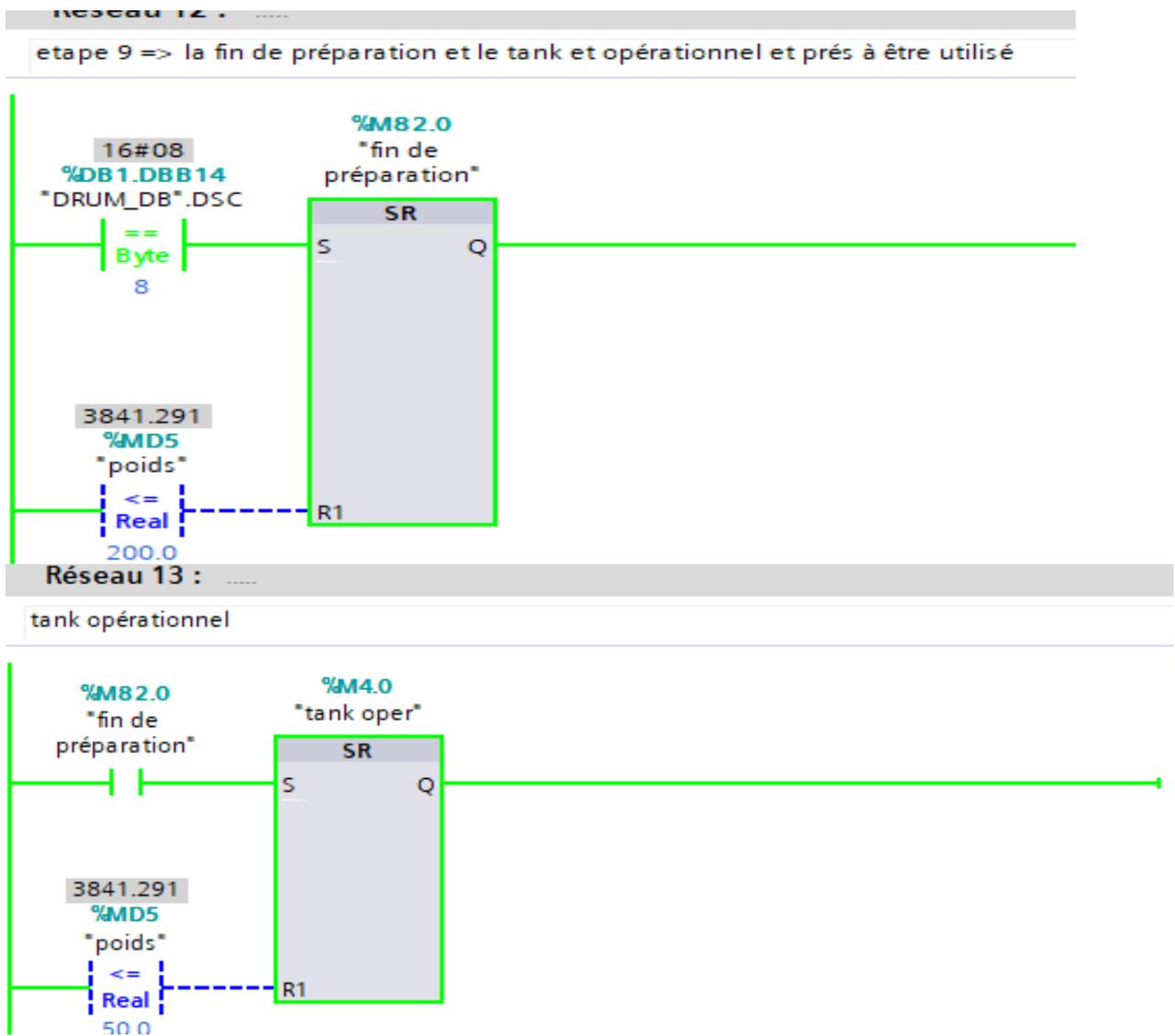
## 1.7. Etape 6 : « pompe sucre »



## 1.8. Etape 7 « agitateur »

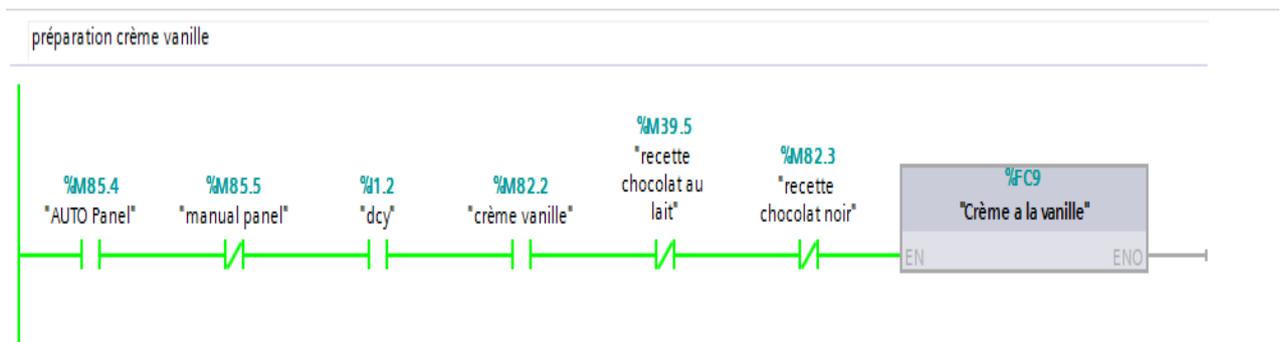


**-Instruction de fin de préparation et activation de la mémoire « tank opérationnel »**



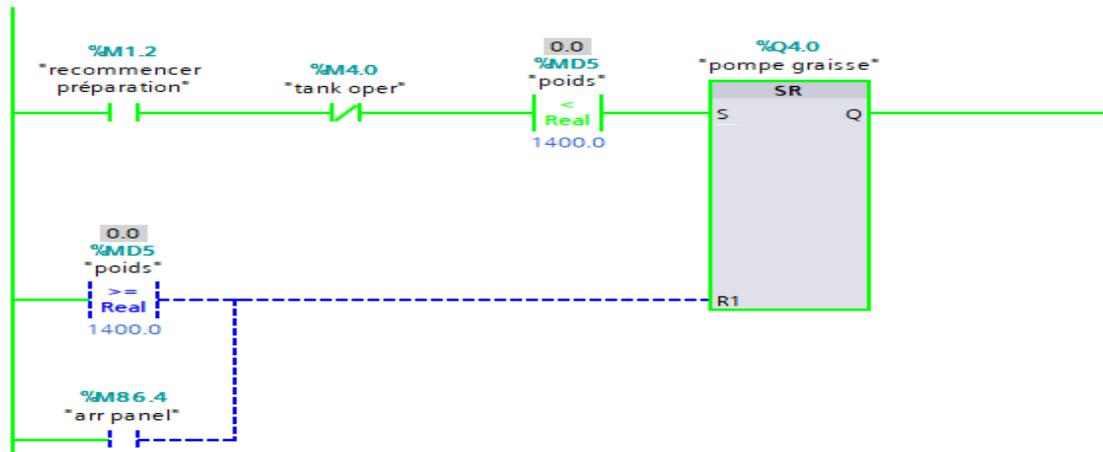
**2. Recette crème vanille :**

**-Réseau pour l'activation du bloc « crème à la vanille ».**

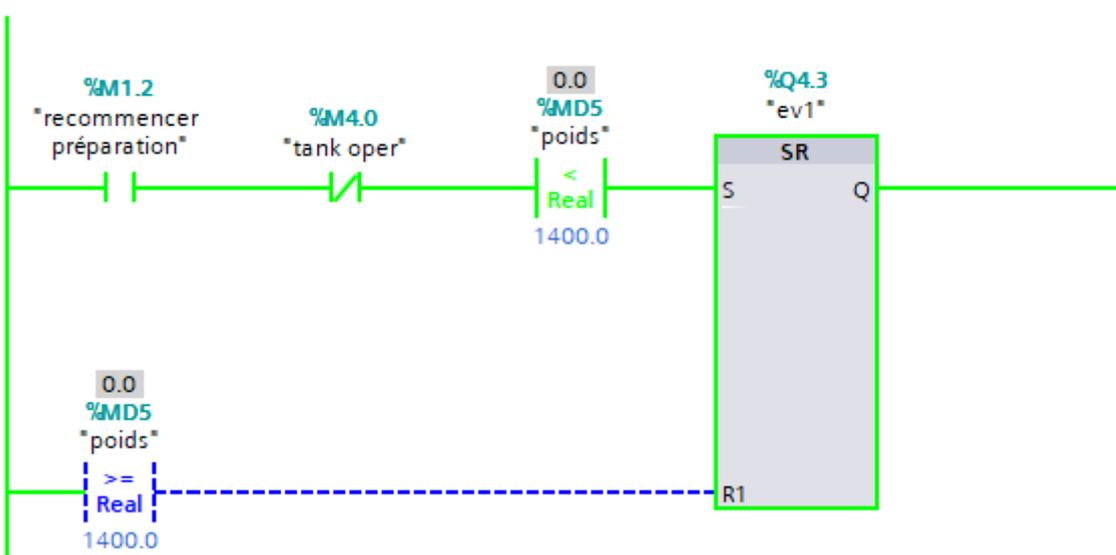


## 2.1. Etapes de la préparation automatique « Crème vanille ».

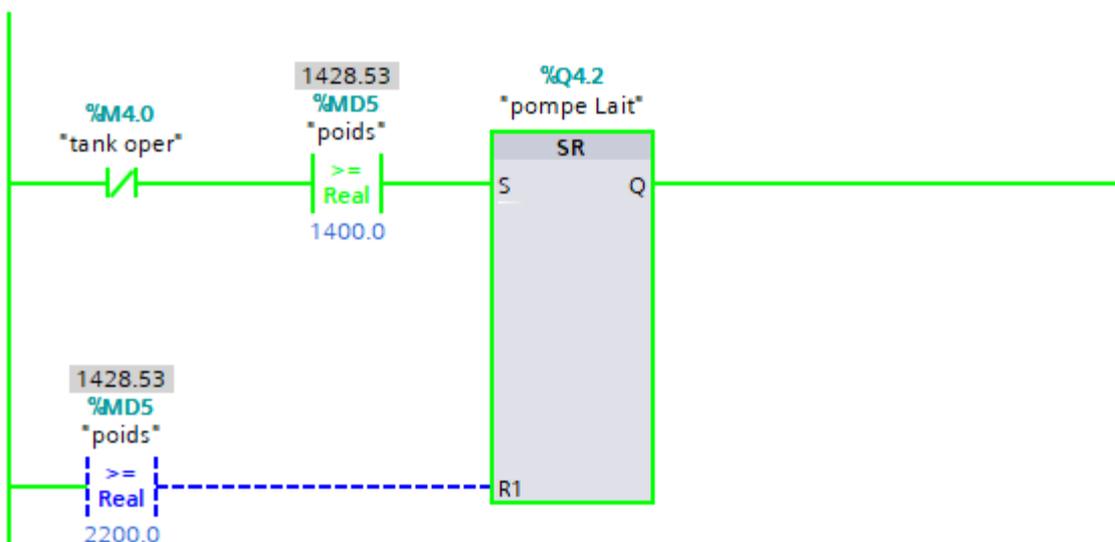
étape 1 => pompe de graisse



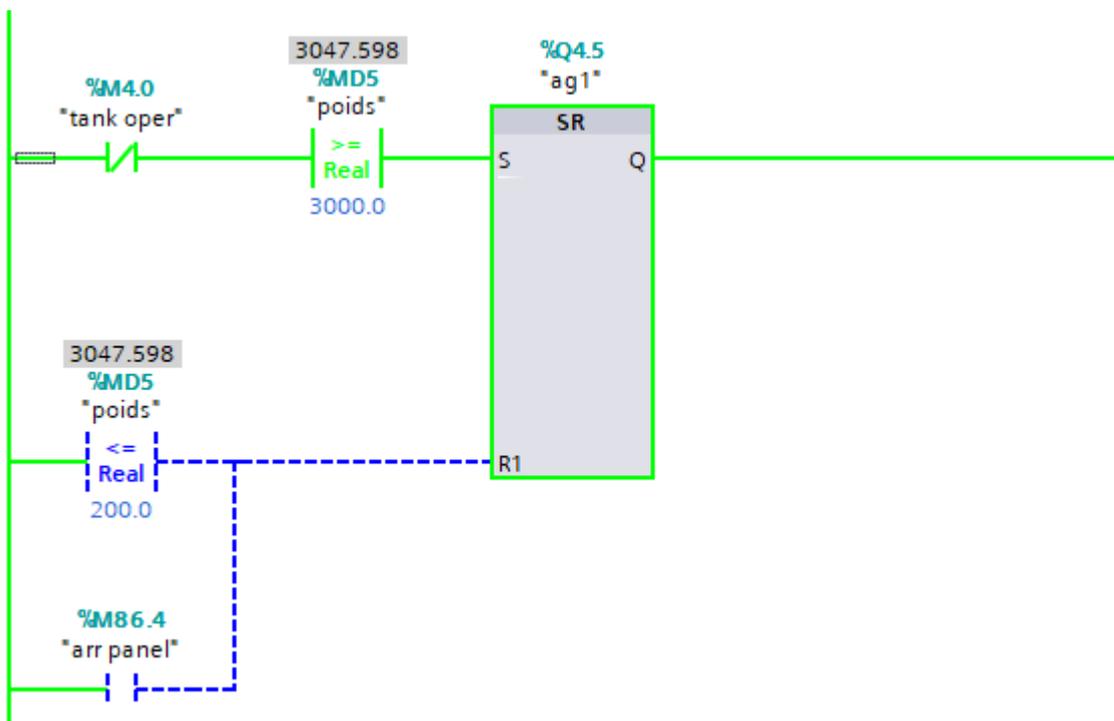
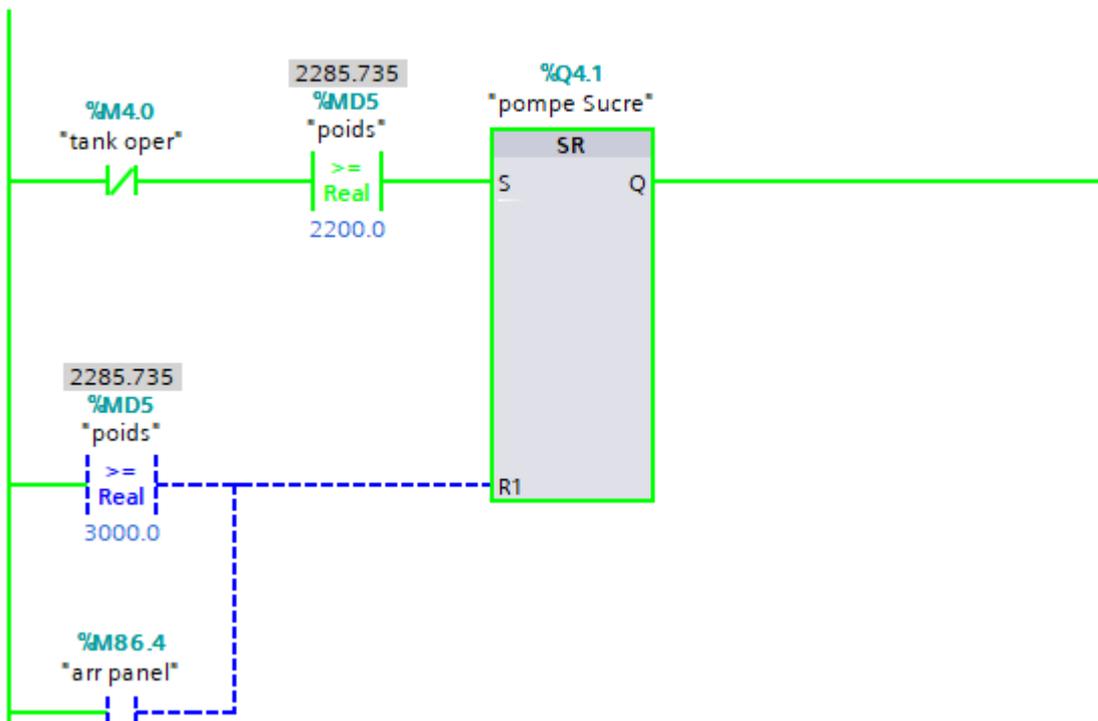
étape 1 => ev graisse



étape1 => marche et arrêt de la pompe lait



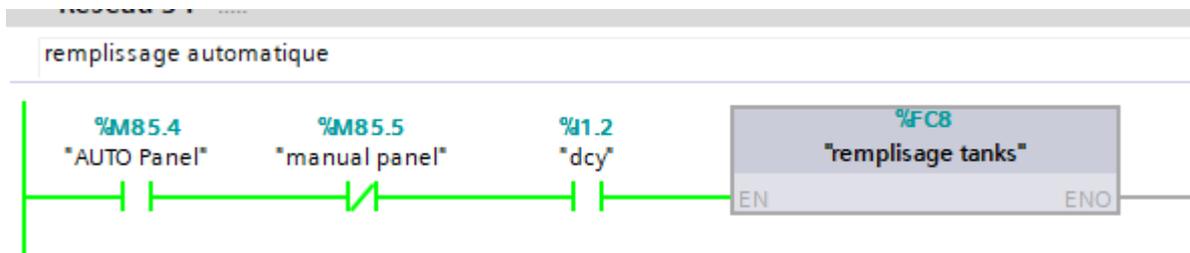
étape1 => marche et arrêt de la pompe sucre



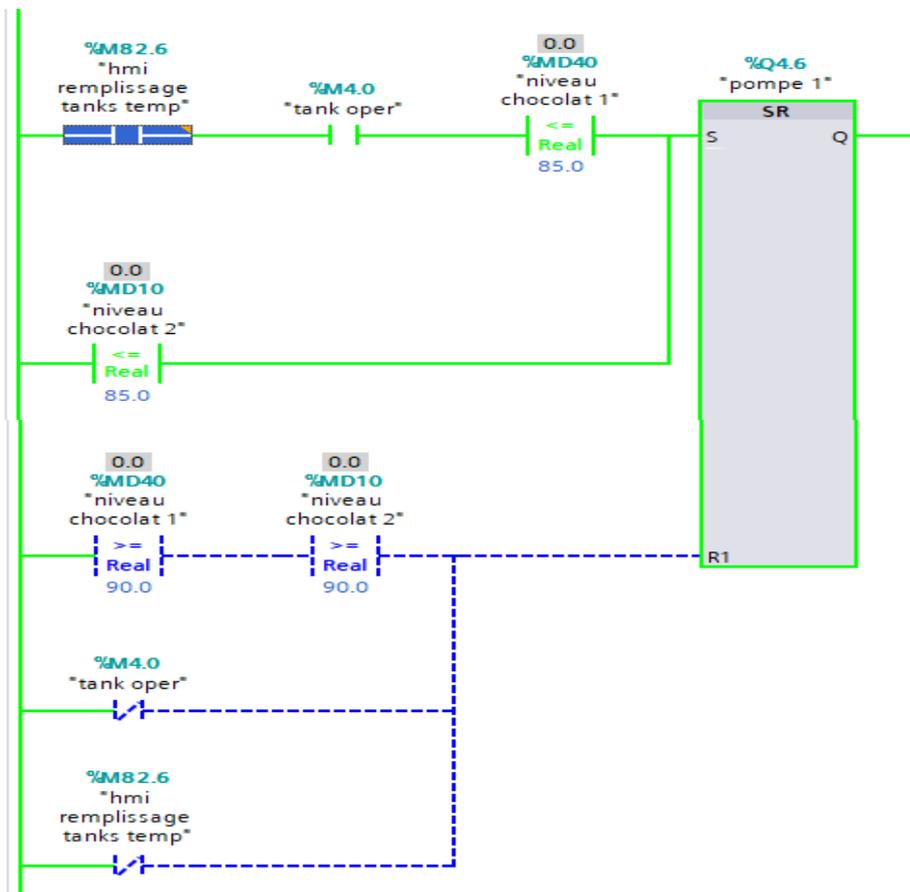
-Avec une temporisation précise, l'instruction « fin de préparation » active la mémoire « tank opérationnel » de la même manière que dans la préparation précédente.

### 3. Remplissage auto :

-Réseau d'activation du bloc « remplissage tanks » pour le remplissage automatique.

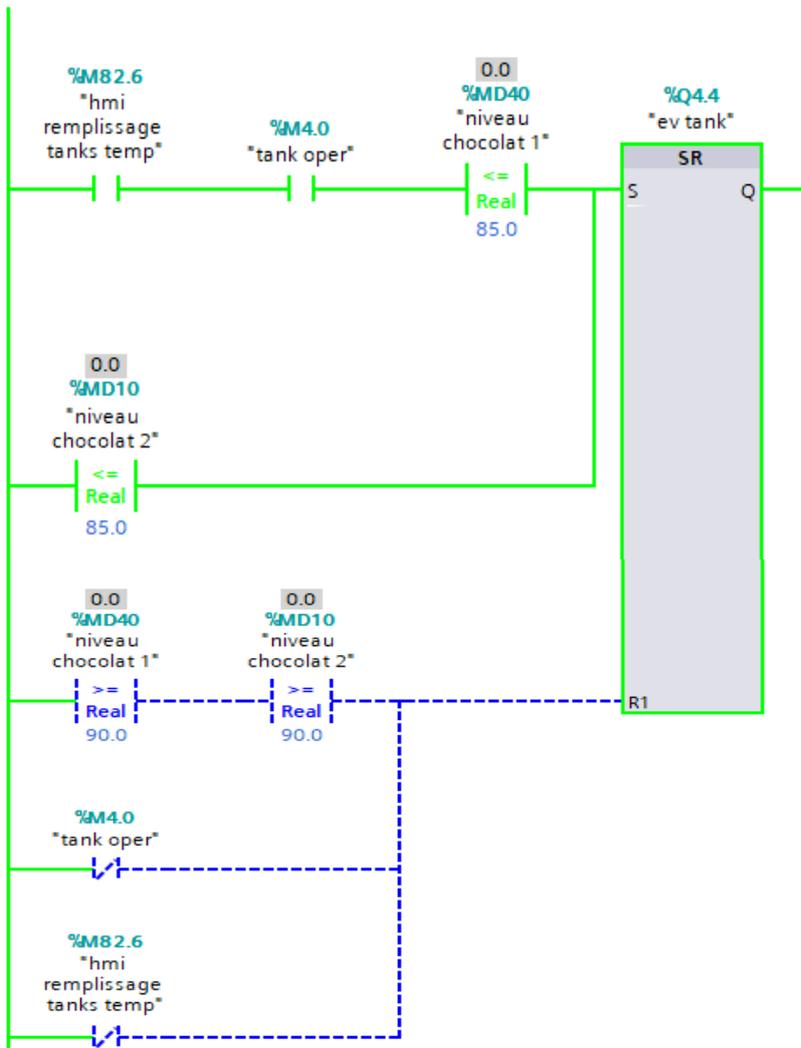


#### 3.1. Pompe 1 :

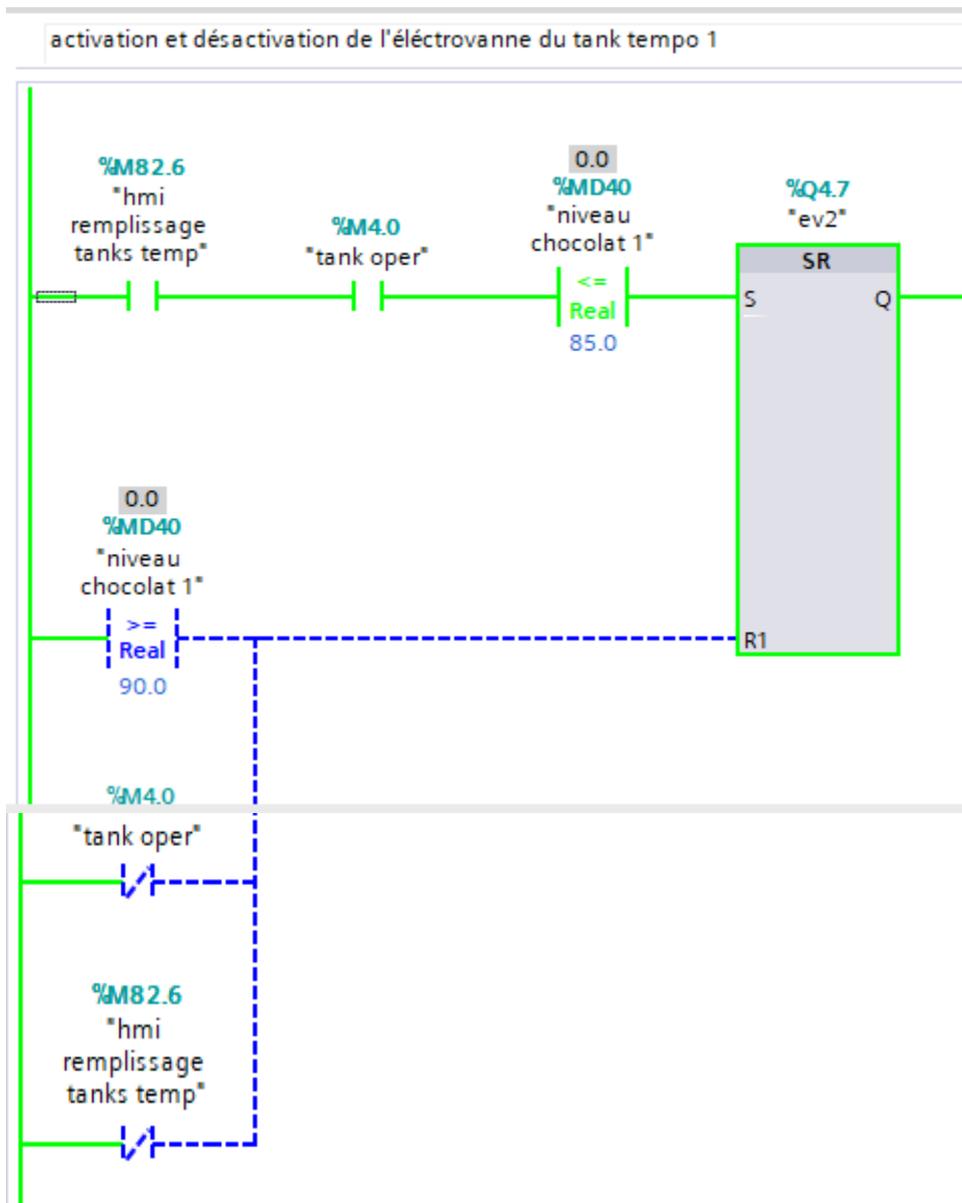


### 3.2. Électrovanne du tank mélangeur

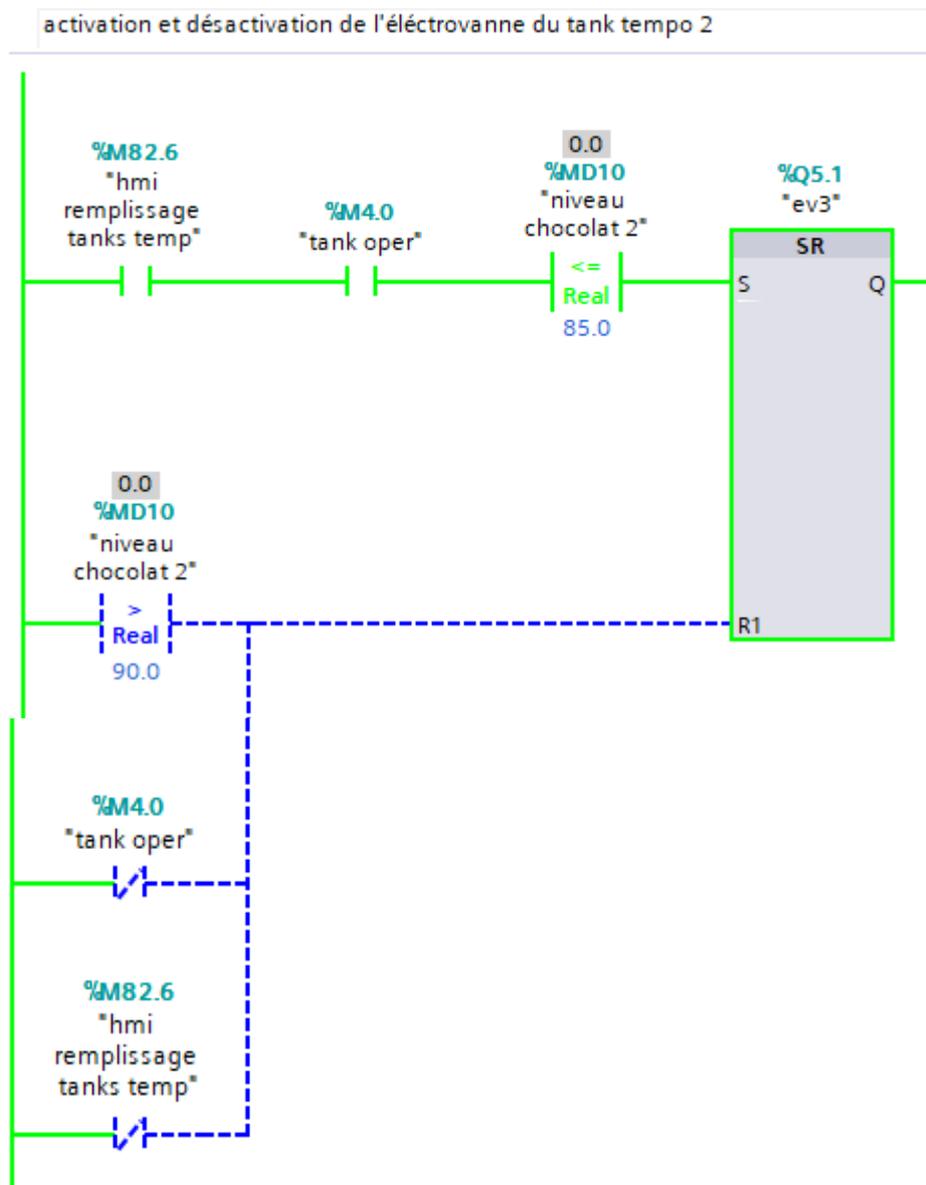
activation et désactivation de l'électrovanne du tank mélangeur



### 3.3. Électrovanne du tank temporaire 1

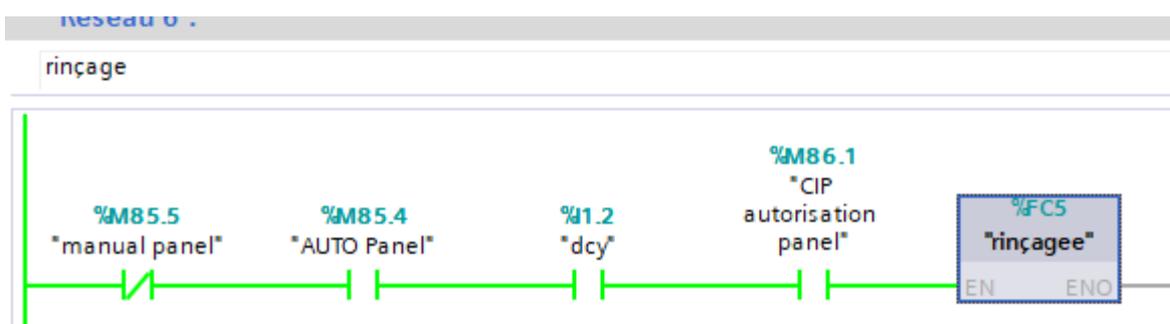


### 3.4. Électrovanne du tank temporaire 2



### 4. Rinçage auto

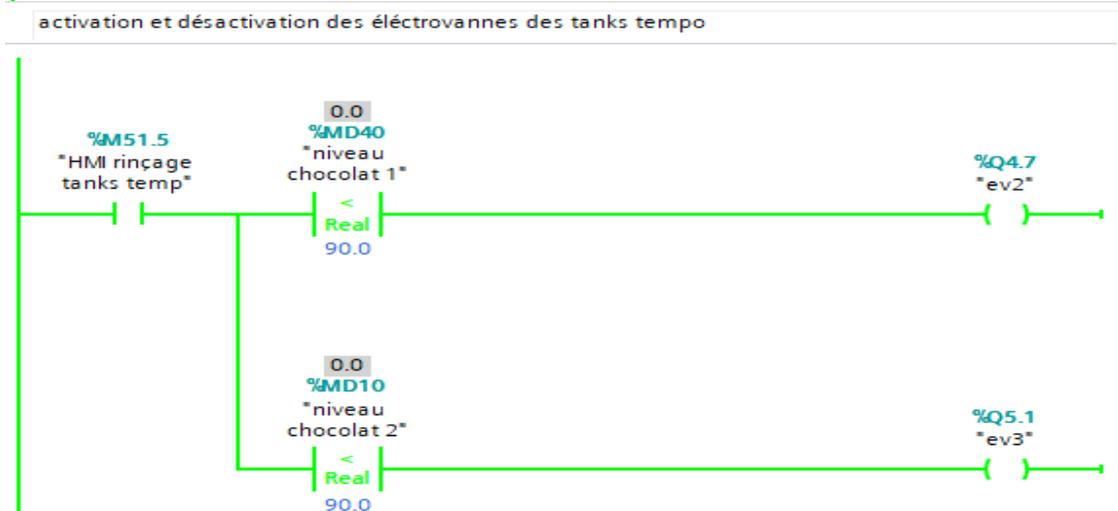
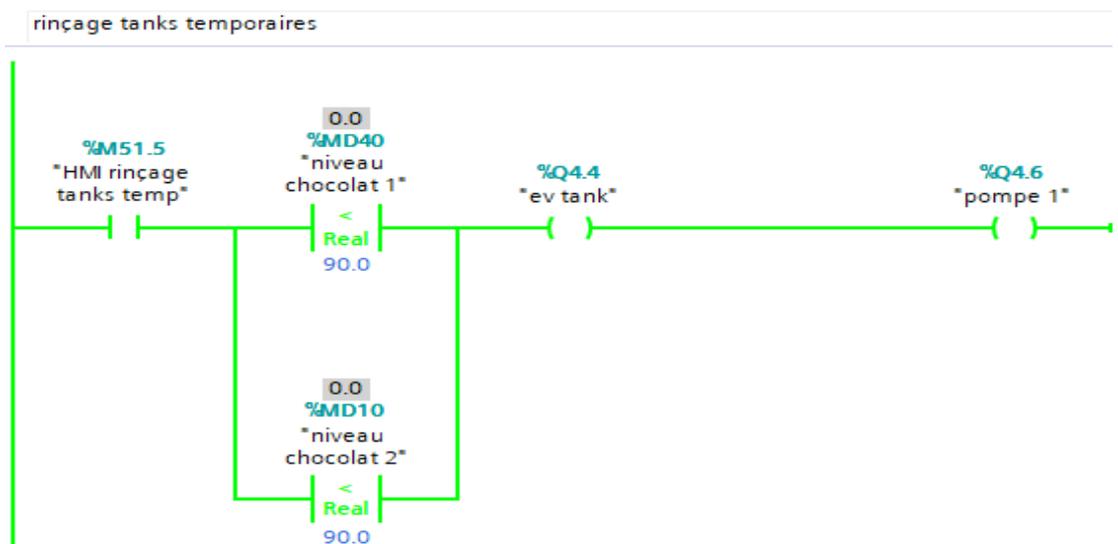
-Réseau d'activation « rinçage » pour le rinçage automatique



## 4.1. Rinçage tank mélangeur

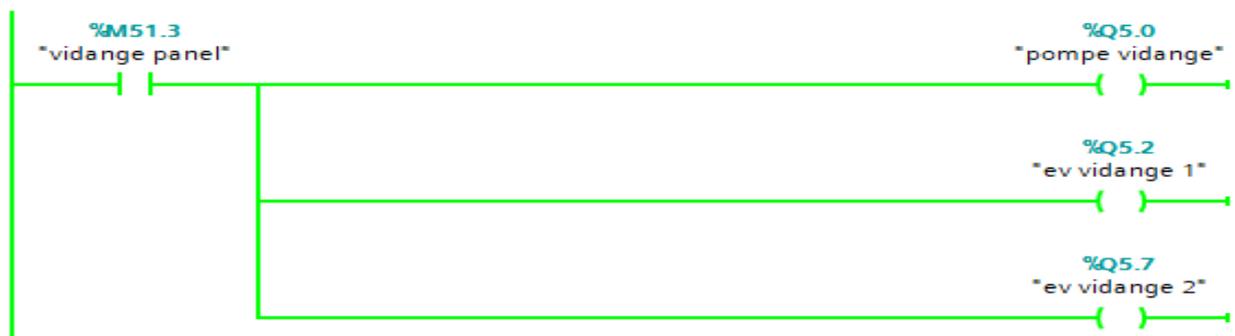


## 4.2. Rinçage des tanks temporaire



### 4.3. Vidange

activation et désactivation de la pompe et les électrovannes du vidange des tanks tempo.



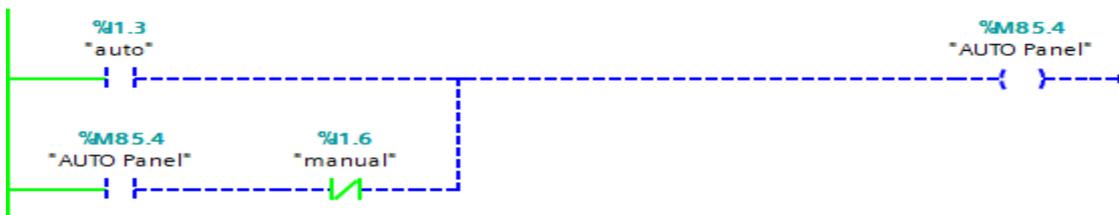
### 5. Les boutons HMI

Bouton <autorisation >, physique et mémoire.

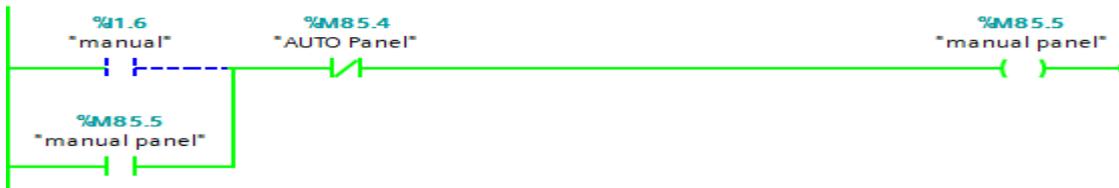


Réseau 2 : .....

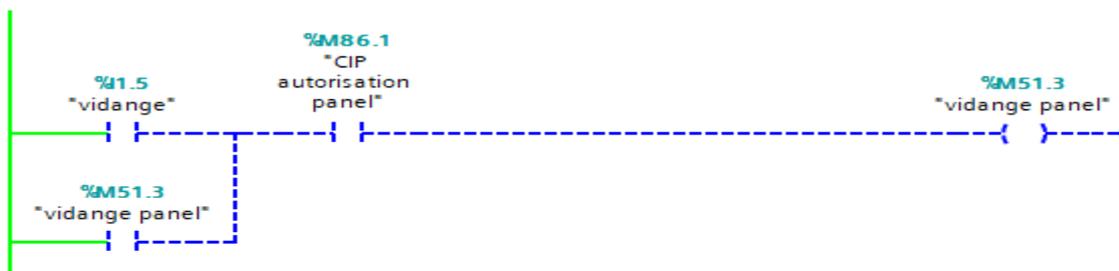
Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton <Auto >



Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton <man >



Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton < vidange >



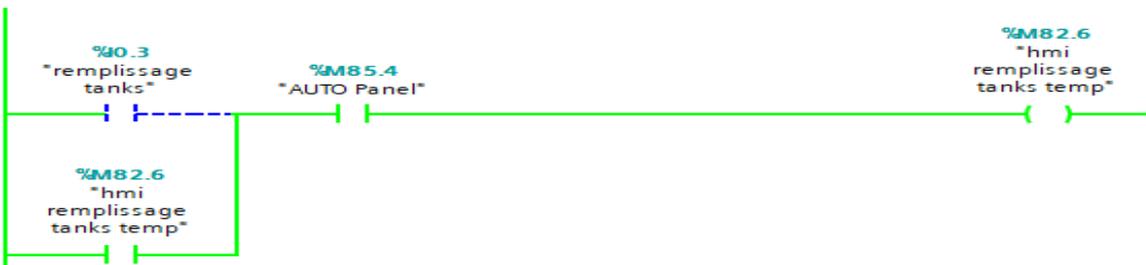
Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton < CIP mélangeur >



Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton < CIP Tank temps >



Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton < remplissage auto >



Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton < Process CIP >

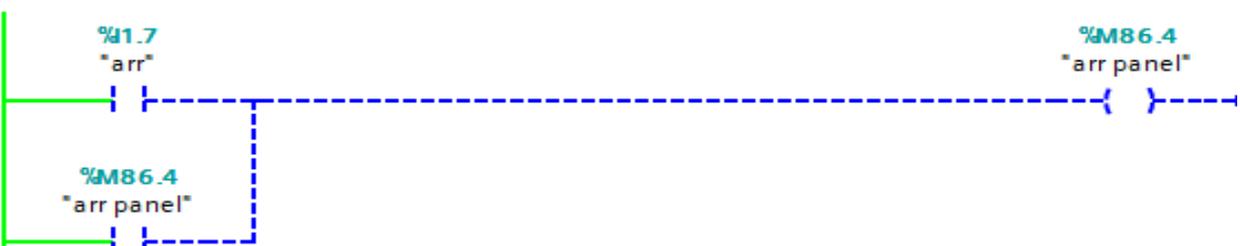


Reseau 9 : .....

Bouton memoire qui activent le bouton < Commande HMI > en mode manuel seulement

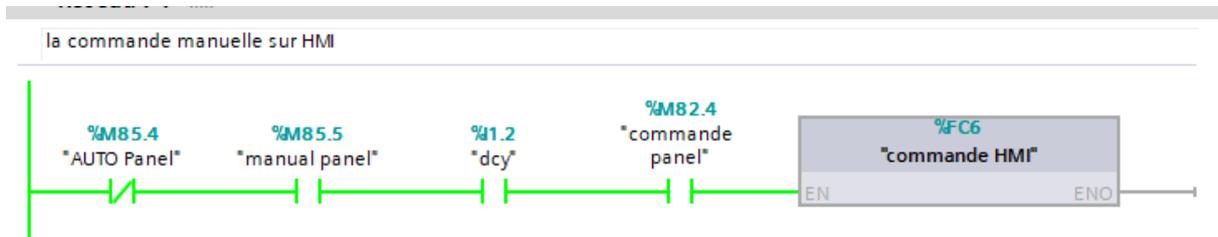


Bouton physique, et memoire, qui activent le bouton < arrêt >

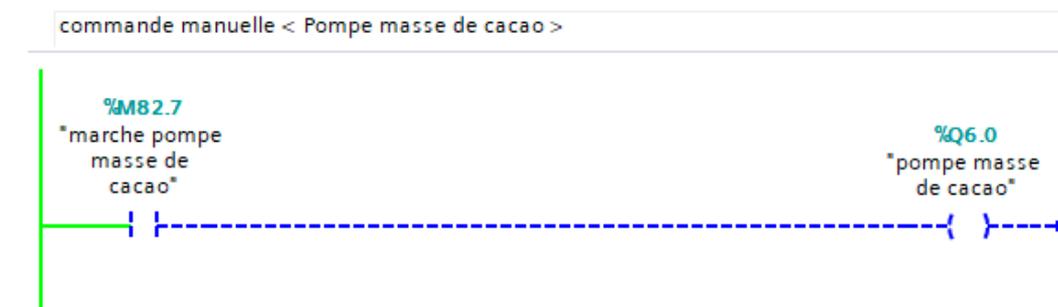


## 6. La commande manuelle « HMI » avec simulation HMI

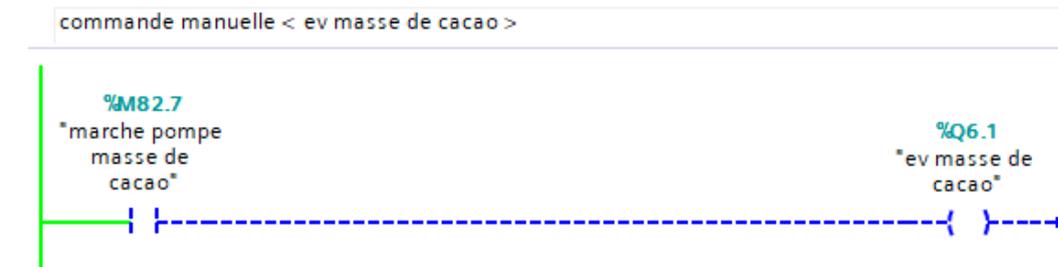
### -Réseau d'activation du bloc « commande HMI »



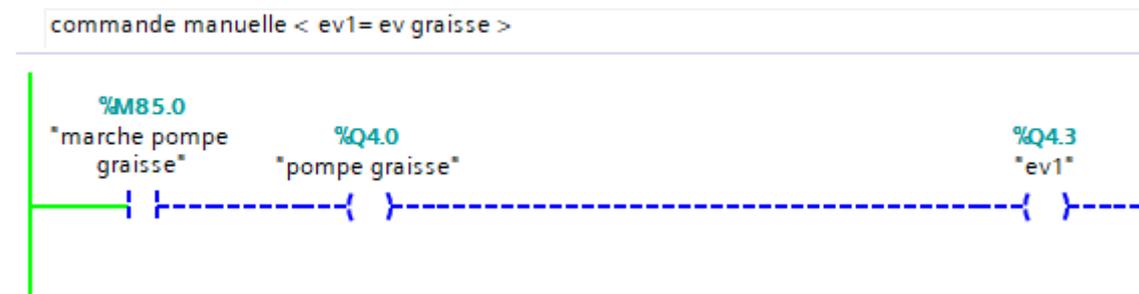
### -Les commandes HMI



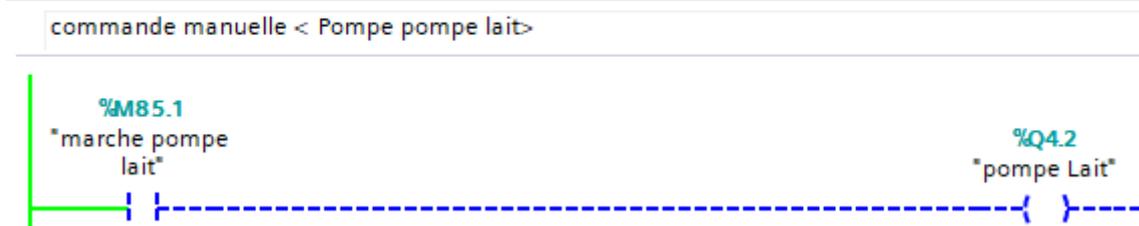
#### ▼ Réseau 2 : .....



#### Réseau 3 : .....



#### Réseau 4 : .....

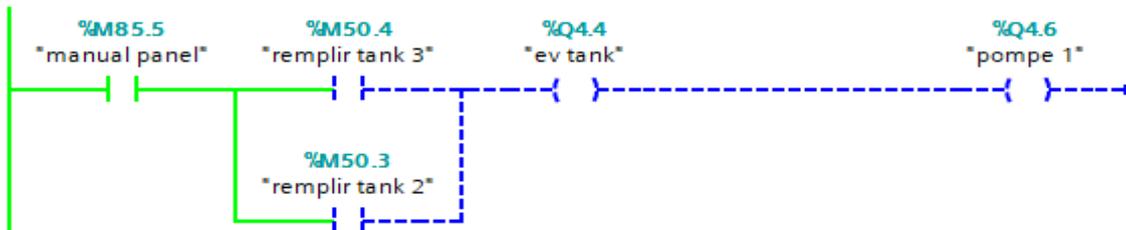


commande manuelle < Pompe sucre >



Réseau 6 : .....

commande manuelle < Pompe1= pompe de remplissage des tank tempos >



commande manuelle < ev tank tempo 2 >



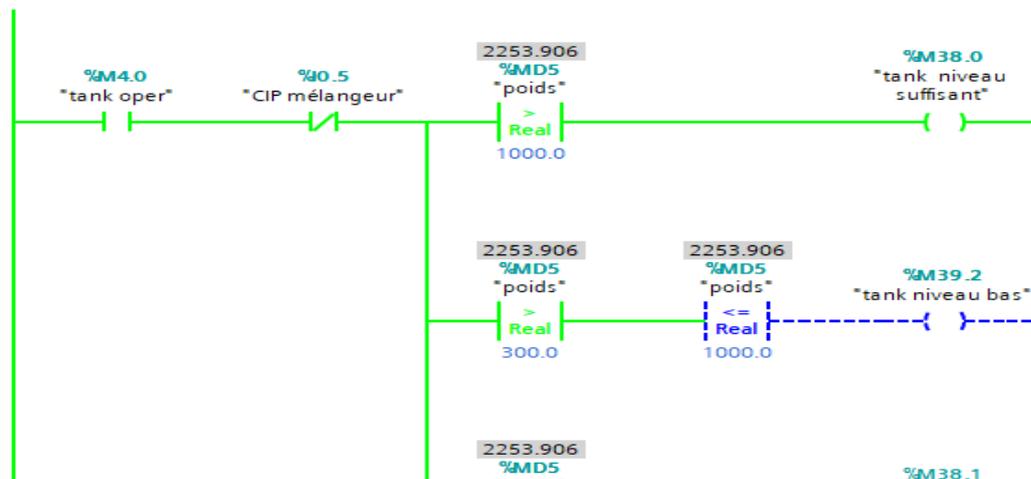
Réseau 8 : .....

commande manuelle < ev tank tempo 1 >

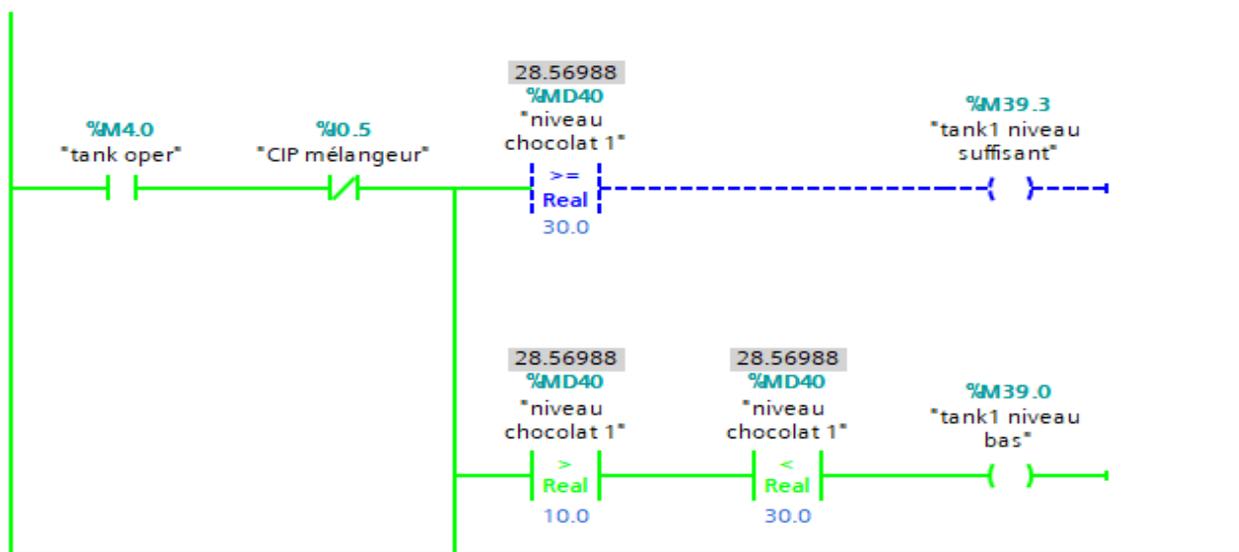


## 7. Signalisation

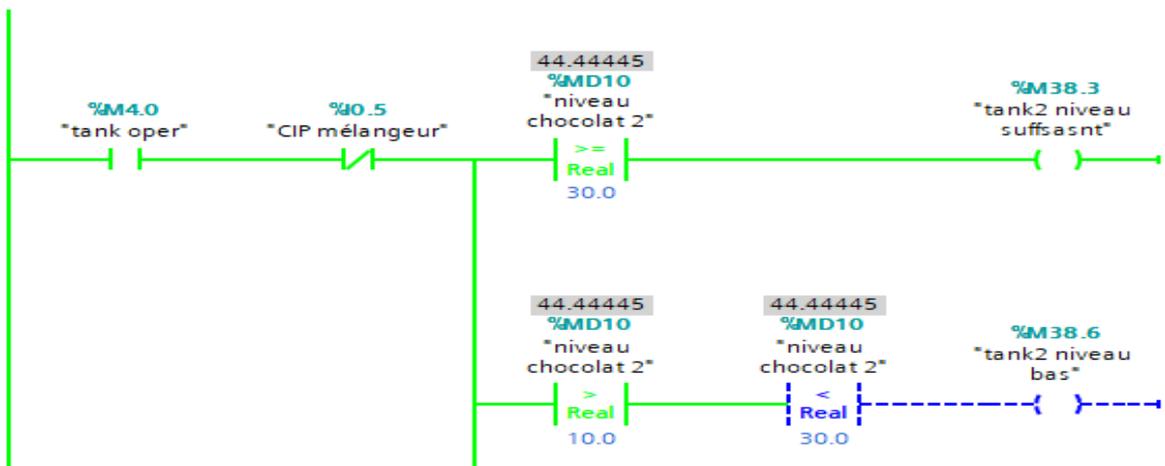
indicateur de niveau du tank mélangeur



indicateur de niveau du tank tempo 1

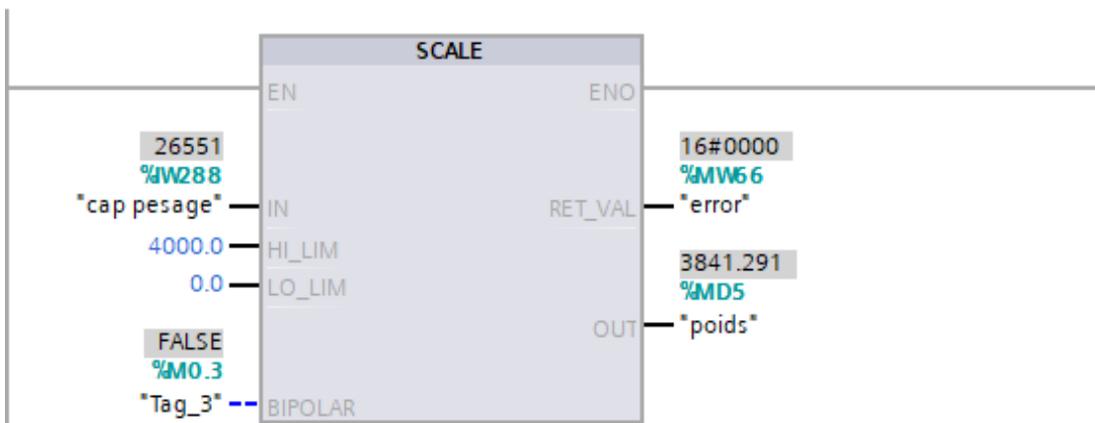


indicateur de niveau du tank tempo 2

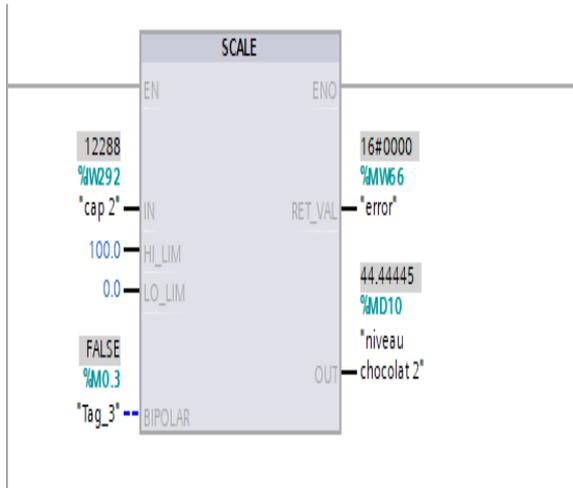


## 8. ANALOG :

capteur de poids Tank mélangeur

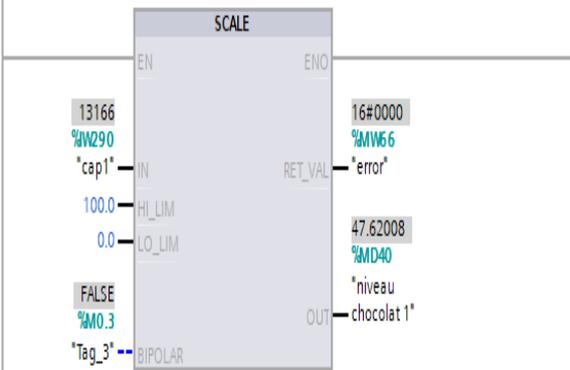


capteur de niveau tank 2



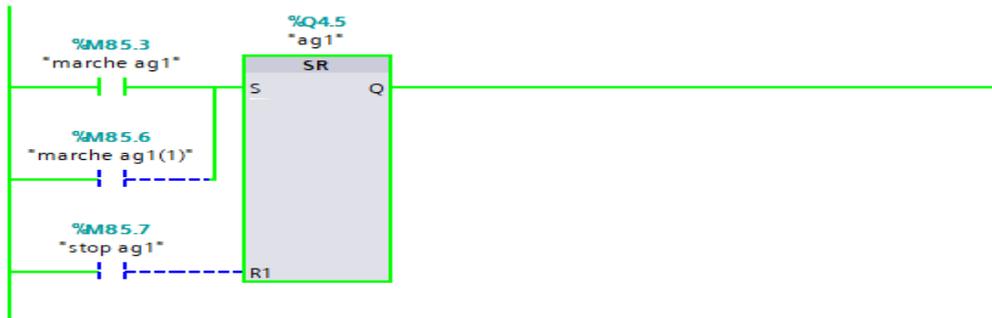
Réseau 3 : .....

capteur de niveau tank 1

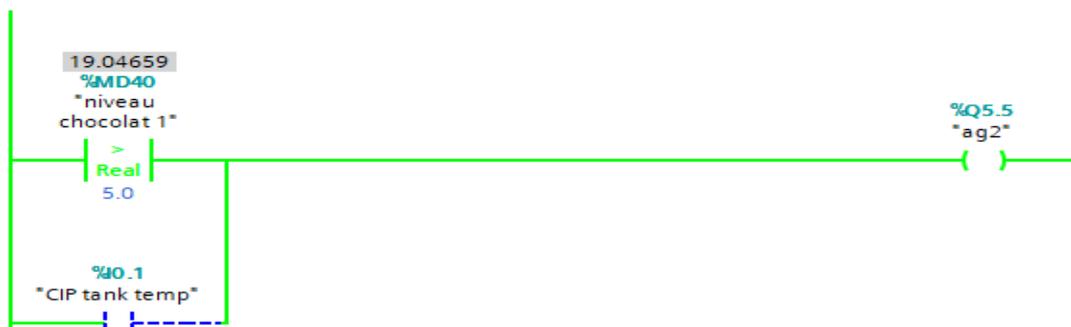


## 9. Activation et désactivation des agitateurs

activation et désactivation de l'agitateur du tank mélangeur



activation et désactivation de l'agitateur du tank temp 1



activation et désactivation de l'agitateur du tank temp 2

