

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



Université Dr. Tahar Moulay de Saïda
Faculté de la Technologie
Département d'Electrotechnique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

Master (LMD)

Spécialité : AUTOMATIQUE ET SYSTEMES

Filière : AUTOMATIQUE

Intitulé :

**Contribution à l'automatisation du procédé de
fabrication des carreaux de ciment**

Présenté par :
KEDDANI MOHAMED ABDELMOUMENE

Devant le jury composé de :

Dr. LABANE Cherif
Dr. MOSTEFAI Mohamed
Pr. MILOUDI Abdellah
Dr. SEKOUR Mhamed

Président
Encadreur
Examineur
Examineur

Soutenu le 06/07/2019
Promotion 2018-2019

Remerciement

Je tiens à remercier tout premièrement Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à notre respectueux encadreur Dr. MOSTEFAI MOHAMED pour avoir accepté de m'encadrer pour mon projet de fin d'étude, ainsi que pour ses soutiens, ses efforts et son encouragement.

mes remerciements s'adressent ainsi au chargé du laboratoire Mme Miloudi et mon ami CHENTOUF Mohamed et aux jury d'avoir accepté juger et évaluer mon travail

Enfin Nous remercions aussi tous les professeurs et les enseignants, mes parents, mes frères et sœurs et mes chers amis, pour leurs aides et leurs sacrifices.

Merci à toutes et à tous.

SOMMAIRE
Liste Figures
Résumé
Introduction Générale

Chapitre I : LA FABRICATION ARTISANALE DE CARREAUX DE CIMENT

I.1 I Introduction	2
I.2 Historique	2
I.3 Les avantages et les inconvénients des carreaux de ciment	3
I.4 Procédés de fabrication.....	4
I.5 Matériel Utilisé.....	5
I.5.1 la presse hydraulique	5
I.5.2 Moule Métallique	6
I.5.3 Grille de Séparation.....	6
I.6 Les Etapes de fabrication.....	7
I.7 Composition des différentes couches	10
I.8 Remarques	11
I.9 Conclusion	12

Chapitre II: LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS (API)

II.1 Introduction	14
II.2 Définition de l'automatisation	14
II.2.1 Définition d'un système automatisé	14
II.3 Structure d'un système automatisé	14
II.3.1 Partie opérative	15
II.3.2 Partie commande.....	15
II.3.3 Poste de contrôle	15
II.3.4 Nature des informations traitées par l'automate	16
II.3.5 Domaines d'emploi des automates.....	16

II.4 Avantages de l'automatisation	16
II.5 L'automate Programmable Industriels.....	16
II.6. Définition d'un Automate Programmable	17
II.7 Rôle d'un Automate Programmable.....	18
II.8 Aspect extérieur des automates	18
II.9 Aspect intérieur des automates.....	20
II.10 Fonctionnement	22
II.11 Programmation d'un API.....	23
II.11.1 Langages de programmation.....	24
II.12 Choix de l'API.....	24
II.13 Conclusion.....	26

Chapitre III: PHASE CONCEPTION

III.1 Introduction	28
III.2 Description du système	28
III.3 Eléments utilisés pour le montage de prototype « KAUS-CDC03 ».....	29
III.3.1 cadre.....	29
III.3.2 Convoyeur	30
III.3.3 Injecteur de couleur	31
III.3.4 Cuvette du sable.....	32
III.3.5 saupoudreuse de sable (disperseur).....	33
III.3.6 Bac à sable.....	34
III.3.7 Capteur de position	36
III.3.8 Cartes électroniques	37
III.3.8.1 Schéma de commande à deux sens	37
III.3.8.2 Schéma de commande à un seul sens	38
III.3.9 Alimentation	41
III.3.10 le carreau de ciment	41
III.3.11 Station automate et PC.....	42
III.4 Conclusion	44

Chapitre IV : PHASE PROGRAMMATION

IV.1 Introduction.....	46
IV.2 Cahier des charges	46
IV.3 PROGRAMATION	52

IV.3.1 Les symboles utilisés dans notre programme.....	52
IV.3.2 Table des mnémoniques.....	53
IV.3.3 Programme Step 7	55
IV.4 Programme de nettoyage	73
IV.5 Test et remarques.....	75
IV.6 Conclusion.....	76

Conclusion Générale

Bibliographies

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Vue d'un échantillon de carreau de ciment	2
Figure I.2 : vue d'un échantillon de carreau de ciment de différentes tailles et formes.....	3
Figure I.3 : Vue générale de procédé de fabrication d'un carreau de ciment	4
Figure I.4 : Immersion et stockage des carreaux de ciment	5
Figure I.5 : Presse Hydraulique 4 tonnes.....	5
Figure I.6 : Moule Métallique	6
Figure I.7 : Grille de Séparation.....	6
Figure I.8 : Etape 1 (la préparation).....	7
Figure I.9 : Etape 2 (versement des couleurs)	7
Figure I.10 : Etape 3 Saupoudrage de ciment	8
Figure I.11 : Etape 4 Remplissage au mortier gris et Passage à la presse).....	8
Figure I.12 : Etape 5(Démoulage)	9
Figure I.13 : Etape 6(Séchage).....	9
Figure I.14 : Etape 7(Stockage)	10
Figure I.15 : Démonstration de différentes couches d'un carreau de ciment.....	10
Figure II.1 : système automatisé	14
Figure II.2 : Structure d'un système automatisé	15
Figure II.3 : Automate modulaire (Modicon)	19
Figure II.4 : Automate compact (Allenbradley).....	19
Figure II.5 : Présentation automate Siemens Modulaire.....	19
Figure II.6 : Structure interne.....	20
Figure II.7 : Exemple d'une carte d'entrées typique d'un API	21
Figure II.8 : Exemple d'une carte de sortie typique d'un API	21
Figure II.9 : Fonctionnement cyclique d'un API	23
Figure II.10 : Types d'automates programmables SIMATIC	25
Figure III.1 : Description du système Prototype « KAUS-CDC03 »	28
Figure III.2 : Éléments constituant le cadre avant l'assemblage	29
Figure III.3 : Cadre du prototype après l'assemblage.	30
Figure III.4 : Éléments constituant le convoyeur avant l'assemblage	30
Figure III.5 : convoyeur de prototype après l'assemblage	31
Figure III.6 : Éléments d'injecteur de couleur avant l'assemblage	31
Figure III.7 : Injecteur de couleur après l'assemblage	32
Figure III.8 : Éléments constituant la cuvette du sable avant l'assemblage.....	32
Figure III.9 : Cuvette du sable après l'assemblage.....	33
Figure III.10 : Cuvette du sable après l'assemblage.....	34

Figure III.11 : saupoudreuse de sable après l'assemblage	34
Figure III.12 : Éléments constituant le bac de sable avant l'assemblage	35
Figure III.13 : Bac de sable après l'assemblage.....	35
Figure III.14 : capteur de position du process.....	36
Figure III.15 : Position des capteurs sur le convoyeur	36
Figure III.16 : Brochage du LDR avec l'automate	37
Figure III.17 : schéma de commande à deux sens	37
Figure III.18 : schéma de commande à un seul sens	38
Figure III.19 : Carte pour la commande des injecteurs	38
Figure III.20 : Carte pour la commande du mélangeur et du convoyeur	39
Figure III.21 : Cartes électronique pour la commande de la vanne du bac du sable et le vibreur... 39	
Figure III.22 : Barre de dominos (câblage des différents fils)	40
Figure III.23 : Repérage des numéros des fils sur la barre dominos 1 et 2	40
Figure III.24 : L'alimentation et les résistances utilisées	41
Figure III.25 : carreau de ciment en plexi glace	41
Figure III.26 : Station Siemens S-300 - PC.....	42
Figure III.27 : Vue globale du prototype « KAUS-CDC3 »	43
Figure IV.1 : remplissage d'injecteur	45
Figure IV.2 : Remplissage du 1 ^{er} récipient.....	46
Figure IV.3 : Remplissage du 2 ^{ème} récipient.....	46
Figure IV.4 : moteur de convoyeur.....	46
Figure IV.5 : Remplissage du carreau par les trois couleurs.....	47
Figure IV.6 : Saupoudrage de carreau	47
Figure IV.7 : Remplissage du carreau par le ciment	48
Figure IV.8 : Le grafset de la partie commande	50
Figure IV.9 : Activation Memento de cadence	54
Figure IV.10 : Réseau de commande Start -Stop.....	55
Figure IV.11 : Réseau pour ouvrir la vanne du couleur	55
Figure IV.12 : Réseau détection niveau max et fermeture vanne du couleur	56
Figure IV.13 : Réseau l'ouverture de la première vanne de sable	58
Figure IV.14 : Réseau fermeture de sable release.....	59
Figure IV.15 : Réseau fermeture de la première vanne de sable	60
Figure IV.16 : Réseau l'ouverture de deuxième vanne de sable.....	61
Figure IV.17 : Réseau fermeture de deuxième vanne de sable	63
Figure IV.18 : Réseau détection de la première capture de position	65
Figure IV.19 : Réseau l'ouverture de l'injecteur couleur et détection de niveau min.....	66
Figure IV.20 : Réseau fermeture de l'injecteur couleur	67

Figure IV.21 : Réseau Détection de la deuxième capture de position.....	68
Figure IV.22 : Réseau Détection de la troisième capture de position	69
Figure IV.23 : Réseau commande de convoyeur	71
Figure IV.24 : Réseau de commande Start -Stop système de nettoyage	72
Figure IV.25 : Réseau pour ouvrir la vanne du couleur (Sys nettoyage)	73
Figure IV.26 : Réseau pour fermer l’injecteur du couleur (Sys nettoyage)	73
Figure IV.27 : Réseau pour ouvrir l’injecteur du couleur (Sys nettoyage)	74
Figure IV.28 : les étapes de fabrication de carreau de ciment	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 : les mnémoniques les entrées	51
--	----

Abstract

Automation nowadays can get tasks done easily that human struggle with , make our product more efficient and increase productivity and quality.

So we choosed a product crafted by hand called cement tile by running through the process to make a cement tile and get inspired and prepare a concept that could automate this process.

Using API to control the prototype we made from scratch the building and the programming phase was challenging even the testing part finally after many tries we obtained the results we want to manufacture a cement tile in a fully automated way.

Résumé

De nos jours, l'automatisation permet d'accomplir facilement des tâches qui posent des problèmes, d'améliorer l'efficacité de notre produit et d'accroître la productivité et la qualité.

Nous avons donc choisi un produit fabriqué à la main, appelé carreau de ciment, en réalisant un procédé permettant de fabriquer un carreau en ciment, de s'inspirer et de préparer un concept qui pourrait automatiser ce procédé.

En utilisant API pour contrôler le prototype que nous avons créé à partir de zéro, la conception et la phase de programmation ont été un vrai défi pour nous , y compris la phase de test. Après de nombreux essais, nous avons obtenu les résultats souhaités pour réaliser un carreau de ciment de manière entièrement automatisée.

Introduction générale

L'automatisme est une discipline importante et nécessaire dans tous les secteurs industriels. Il facilite la tâche des opérateurs intervenants dans toute installation industrielle. Il permet de développer des systèmes automatisés qui assurent des tâches dangereuses, répétitives et dans des milieux hostiles pour l'homme. L'automatisation de toute unité de production augmente la productivité et améliore la qualité du produit.

Les automates programmables industriels représentent l'élément important de la chaîne automatisée, car il assure de bonnes performances, meilleure flexibilité et facilite la maintenance.

Dans cette perspective, et dans le cadre de notre projet de fin d'études réalisé au sein de l'université de Molay Tahar, notre travail consiste à trouver un concept et une commande pour la fabrication d'un prototype « KAUS-CDC03 » destiné à la réalisation d'une chaîne de production de carreaux de ciment par un automate programmable s7 300. Et dans ce contexte, nous allons procéder comme suit :

Chapitre 1 : LA FABRICATION ARTISANALE DE CARREAUX DE CIMENT

Dans ce chapitre nous présenterons les techniques artisanales utilisées pour la fabrication d'un carreau de ciment.

Chapitre 2 : LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS (API)

Dans Ce chapitre on présentera la conception générale et détaillée de l'automate programmable et ça structure intérieur et extérieur.

Chapitre 3 : PHASE CONCEPTION

Dans ce chapitre nous présenterons les étapes de la la conception et la construction de notre prototype « KAUS-CDC03 ».

Chapitre 4 : PHASE PROGRAMMATION

Dans ce chapitre nous présenterons la partie pratique qui s'intéressera sur la commande par l'automate programmable S7-300 à travers le logiciel Step 7.

Enfin, on a achèvera notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

LA FABRICATION ARTISANALE DE CARREAUX DE CIMENT

I.1 Introduction

Un carreau ciment est un carreau de revêtement à base de ciments colorés. Les carreaux ciment ne nécessitent pas de cuisson, mais sont fabriqués à l'aide d'une presse hydraulique. Cette technique apparut en France et en Belgique vers 1850 et se développa dans toute l'Europe à la fin du XIX^e siècle. L'objectif de dans ce chapitre est explication de la chaine de fabrication entièrement manuelle des carreaux de ciment.



Figure I.1 vue d'un échantillon de carreau de ciment

I.2 Historique

Les premières références aux carreaux ciment datent de 1857. Ils furent présentés à l'Exposition universelle de 1867 à Paris par l'entreprise barcelonaise Garret, Rivet et Cie comme un carrelage résistant qui ne nécessitait pas de cuisson. Ils étaient décrits comme alternative à la pierre et au marbre. La complexité de leur réalisation et la limitation dans les motifs réservaient leur utilisation aux revêtements de sols. En Belgique, c'est essentiellement dans la région de Florennes et dans le Hainaut qu'ils furent produits. [1]

Les dimensions habituelles des carreaux étaient de 20×20 cm. On en trouvait aussi de 10×10, 15×15, 25×25, 30×30 cm. Les dessins étaient des formes géométriques ou végétales, souvent inspirés par le Moyen Âge car le style néo-gothique (un style architectural) était alors à la mode.

Généralement, ces pavements simulaient un tapis qui recouvrait la totalité d'une salle. Ils nécessitaient des carreaux et des frises qui s'adaptent aux dimensions des pièces. Il était habituel que le motif complet fût composé par deux, quatre, voire neuf carreaux, ce qui compliquait considérablement la production et l'installation.



Figure I.2 vue d'un échantillon de carreau de ciment de différentes tailles et formes

En Espagne, ces carreaux sont nommés « mosaïques hydrauliques (mosaico hidráulico) ». Plusieurs fabricants se développèrent dans la région barcelonaise, notamment M. C. Butsems, Orsola, Solà i Cia., Munner Boada, La Catalana, Mosaics Martí (toujours en activité), et Teòtim Fortuny.

La plus importante et la plus connue fut Escofet, Fortuny i Cia. S. en C, fondée en 1886, qui fabriqua les pavements des bâtiments **modernistes** barcelonais avant de se développer dans toute l'Espagne et aux Amériques. Le développement de cette technique à l'époque du **mouvement moderniste** entraîna l'apparition de pavements aux dessins art nouveau. Les fabricants s'appuyèrent sur des dessinateurs et architectes à la mode, tels qu'Alexandre de Riquer, Domenech Muntaner et Enric Sagnier. [2]

I.3 Les avantages et les inconvénients des carreaux de ciment

Leur premier avantage est leur solidité et leur résistance à l'usure. Leur second atout, c'est leur palette de couleur et de motifs presque infinie. Les couleurs, du fait du processus de fabrication, ne sont jamais complètement unies. Ce qui leur procure une grande authenticité.

Comme tous les carrelages à motifs, ils s'adaptent à toutes les pièces. D'autant qu'ils se déclinent en différentes formes : carré, rectangulaire, octogonale, hexagonale. Selon les modèles, il faut assembler différents carreaux pour créer le motif complet. Mais la finesse des joints entre les carreaux (joint marbrier) permet la continuité du dessin.

Leur principal inconvénient vient de leur conception : Les carreaux de ciment sont poreux. Afin d'éviter de les tâcher, il faut donc obligatoirement leur administrer un traitement de surface. Celui-ci

est réalisé lors de la pose. Ce traitement doit être hydrofugeant (il va obturer les pores du carreau et le protéger de l'eau et des taches) et oléofugeant (il va empêcher la pénétration des huiles, graisses et salissures).

Une cire de finition facilitera leur entretien. Celui-ci doit se réaliser avec des produits non agressifs : Eau et savon neutre (type savon noir ou savon de Marseille) N'utilisez jamais de produits acides ou alcalins (soude, ammoniac).

I.4 Procédés de fabrication

Les carreaux hydrauliques sont fabriqués un par un par une technique de cloisonné (Le cloisonné est une technique appliquée aux bijoux). L'artisan prépare des pâtes colorées, en mélangeant à de l'eau du ciment blanc, de la poudre de marbre blanc, du sable, et des pigments.

Ces mélanges sont coulés dans les compartiments d'un moule. Ce moule en bronze ou en laiton forme des séparations fixées dans un cadre. Chaque compartiment est rempli avec une couleur différente de façon à former le dessin. Il faut d'autant plus de temps qu'il y a de couleurs, ce qui augmente le coût de fabrication.

Cette couche colorée est celle qui sera visible lorsque le carreau sera posé. Son épaisseur est en général de 2 à 5 mm

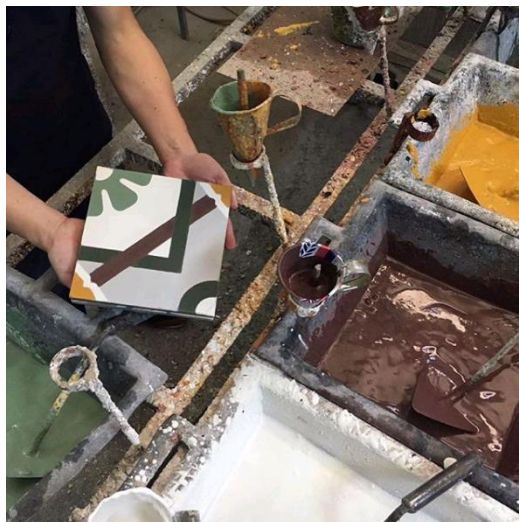


Figure I.3 Vue générale de procédé de fabrication d'un carreau de ciment

Une fois le moule de cloisonné rempli avec les différentes couleurs, on ajoute une seconde couche nommée brassage, d'épaisseur comparable, formée d'un mélange de ciment gris et de sable. Elle a pour fonction d'absorber l'excès d'eau de la première couche. Finalement, on finit de remplir le moule avec 20 à 25 mm de mortier gris commun à la texture poreuse qui sert de support à l'ensemble.

Le moule ainsi rempli est alors posé dans une presse hydraulique qui comprime fortement le tout. Le carreau ciment est ensuite sorti du moule, séché, puis immergé durant 24 heures. Une fois le ciment parfaitement durci, les dalles sont pulvérisées d'eau et sont gardées dans une chambre humide durant 28 jours, le temps que le ciment durcisse à la suite du processus chimique commencé avec l'eau. C'est en réalité de là que ces carreaux tirent leur nom « hydraulique », et non du fait d'être pressés avec des presses hydrauliques ; cette phase étant à l'origine manuelle.



Figure I.4 Immersion et stockage des carreaux de ciment

I.5 Matériel Utilisé

Ce procédé de fabrication artisanal nécessite le matériel suivant :

I.5.1.1a presse hydraulique

Pièce maitresse dans le procédé de fabrication, son rôle est de chasser l'excédent d'eau par la pression.



Figure I. 5 Presse Hydraulique 4 tonnes [3]

I.5.2.Moule Métallique

Il est utilisé pour couler le mélange de l'eau du ciment blanc, de la poudre de marbre blanc, du sable, et des pigments.



Figure I. 6. Moule Métallique [4]

I.5.3.Grille de Séparation

Cette grille de séparation forme le dessin.



Figure I. 7.Grille de Séparation [5]

I.6 Les Etapes de fabrication :

Pour fabriquer un carreau de ciment il faut passer 7 étapes.

Etape 1 : Préparation

Après nettoyage de son moule très méticuleusement et lubrification légère des différentes parties en contact avec le ciment, l'artisan assemble celui-ci et dépose au fond de la cavité (partie qui sera la surface visible du carreau) une grille appelée diviseur qui représente le motif du carreau à réaliser et qu'il aura également lavé à grande eau.

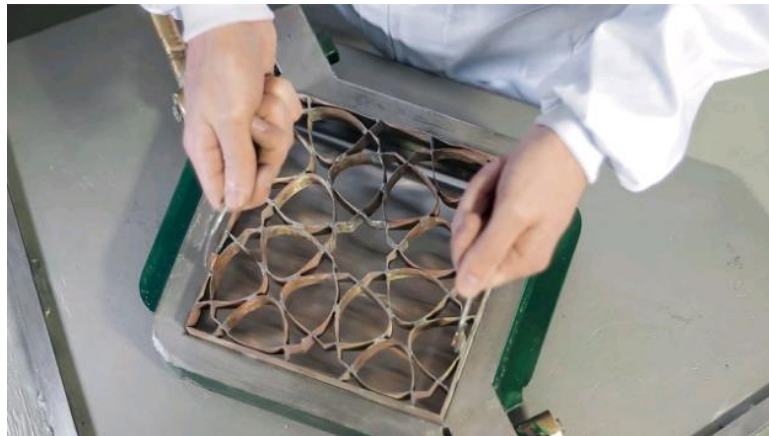


Figure I. 8: Etape 1 (la préparation) [6]

Etape2 : Injection de la couleur

Au moyen d'un petit entonnoir, il injecte ensuite méticuleusement la couleur dans chaque alvéole du diviseur et renouvelle l'opération pour chaque couleur du carreau. A ce stade, une goutte à côté et le carreau est à refaire. Il répartit ensuite le mélange en remuant le moule sur son espace de travail afin que la couche de couleur soit répartie de façon égale sur toute la surface du carreau.



Figure I. 9 : Etape 2 (versement des couleurs) [7]

Etape3 : Couche intermédiaire

L'artisan retire alors le diviseur de couleur et les différents tons entrent en contact sans se mélanger (d'où l'importance de l'épaisseur du mélange de couleur, trop liquide les couleurs se mélangent entre elles). Il tamise ensuite un voile de ciment et sable sec pour fixer la couche colorée.



Figure I. 10: Etape 3 Saupoudrage de ciment[8]

Etape4 : Base du carreau

Le moule est ensuite rempli de mortier humide et l'artisan contrôle à l'aide d'un gabarit de bois l'épaisseur totale de matière avant de refermer celui-ci avec un couvercle très lourd, puis pousse l'ensemble sous la presse hydraulique afin de le soumettre à une pression de 100 Kg au cm². (40 tonnes). L'excédent d'eau est alors chassé par la pression, mais la matière ne doit pas être éjectée, ce qui implique une qualité de moule irréprochable.



Figure I.11: Etape 4 Remplissage au mortier gris et Passage à la presse) [9]

Etape5 : Démoulage

C'est l'opération la plus sensible. Le moule est démonté et le carreau se trouve face colorée sur base du moule sans le moindre filet d'air qui permettrait d'éviter l'effet de ventouse. Il faut alors le décoller sans le briser ni le voiler. Le moindre à coup est fatal.



Figure I. 12: Etape 5(Démoulage) [10]

Etape6 : Séchage

Les carreaux sont alors disposés sur champ face contre face par quantités de 20 sur des châssis en métal ou en bois et resteront jusqu'au lendemain afin que le ciment commence sa réaction de prise. Ils seront alors plongés dans de grands bacs remplis d'eau pendant quelques heures afin de réduire l'effet de prise du ciment qui risquerait de les fendre.



Figure I. 13: Etape 6(Séchage) [11]

Etape7: Stockage

Cette étape anodine est celle qui garantira la bonne tenue du carreau dans le temps. Le béton a totalement fini sa prise et se stabilise au bout de 30 jours. Le carreau doit impérativement sécher à l'ombre et ne pas être trop manipulé mais surtout ne pas être posé pendant ce délai.



Figure I. 14: Etape 7(Stockage) [12]

I.7 Composition des différentes couches

Le carreau de ciment est composé de plusieurs couches :

- Face colorée : mélange liquide épais de ciment blanc, poudre de marbre, mélange de pigment (couleur) eau sur une épaisseur de +/-4 mm
- Couche intermédiaire : voile très fin composé d'un mélange de ciment et de sable sec.
- Base du carreau (semelle): couche de mortier humide composée de ciment gris, sable et gravette (grains de riz) sur une épaisseur de 13 mm



Figure I. 15: Démonstration de différentes couches d'un carreau de ciment [13]

I.8 Remarques

La qualité d'un bon carreau de ciment est certes liée aux dosages des différents mélanges des composants, secret des fabricants, à la qualité du matériel utilisé (moules diviseurs, presse) et bien sûr à la dextérité des artisans.

Mais tout cela ne sert à rien si la période de séchage final ne se fait pas en respectant les règles. On pourrait comparer cette étape à l'affinage d'un fromage qui est aussi capitale.

Ce produit d'une résistance impressionnante compte tenu de sa fabrication archaïque résiste pourtant depuis plusieurs générations dans des sites industriels en Afrique du nord où des millions de mètres carrés ont été posés. Il est dommage d'entendre parfois les clients européens s'inquiéter de la fragilité du carreau de ciment du fait d'expériences malheureuses qui ne reflètent pas les qualités de ce produit.

I .9 Conclusion

Les carreaux de ciment sont un matériau d'expression. Sa fabrication artisanale permet aux designers et architectes d'enregistrer leurs univers graphiques dans nos maisons. Dans ce chapitre nous avons expliqué les différentes étapes de fabrication du carreau de ciment de la méthode artisanale. Dans le troisième chapitre on détaillera les différentes étapes d'automatisation de cette opération en utilisant un automate programmable.

Chapitre II
LES AUTOMATES PROGRAMMABLES
INDUSTRIELS (API)

II.1 Introduction

L'automatisation d'un procédé (c'est-à-dire une machine, un ensemble de machines ou plus généralement un équipement industriel) consiste à en assurer la conduite par un dispositif technologique. Le système ainsi conçu sait prendre en compte les situations pour lesquelles sa commande a été réalisée. L'intervention d'un opérateur est souvent nécessaire pour assurer un pilotage global du procédé pour surveiller les installations et prendre en commande manuelle (non automatique) tout ou partie du système. Ce chapitre sera consacré à l'étude des systèmes automatisés et l'automate programmable.

II.2 Définition de l'automatisation :

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

II.2-1 Définition d'un système automatisé :

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

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire des produits de qualité et ce pour un coût le plus faible possible.

II.3 Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :

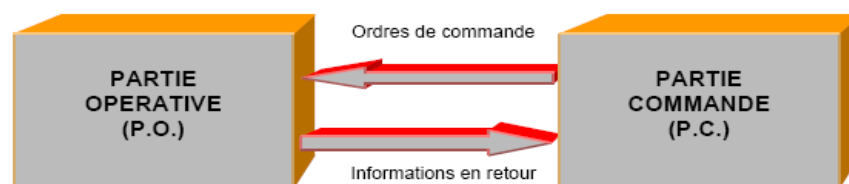


Figure II.1 système automatisé

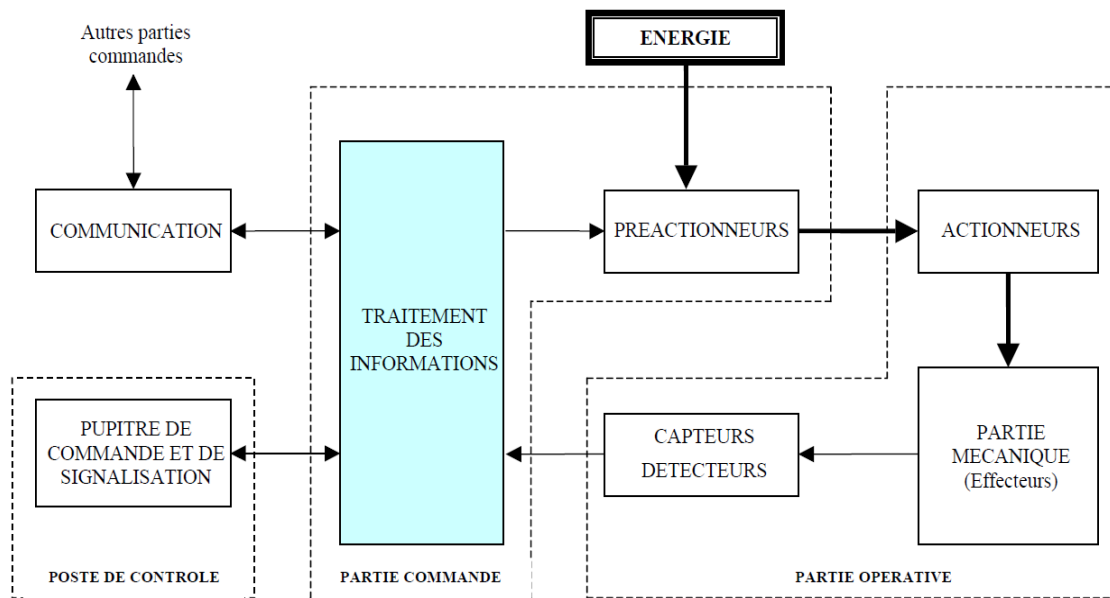


Figure II.2 Structure d'un système automatisé [18]

Chaque système automatisé comporte deux parties :

II.3.1-Partie opérative :

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les **actionneurs** (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les **capteurs / détecteurs** permettent d'acquérir les divers états du système.

II.3.2-Partie commande :

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Les pré actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, distributeur ...

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

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

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée)), elle va commander le pré actionneur et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

II.3.3-Poste de contrôle :

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents

états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM).

II.3.4- Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations peuvent être de type :

a- Tout ou rien (T.O.R.) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1).

C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir ...

b- Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température ...)

c-Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

II.3.5- Domaines d'emploi des automates :

On utilise les **API** dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ...). Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

II.4 Avantages de l'automatisation :

Les avantages de l'automatisation sont :

- ✓ Éliminer les tâches répétitives ;
- ✓ Simplifier le travail de l'humain ;
- ✓ Augmenter la sécurité ;
- ✓ Accroître la productivité ;
- ✓ Économiser les matières premières et l'énergie ;
- ✓ S'adapter à des contextes particuliers ;
- ✓ Maintenir la qualité.

II.5. L'automate Programmable Industriels^[15]

Les automatismes séquentiels ont été réalisés, depuis longtemps, à base de relais électromagnétiques. L'inconvénient c'est qu'il s'agit d'un système câblée ce qui impose la refonte complète du câblage et ceci pour la moindre modification dans l'ordonnancement des séquences. En 1966, l'apparition des relais statiques a permis de réaliser des divers modules

supplémentaires tel que le comptage, la temporisation, le pas à pas ... Cependant cette technologie avait le même problème : technologie câblée.

En 1968 et à la demande de l'industrie automobile nord-américaine, sont apparus les premiers dispositifs de commande logique aisément modifiable : Les PLC (Programmable Logic Controller) par Allen Bradley, Modicom et Digital Equipment. Le premier dispositif français était le PB6 de Merlin Gerin en 1973.

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués. Un Automate Programmable Industriel (**API**) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire. Il est en général manipulé par un personnel électromécanicien. Le développement de l'industrie à entraîner une augmentation constante des fonctions électroniques présentes dans un automatisme c'est pour ça que l'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse dans la mise en œuvre, mais aussi parce que dans les coûts de câblage et de maintenance devenaient trop élevés.

II.6 Définition d'un Automate Programmable :

Un automate programmable est un appareil dédié au contrôle d'une machine ou d'un processus industriel, constitué de composants électroniques, comportant une mémoire programmable par un utilisateur non informaticien, à l'aide d'un langage adapté. En d'autres termes, un automate programmable est un calculateur logique, ou ordinateur, au jeu d'instructions volontairement réduit, destiné à la conduite et la surveillance en temps réel de processus industriels.

Trois caractéristiques fondamentales distinguent totalement l'Automate Programmable Industriel (API) des outils informatiques tels que les ordinateurs (PC industriel ou autres): il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles, il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température, vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites, etc.), et enfin, sa programmation à partir de langages

spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme fait en sorte que sa mise en œuvre et son exploitation ne nécessitent aucune connaissance en informatique .

II.7- Rôle d'un Automate Programmable

La compétition économique impose à l'industrie de produire en qualité et en quantité pour répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel. En terme d'objectifs il s'agit de :

- Produire à qualité constante,
- Fournir les quantités nécessaires au bon moment,
- Accroître la productivité et la flexibilité de l'outil.

Les automates programmables industriels ou API comme on les appelle le plus souvent, sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des technologies et des modèles fabriqués. L'API s'est ainsi substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse, mais aussi parce que dans les automatismes de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient très élevés. Les premiers constructeurs américains étaient les entreprises **Modicon** et **Allen-Bradley**.

Les **API** offrent de nombreux avantages par rapport aux dispositifs de commande câblés, comme :

- ↳ Fiabilité
- ↳ simplicité de mise en œuvre
- ↳ Souplesse d'adaptation
- ↳ Maintenabilité
- ↳ Intégration dans un système de production

II.8 Aspect extérieur des automates [16]

Les **automates** peuvent être de type **compact** ou **modulaire**. De type compact, on distinguera les modules de programmation (LOGO de **Siemens**, ZELIO de **Schneider**, MILLENIUM de Crouzet ...) du micro automate. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions

supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

De type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (**modules**) et sont fixées sur un ou plusieurs **racks**.

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.



Figure I.3 Automate modulaire (Modicon) [18]



Figure II.4 Automate compact (Allenbradley) [18]

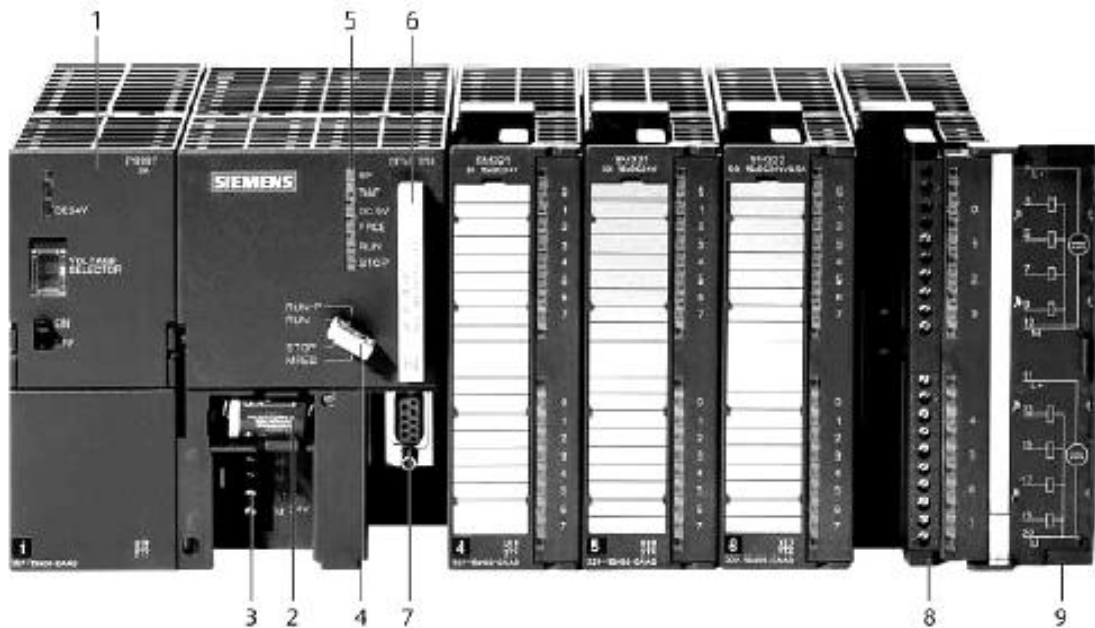
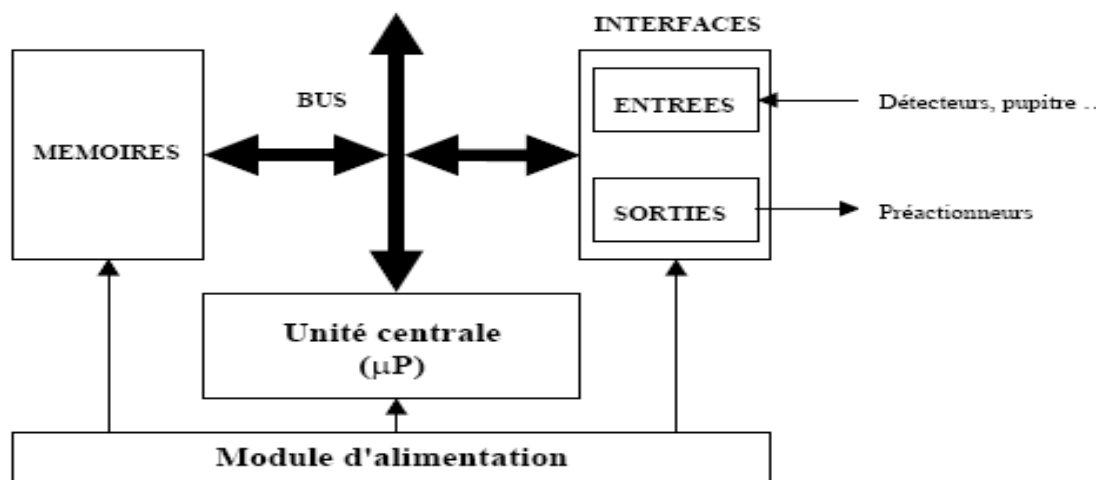


Figure II.5 Présentation automate Siemens Modulaire[17]

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1- Module d'alimentation | 6 -Carte mémoire |
| 2 -Pile de sauvegarde | 7- Interface multipoint (MPI) |
| 3- Connexion au 24V cc | 8- Connecteur frontal |
| 4- Commutateur de mode (à clé) | 9- Volet en face avant |
| 5- LED de signalisation d'état et de défauts | |

II.9 Aspect intérieur des automates

Elle ressemble à celle d'un micro-ordinateur, constitué d'une unité centrale (unité de traitement), des coupleurs, des modules d'entrées (interface d'E), des modules de sortie



(interfaces de S) et d'une console de programmation.

Figure II.6 Structure interne[18]

a) L'unité centrale (UC)

C'est le cœur de la machine, comporte le processeur et la mémoire(s).

- **Processeur** : appelé unité de traitement, il assure le contrôle de l'ensemble de la machine et effectue les traitements demandés par les instructions du programme. Il réalise les fonctions logiques, temporisation, comptage, calcul. Il comporte un certain nombre de registres (compteur ordinal, registre d'instructions, registre d'adresse, registres de données, accumulateurs, ... Il est connecté aux autres éléments (mémoires, interfaces d'E/S, ...) par l'intermédiaire des bus.

b) Mémoire : La mémoire centrale est découpée en plusieurs zones :

- Zone mémoire programme ;
- Zone mémoire des données (états des E/S, valeurs des compteurs, temporisations, ...)
- Zone où sont stockés des résultats de calcul utilisé ultérieurement dans le programme ;
- Zone pour les variables internes.

c) Bloc d'alimentation

Permet de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement. Ils délivrent, à partir du 220 V alternatif, des sources de tension nécessaires à l'automate tels que : +5V, 12V et 24V en continu.

d) Les cartes d'E/S

Le nombre de ces entrées et sorties varie suivant le type d'automate. Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies.

- **Cartes d'entrées** : Elles sont destinées à recevoir l'information en provenance des capteurs et adapter le signal en le mettant en forme, en éliminant les parasites et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative

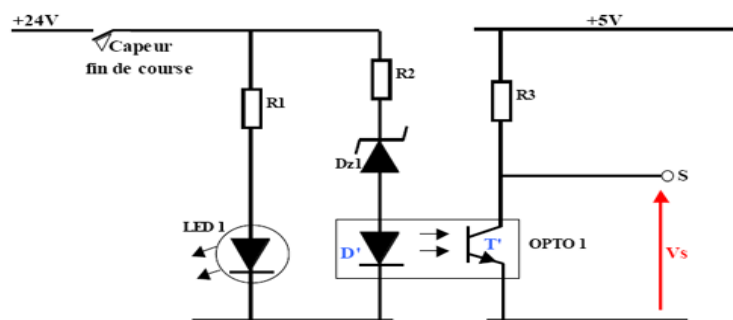
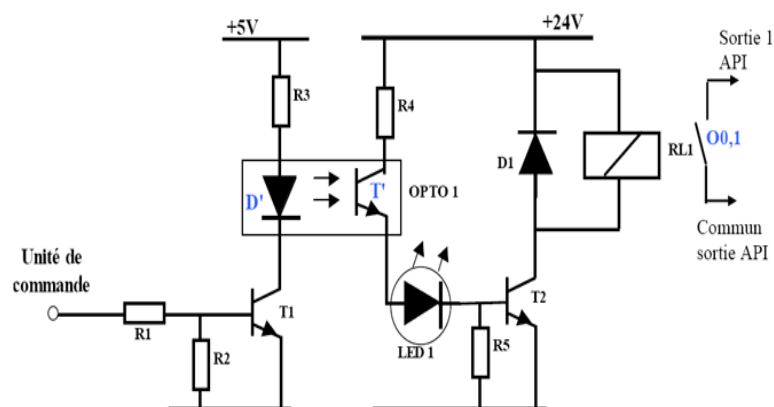


Figure II- 7: Exemple d'une carte d'entrées typique d'un API [19]

- **Cartes de sorties**: Elles sont destinées à commander les pré-actionneurs et éléments des signalisations du système et adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système en garantissant une isolation galvanique entre ces dernières.



FigureII- 8: Exemple d'une carte de sortie typique d'un API[19]

- **Cartes d'entrées / sorties analogiques** : Elles permettent de réaliser l'acquisition d'un signal analogique et sa conversion numérique (CAN) indispensable pour assurer un

traitement par le microprocesseur. La fonction inverse (sortie analogique) est également réalisée. Les grandeurs analogiques sont normalisées : 0-10V ou 4-20mA.

e) Les consoles :

Console d'exploitation : permet le paramétrage et les relevés d'informations (modification des valeurs et visualisation) sur site ;

- Console de programmation, réglage et exploitation.

Cette dernière effectue dans la phase de programmation l'écriture, la modification, l'effacement et le transfert d'un programme dans la mémoire de l'automate ou dans une mémoire REEPROM.

Dans la phase de réglage et d'exploitation, elle permet d'exécuter le programme pas à pas, de le visualiser, de forcer ou de modifier des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes, les registres de temporisation, les compteurs, ..., la sortie sur imprimante du programme en cas de présence d'un port de sortie.

f) Les unités de dialogue en ligne :

C'est un outil qui complète les boîtiers de test. Il a pour rôle de permettre certaines interventions sur l'API qui auraient nécessité autrement la connexion d'une console ou l'utilisation des dispositifs ponctuels tel que la roue codeuse... Mais la connexion de la console posait un problème de coût et surtout de sécurité puisqu'elle accède à l'ensemble des fonctions de l'automate.

II.10 Fonctionnement[19] :

L'automate programmable **reçoit** les informations relatives à l'état du système et puis **commande** les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire. Généralement les automates programmables industriels ont un fonctionnement cyclique (**Figure II.9**). Le **microprocesseur** réalise toutes les fonctions logiques ET, OU, les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul... Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons **parallèles** appelées '**BUS**' qui véhiculent les informations sous forme binaire.. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle.

Le processeur exécute alors le programme instruction par instruction en rangeant à chaque fois les résultats en mémoire. En fin de cycle les sorties sont affectées d'un état binaire, par mise en communication avec les mémoires correspondantes. Dans ce cas, le

temps de réponse à une variation d'état d'une entrée peut être compris entre un ou deux temps de cycle (durée moyenne d'un temps de cycle est de 5 à 15 ms **Figure II. 9**).

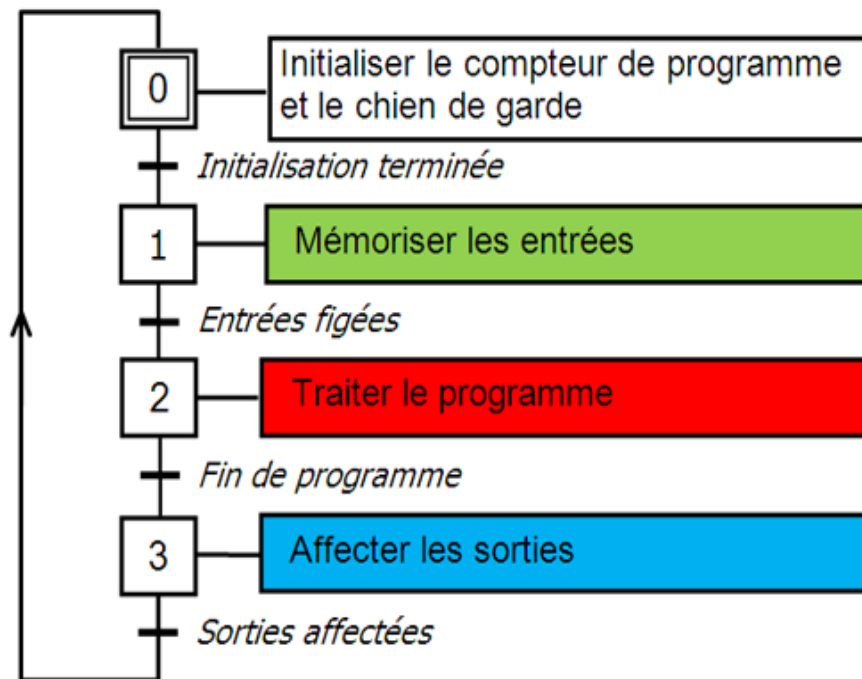


Figure II. 9: Fonctionnement cyclique d'un API

II.11 Programmation d'un API[20]

Il existe beaucoup d'automates programmables qui ont chacun leur particularité de programmation. Les plus "simples" ont un mode de programmation pas à pas et un déroulement du programme de manière séquentielle (il faut attendre que la condition soit remplie pour que le programme passe à l'instruction suivante, d'autre API se programme en codes à l'aide d'un ordinateur ou d'un programmeur. Ceux qui acceptent la programmation par ordinateur ont, en principe, des logiciels qui permettent une programmation facilitée, donc une lecture, une modification, un dépannage simplifié (ladder diagramme - symbolique américaine, diagramme des flux, portes logiques, etc.). La programmation d'un API peut s'effectuer de trois manières différentes :

- 1- Sur l'API lui-même à l'aide de touches.
- 2- Avec une console de programmation reliée par un câble spécifique à l'API
- 3- Avec un PC et un logiciel approprié.

II.11.1-Langages de programmation :

Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

- a) **Liste d'instructions (IL : Instruction list)** : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.
- b) **Langage littéral structuré (ST : Structured Text)** : Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme if ... then ... else ... (si ... alors ... sinon ...) Peu utilisé par les automaticiens.
- c) **Langage à contacts (LD : Ladder diagram)** : Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé.
- d) **Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram)** : Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables utilisés par les automaticiens.

II.12 Choix de l'API :

Après l'établissement du cahier des charges, il revient à l'utilisateur de regarder sur le marché l'automate le mieux adapté aux besoins, en considérant un certain nombre de critères importants :

- Le nombre et la nature des E/S ;
- La nature du traitement (temporisation, comptage, ...) ;
- Les moyens de dialogue et le langage de programmation ;
- La communication avec les autres systèmes ;
- Les moyens de sauvegarde du programme ;
- La fiabilité, robustesse, immunité aux parasites ;
- La documentation, le service après-vente, durée de la garantie, la formation

L'automate programmable industriel de gestion de procédé de la série S7-300 du fabricant

Siemens .le SIMATIC S7-300 est un système de commande modulaire pour des applications haut de gamme. Il dispose d'une gamme de modules complète pour une adaptation optimale aux tâches les plus diverses et se caractérise par la facilité de réalisation d'architectures décentralisées et la simplicité d'emploi.

Les modules susceptibles de faire partie d'un système d'automatisation modulaire S7-300 sont les suivants :

Un module unité centrale (CPU) : plusieurs CPU sont disponibles pour couvrir diverses gammes de performances : certaines d'entre elles sont avec des entrées et sorties intégrées et les fonctions appropriées et d'entrées sont à interface PROFIBUS DP intégrée.

Des modules interfaces pour signaux (SM) pour les entrée et sorties numériques et analogiques.

Des modules de fonction (FM) pour le comptage rapide et le positionnement(en boucle ouverte et fermée).

La technique de montage simple confère à l'API S7-300 une grande souplesse d'utilisation et une excellente convivialité.

La figure suivante montre quelques types d'automates programmables SIMATIC :



Figure II. 10 Types d'automates programmables SIMATIC [21]

II. 13 Conclusion :

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations et pour lequel l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage. Les buts d'un système automatisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives pour obtenir l'efficacité et la précision. Une automatisation du procédé de fabrication artisanale sera détaillée dans le chapitre suivant.

Chapitre III :

PHASE DE CONCEPTION

III.1 Introduction

Ce chapitre décrit la conception du prototype nommé KAUS-CDC03 pour fabriquer un carreau de ciment de manière entièrement automatisée, en passant par les étapes fondamentales du processus de fabrication (voir chapitre1). Dans cette partie on détaillera les étapes de conception de ce prototype.

III.2 Description du système

La figure 3.1 montre le dispositif automatique destiné à fabriquer un carreau de ciment, il se compose : un bouton poussoir (on/off), un convoyeur, trois injecteurs de couleur, deux valve du sable, un disperseur de sable, un bac à sable et trois captures de position.

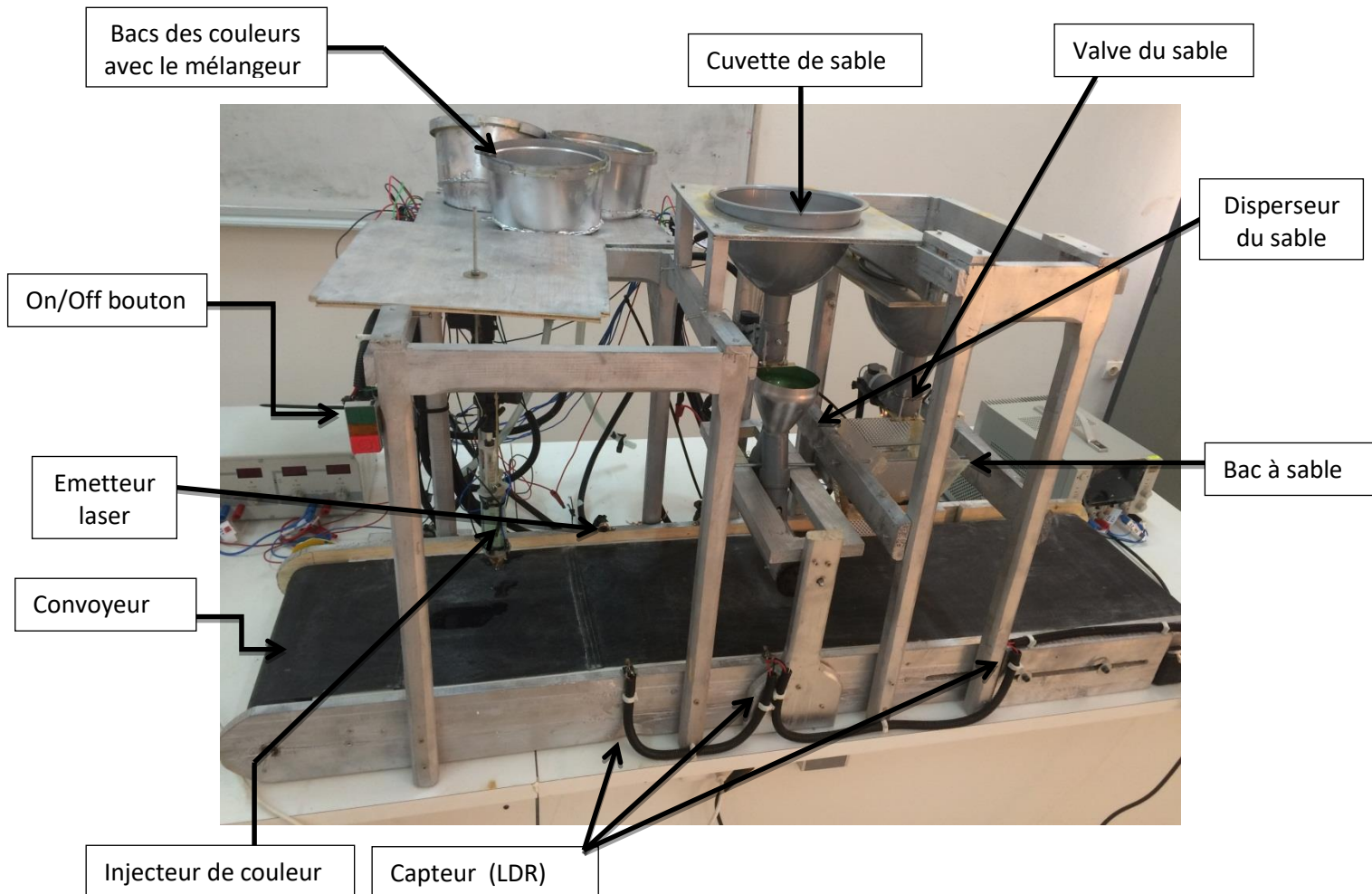


Figure III.1 Description du système Prototype « KAUS-CDC03 »

III.3 Éléments utilisés pour le montage de prototype « KAUS-CDC03 »

Les éléments utilisés pour construire le prototype ont été entièrement fabriqués et conçus au laboratoire en utilisant du bois et du PVC.

III.3.1 cadre

Le cadre du prototype réalisé en bois peint au pistolet et vissé pour tenir sa place. Ce cadre sert à assembler les différentes composantes du système. La figure 3.2 montre ce cadre avant l'assemblage.



Figure III.2 Éléments constituant le cadre avant l'assemblage

La figure 3.3 montre le cadre après le montage. Dans ce cadre on va monter tous les composants du prototype à savoir les injecteurs des couleurs, les bacs du sable et les capteurs.



Figure III.3 Cadre du prototype après l'assemblage

III.3.2 Convoyeur

Le convoyeur était également faite de plusieurs matériaux (bois et PVC) peints et attachés à une poulie entraînée par un moteur avec un couple élevé grâce à un réducteur de vitesse. La figure 3.4 montre ces éléments avant le montage.



Figure III.4 Éléments constituant le convoyeur avant l'assemblage

La figure 3.5 montre le convoyeur après le montage où en voit le tapis noir étiré par deux cylindres en PVC.

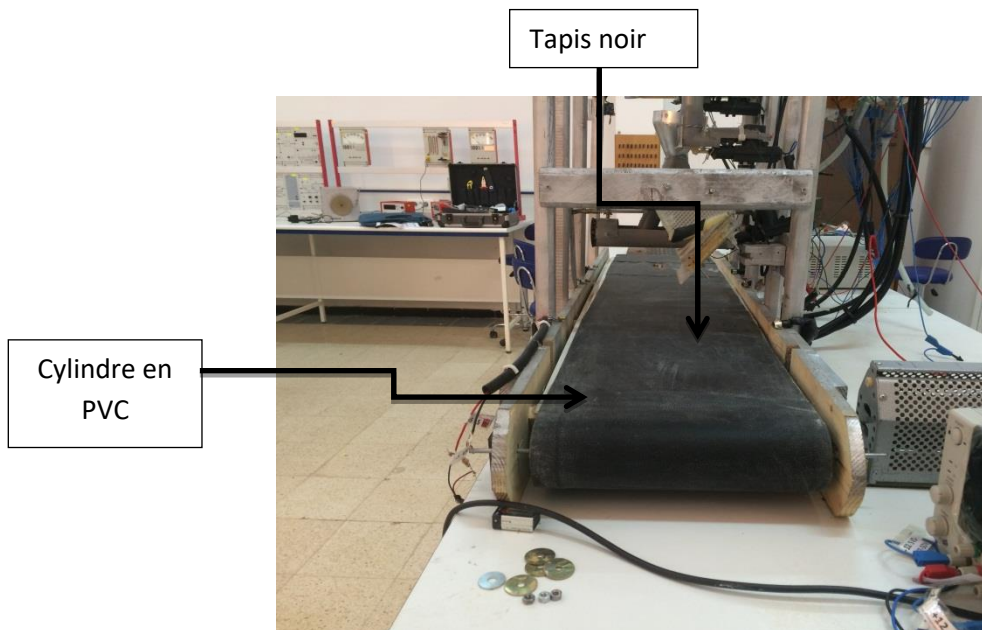


Figure III.5 convoyeur de prototype après l'assemblage

III.3.3 Injecteur de couleur

Les injecteurs de couleur se divisent en deux parties: la première fonctionne comme une vanne pour bloquer ou laisser passer le liquide de couleur vers la chambre de l'injecteur. La seconde comme un injecteur avec un capteur intégré de niveau max et un capteur min (le capteur max est modifiable). La vanne et l'injecteur sont contrôlés par deux vérins électriques.



Figure III.6 Éléments constituant l'injecteur de couleur avant l'assemblage

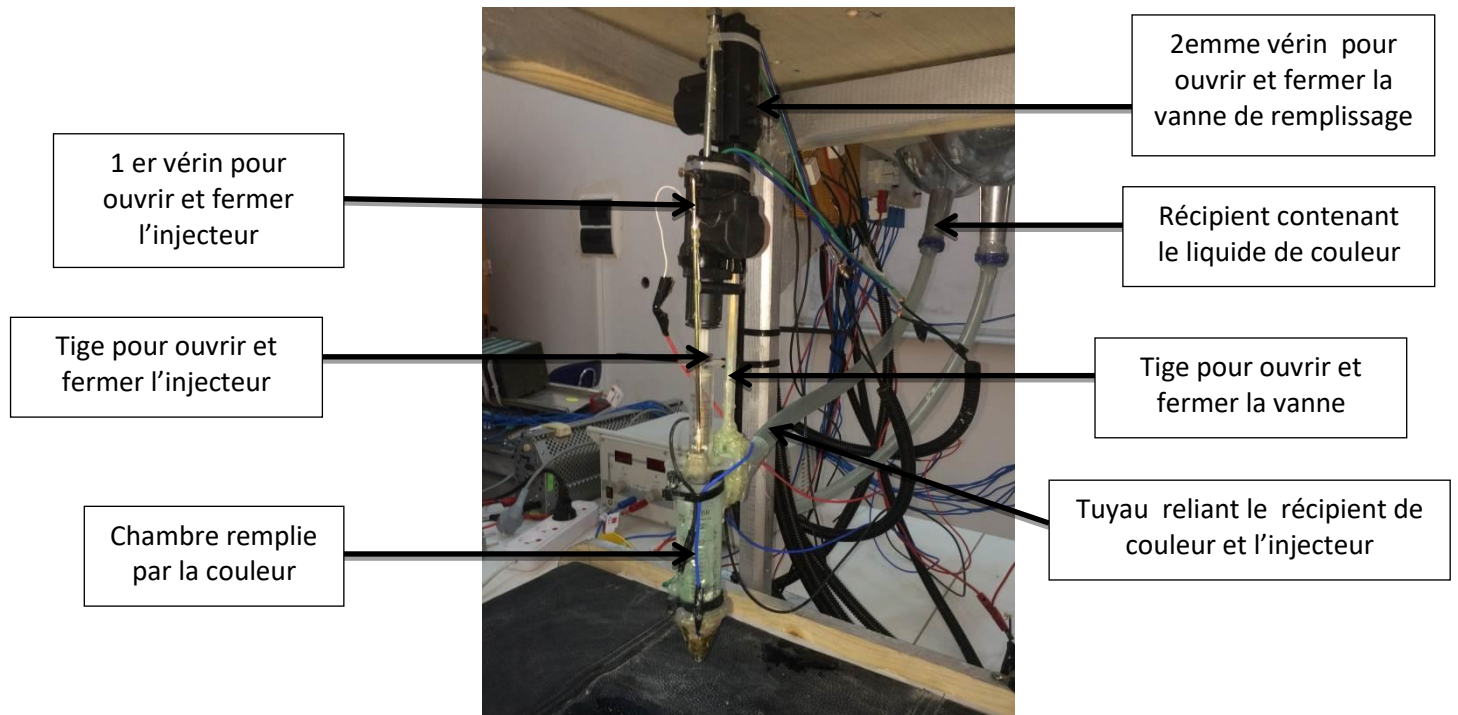


Figure III.7.Injecteur de couleur après l'assemblage

La figure 3.7 montre ces éléments après le montage.

III.3.4 Cuvette du sable

Une cuvette en plastique d'une forme conique rempli avec du sable est utilisée pour remplir le bac et disperseur de sable. Le passage du sable est contrôlé par une vanne commandée par un vérin électrique. La figure 3.8 montre les éléments constituant la cuvette du sable avant l'assemblage.

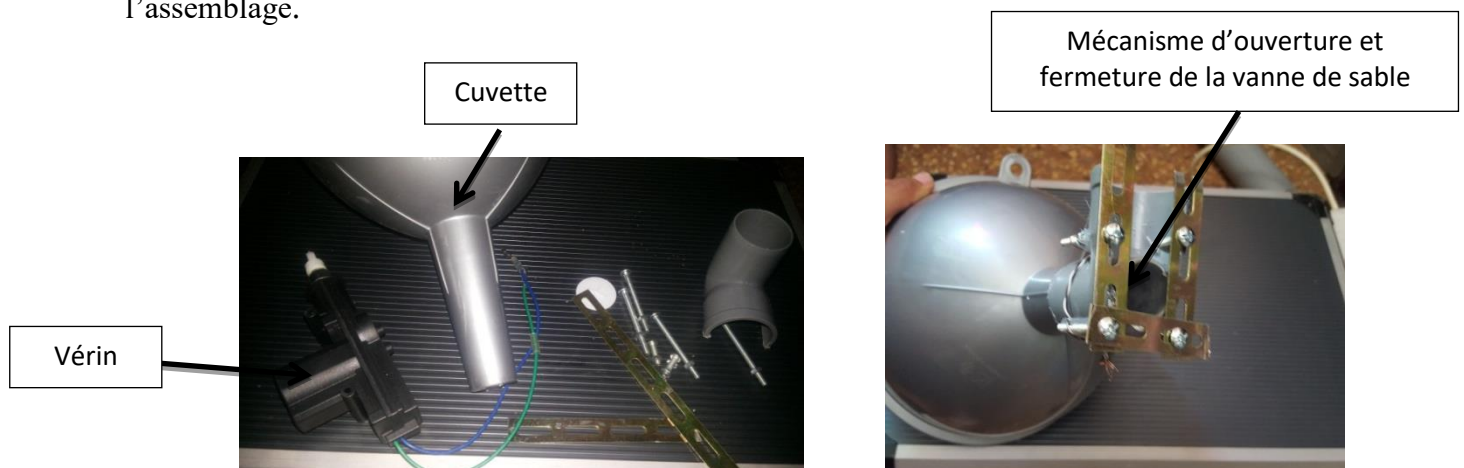


Figure III.8 Éléments constituant la cuvette du sable avant l'assemblage

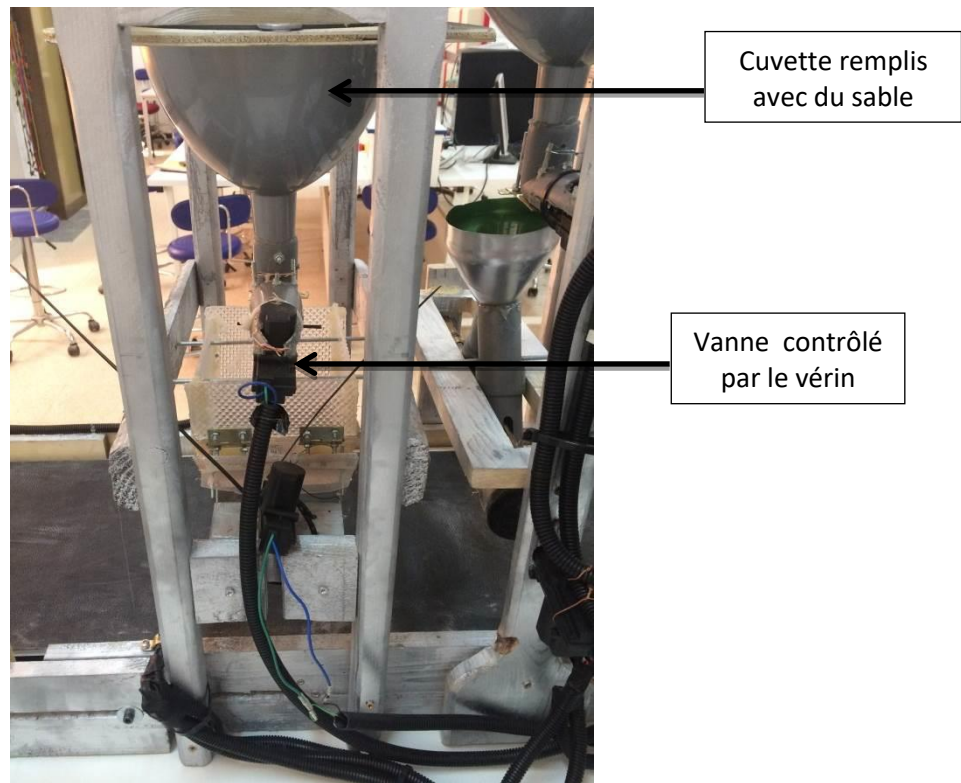


Figure III.9 Cuvette du sable après l'assemblage

La figure 3.9 montre le bac du sable monté avec le mécanisme d'ouverture et fermeture.

III.3.5 Saupoudreuse de sable (disperseur)

La saupoudreuse de sable utilise un vérin à action répétitive pour créer une vibration pour disperser du sable sur la face colorée du carreau de ciment. La figure 3.10 montre les éléments constituant la saupoudreuse de sable avant le montage. Le principe utilisé pour disperser du sable est simple. Un demi-cylindre en PVC est troué au centre, lorsque le vibreur bouge ce cylindre le sable passe par ces trous comme un tamis.



Figure III.10 Cuvette du sable après l'assemblage

La figure 3.11 montre le principe de fonctionnement de la saupoudreuse.



Figure III.11 saupoudreuse de sable après l'assemblage

II.3.6 Bac à sable

Le bac est fait avec du plexiglas pour contenir la bonne quantité du sable et le tenir jusqu'à ce que le carreau soit en place, ensuite le carreau est rempli avec cette quantité de sable. Cette couche de sable va constituer la deuxième face du carreau (face non colorée).

La figure 3.12 montre les éléments constituant le bac de sable avant le montage.

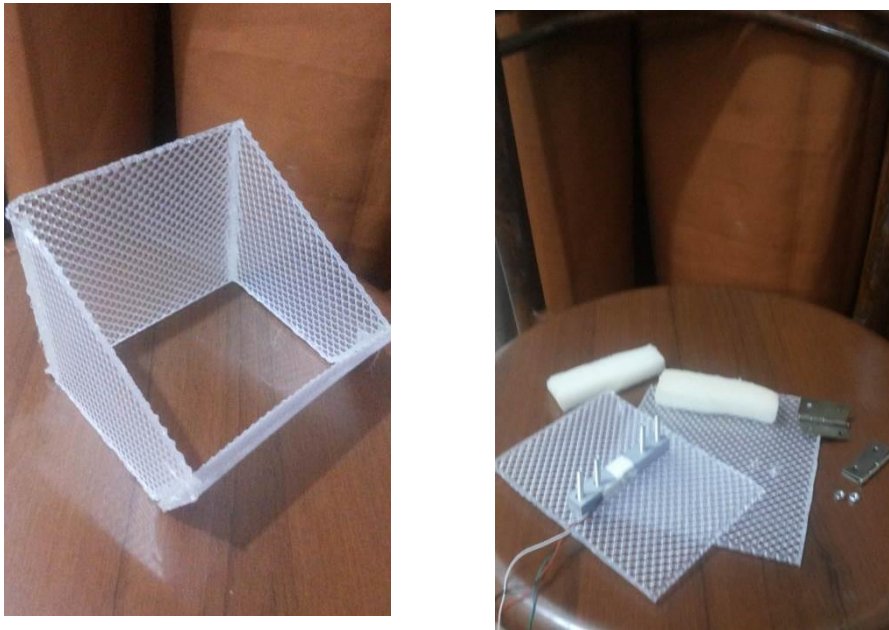


Figure III.12 Éléments constituant le bac de sable avant l'assemblage

La figure 3.13 montre les éléments constituant le bac de sable après le montage.

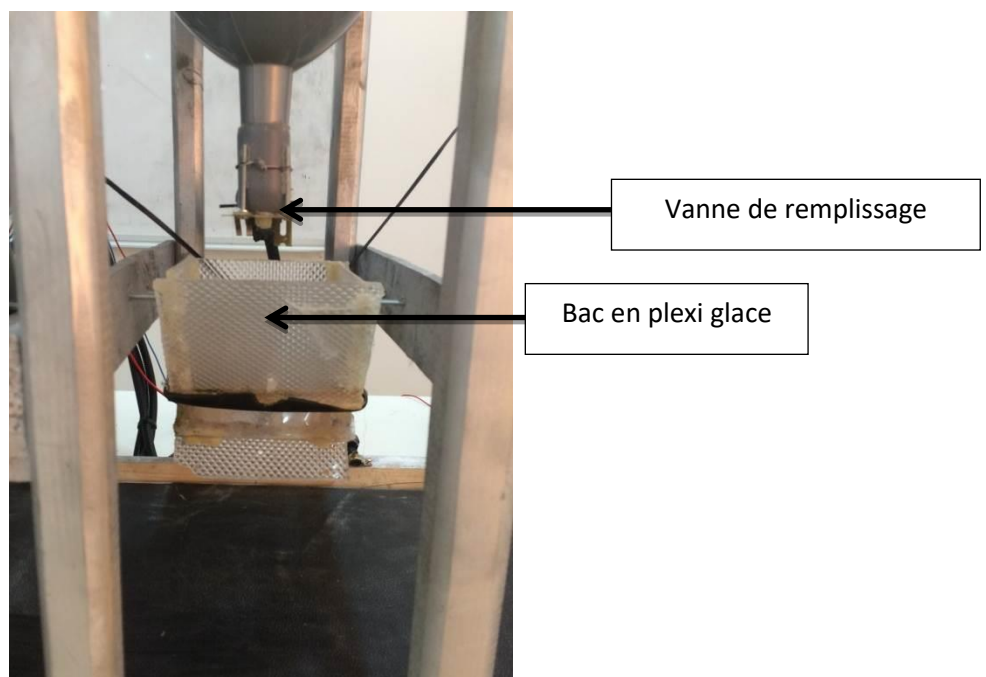


Figure III.13 Bac de sable après l'assemblage

III.3.7 Capteur de position

Pour localiser la position du carreau sur le tapis nous avons utilisé une lumière laser rouge alimentée par une batterie de 5v pointée sur une LDR (résistance qui dépend de la lumière).

Lors du passage du carreau sur le tapis la lumière est coupée et le carreau est détecté.

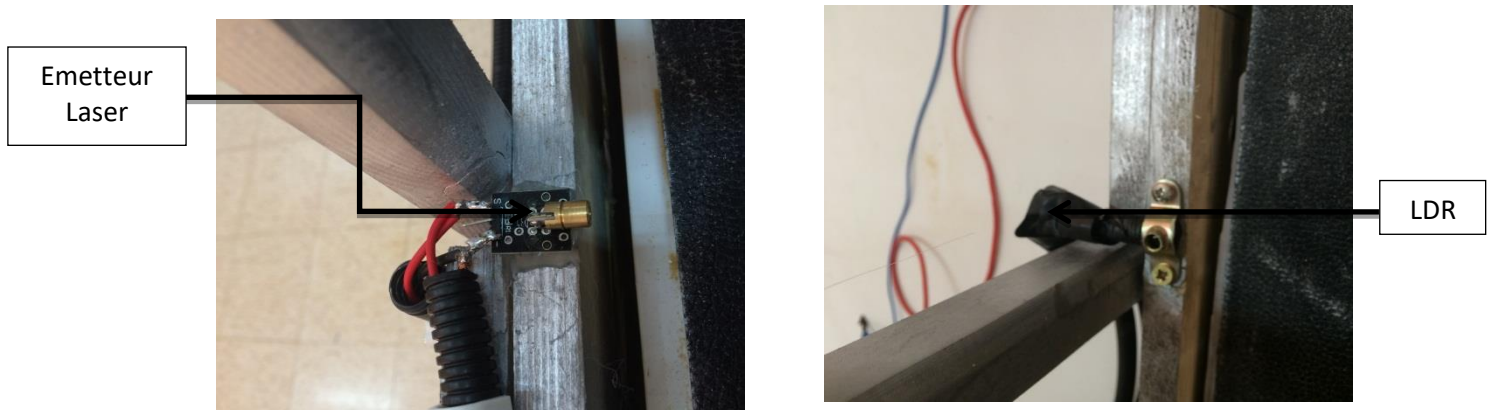


Figure III.14 capteur de position

La figure 3.14 montre les éléments constituant le capteur de position et la figure 3.15 montre l'emplacement de ces capteurs sur le convoyeur.

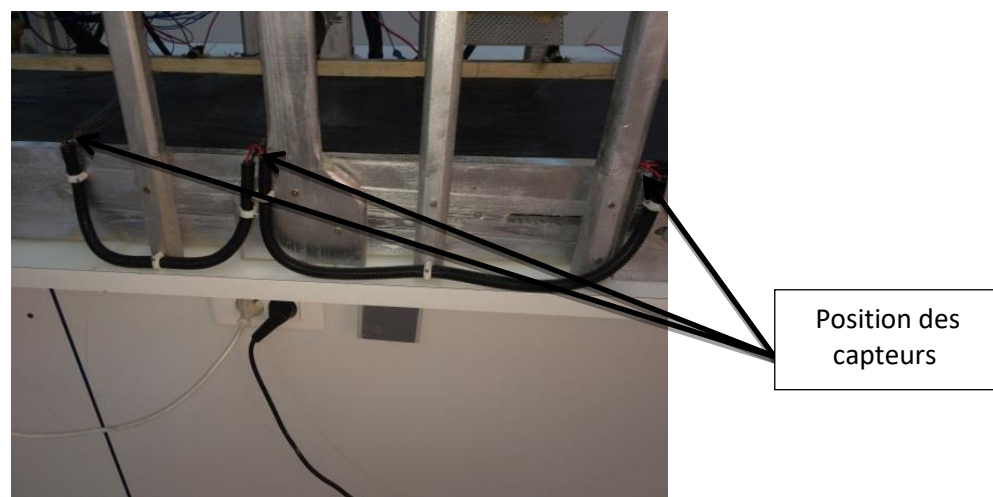


Figure III.15 Position des capteurs sur le convoyeur

La figure 3.16 montre le brochage du récepteur(LDR) avec l'automate .Lorsque la résistance est éclairée par le Laser l'automate détecte 0(contact ouvert, une tension $<12V$ pour l'automate correspond à 0 logique et 1 logique une tension $>12V$).Ce principe est montré sur la figure3.16.

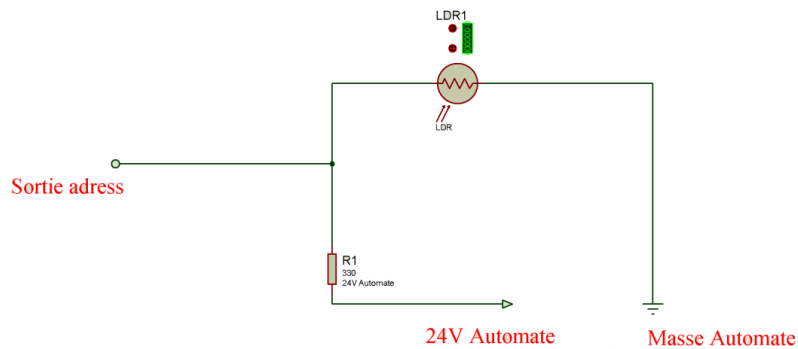


Figure III.16 Brochage da LDR avec l'automate

III.3.8 Cartes électroniques

Nous avons utilisé plusieurs cartes électroniques pour contrôler les différents actionneurs du prototype. Une partie des actionneurs sont commandés dans deux sens (fermeture et ouverture) et d'autres dans un seul sens (ouverture ou fermeture).

III.3.8.1. Schéma de commande à deux sens

La figure 3.17 montre le schéma de la commande à deux sens. Le principe est basé sur l'inversion de la tension appliquée au vérin (+12V ou -12 V). Ce principe est réalisé en utilisant deux relais. Si le relais 1 est activé on applique une tension de 12 V sur l'actionneur, par contre si le relais 2 est activé on inverse la tension (une tension de -12 V).

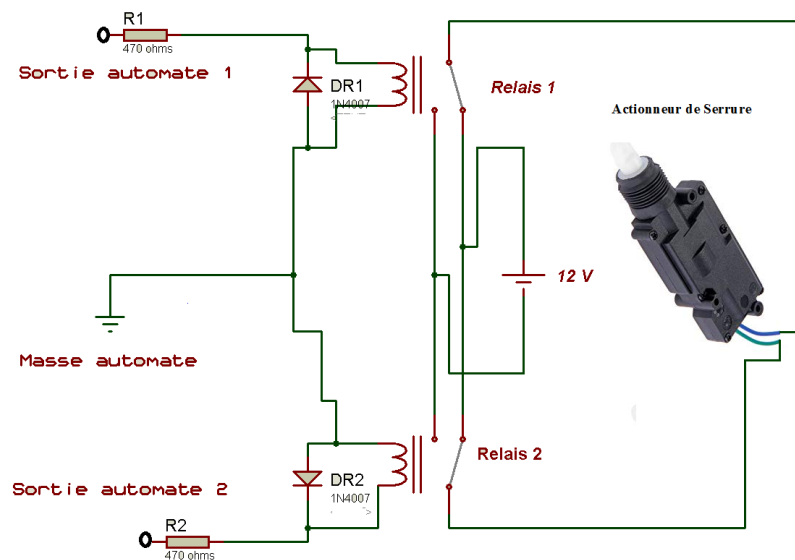


Figure III.17 schéma de commande à deux sens

III.3.8.2. Schéma de commande à un seul sens

Pour les actionneurs nécessitant une seule tension (12 V ou -12 V) on utilise le schéma de la figure 3.18. Dans ce montage un seul relais est utilisé.

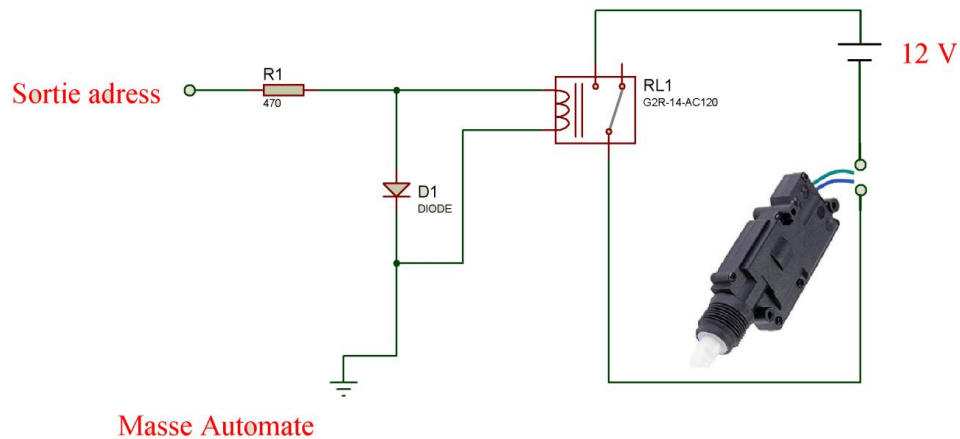


Figure III.18 schéma de commande à un seul sens

Ces cartes sont rassemblées sur trois cartes électroniques de contrôle sont :

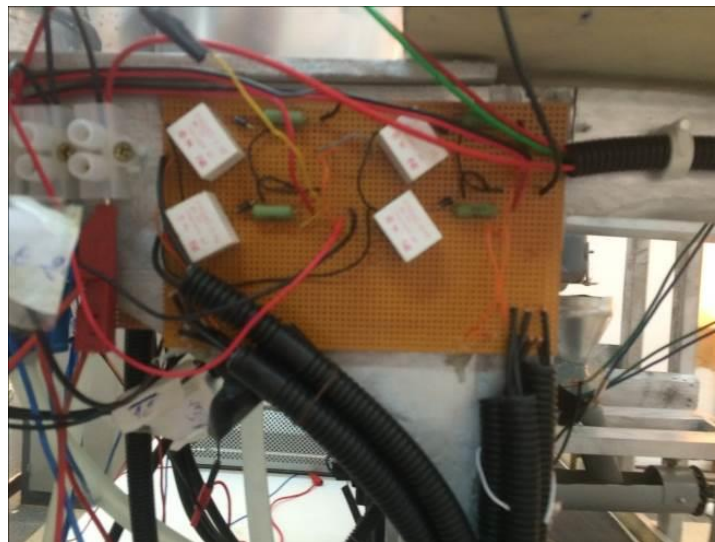


Figure III.19 Carte pour la commande des injecteurs



Figure III.20 Carte pour la commande du mélangeur et du convoyeur

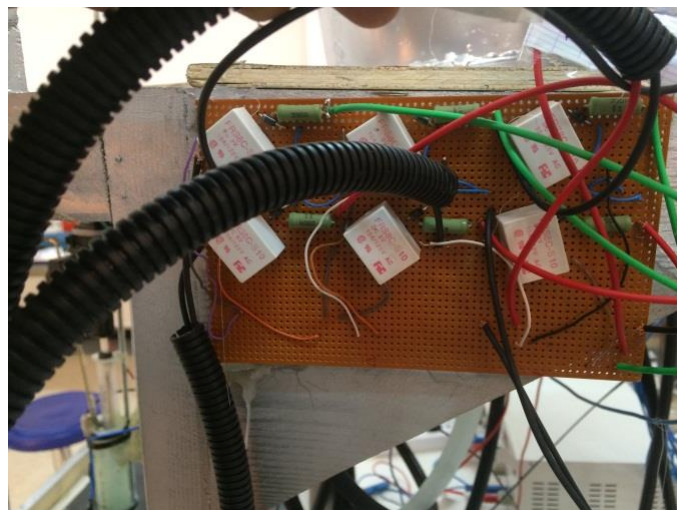


Figure III.21 Cartes électronique pour la commande de la vanne du bac du sable et le vibreur.

Pour faciliter le câblage de l'automate vers les différents actionneurs ont a utilisé des barres de dominos. Ces barres de dominos sont numérotées afin de repérer la position de chaque fils.

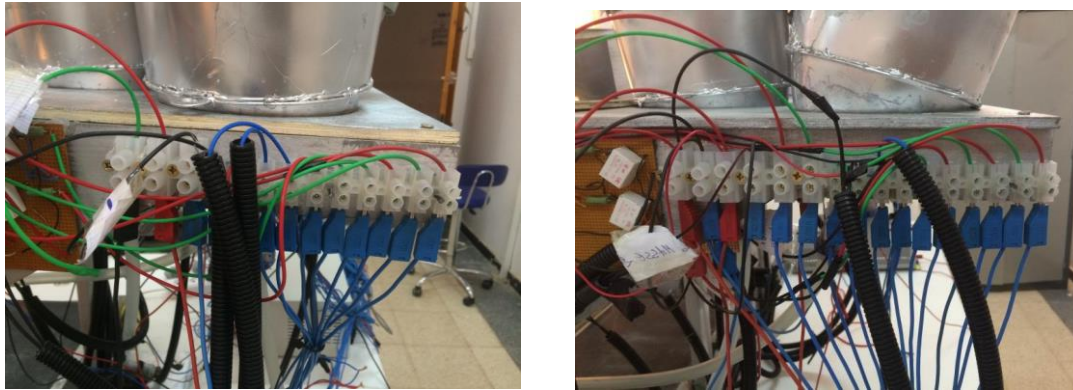


Figure III.22. Barre de dominos (câblage des différents fils)

+24	Automate	17
-24	Automate	16
+12	Alimentation	15
-12	Alimentation	14
CS-STOP	E 124.1	13
CS-RUN	E 124.0	12
LD-MIN	E 124.6	11
LD-MAX MAX	E 124.5	10
LS1	E 124.2	9
CM	A 125.5	8
CD-D	A 125.7	7
CD-G	A 124.1	6
CV-OPEN	A 124.5	4
CV-CLOSE	A 124.4	3
CI-CLOSE	A 124.3	2
CI-OPEN	A 124.2	1

+12	Alimentation	13
-12	Alimentation	12
-24	Automate	11
+24	Automate	10
LS3	E 124.4	9
LS2	A 124.3	8
SR	A 125.2	7
SDV	A 125.3	6
SV1-OPEN	A 124.7	4
SV1-CLOSE	A 124.6	3
SV2-OPEN	A 125.1	2
SV2-CLOSE	A 125.0	1

Figure III.23.Reperage des numéros des fils sur la barre dominos1 et 2

III.3.9 Alimentation

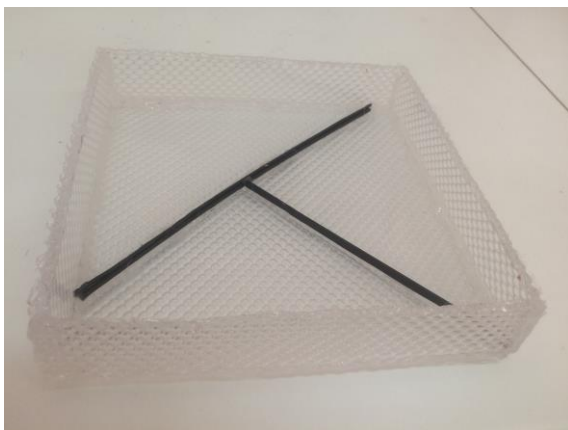
Dans ce projet, nous avons utilisé quatre alimentations en courant continu, trois d'entre elles de 12 V et une de 14 V pour le moteur du convoyeur. Plus deux résistances pour limiter le courant.



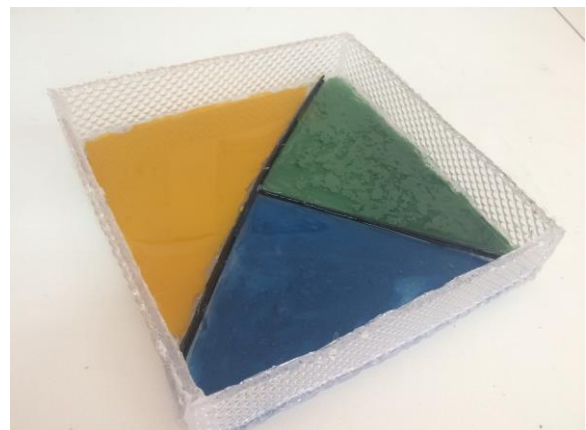
Figure III.24 L'alimentations et les résistances utilisées

III.3.10. le carreau de ciment

n a fabriqué un carreau en plexi glace avec trois séparations pour trois couleurs.



Carreau vide



carreau avec trois couleurs

Figure III.25 carreau de ciment en plexi glace

III.3.11 Station automate et PC

Ce projet est évidemment réalisé en utilisant automate Siemens S300 CPUC313 programmé avec son logiciel « Step 7 » installé sur le pc.

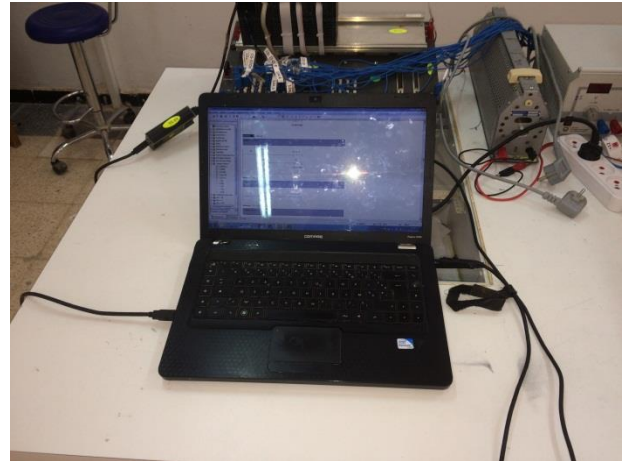
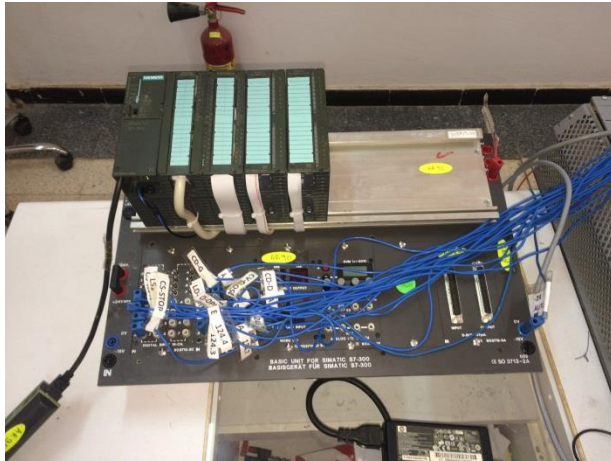


Figure III.26 Station Siemens S-300 - PC

La figure III.26 montre la photo du prototype complet assemblé avec ces différents composants.



Figure III.27 Vue globale du prototype « KAUS-CDC3 »

Pour faire fonctionner le prototype une programmation de l'automate est nécessaire. La phase de programmation fera l'objet du chapitre suivant.

III.4. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la phase de conception des différents parties du prototype « KAUS-CDC3 ».Le prototype est entièrement conçu et réalisé au laboratoire. Pour faire fonctionner le prototype une programmation de l'automate est nécessaire. La phase de programmation fera l'objet du chapitre suivant. A la fin de la phase de programmation un test réel de fabrication de carreau de ciment sera réalisé.

Chapitre IV

PHASE PROGRAMMATION

IV.1 Introduction

Ce chapitre décrira en détaille le programme pour la commande du prototype (décrit dans chapitre précédent) de la production d'un carreau de ciment à base de l'automate programmable S7 300. Nous représenterons premièrement le modèle sous Grafcet et le programme Step 7 développé pour la commande de l'automate.

IV.2 Cahier des charges

Notre cahier de charge consiste à réaliser un programme sous automate programmable S7300 capable de gérer les étapes essentielles pour produire un carreau de ciment (voir chapitre3).

Ces étapes sont :

- Remplissage des injecteurs des couleurs (par action sur les trois valves : bleu, rouge et vert)

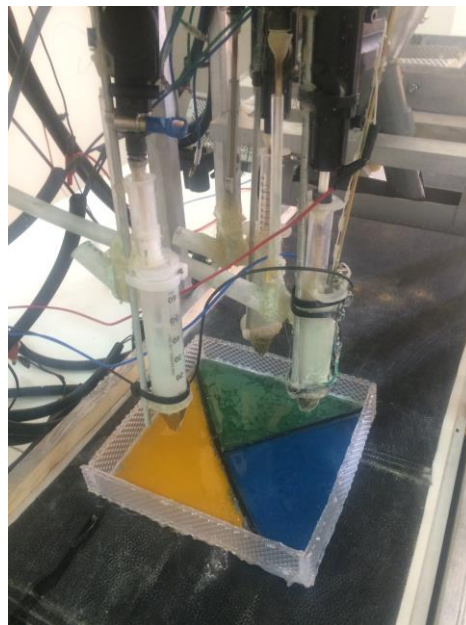


Figure IV.1 remplissage d'injecteur

- Remplissage du 1^{er} récipient par du sable (cuvette pour disperser du sable par vibration)



Figure IV.2 Remplissage du 1^{er} récipient

- Remplissage du 2^{ème} récipient rempli par du ciment



Figure IV. 3 Remplissage du 2ème récipient

- Désamarrer le convoyeur.

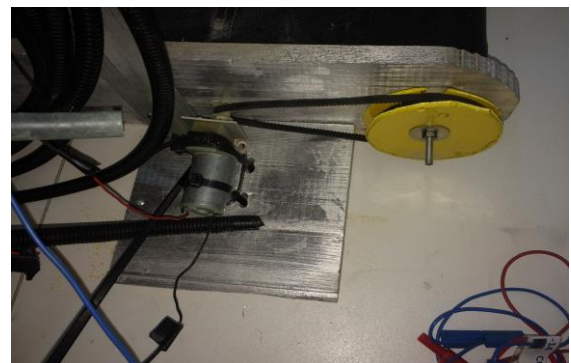


Figure IV.4 moteur de convoyeur

- Arrêt du convoyeur par le premier capteur de position (carreau de ciment sous les injecteurs des couleurs).el le Remplissage du carreau par les trois couleurs puis Désamarrer le convoyeur.

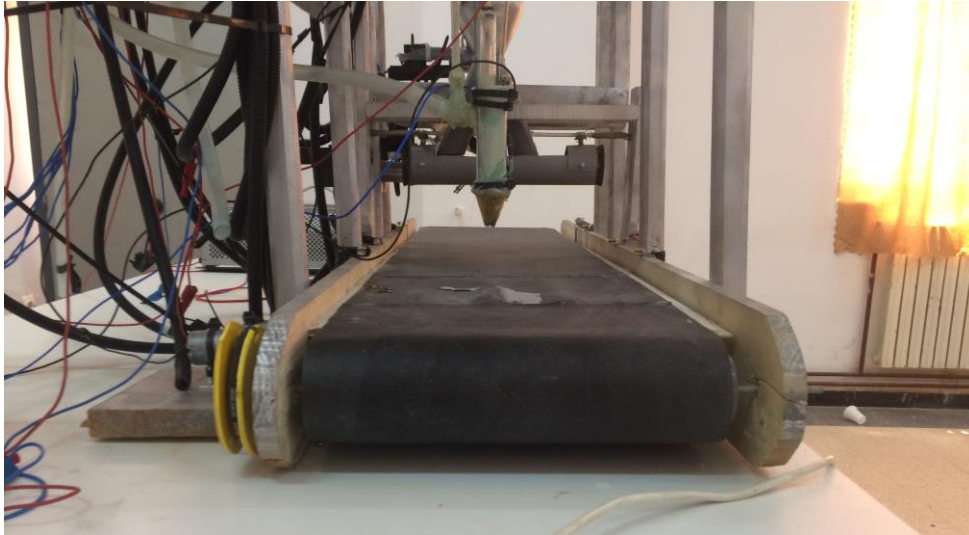


Figure IV.5 Remplissage du carreau par les trois couleurs

- Détection du carreau par le deuxième capteur de position (carreau de ciment sous 1er récipient par du sable) puis Dispersion du sable par vibration sur le carreau.

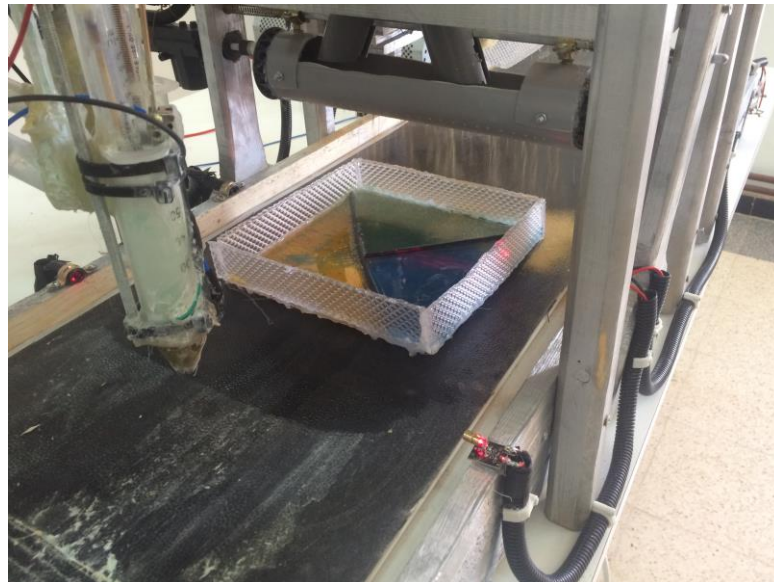


Figure IV.6 Saupoudrage de carreau

- Arrêt du convoyeur par le troisième capteur de position (carreau sous 2ème récipient rempli par du ciment). Puis Remplissage du carreau par le ciment

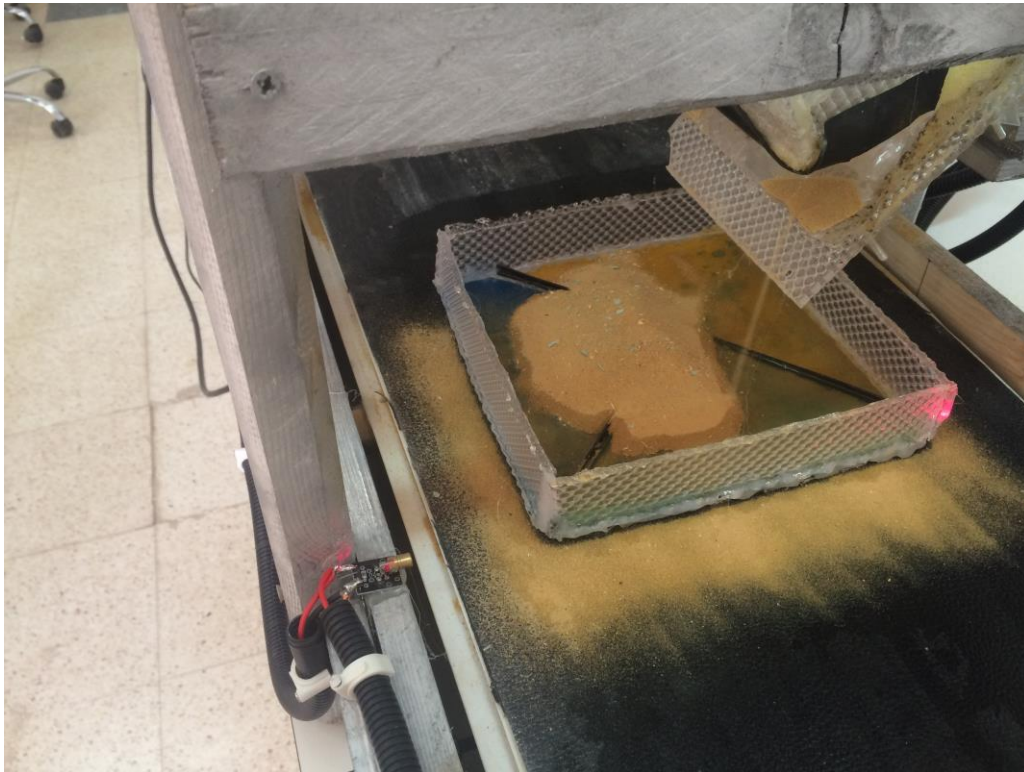
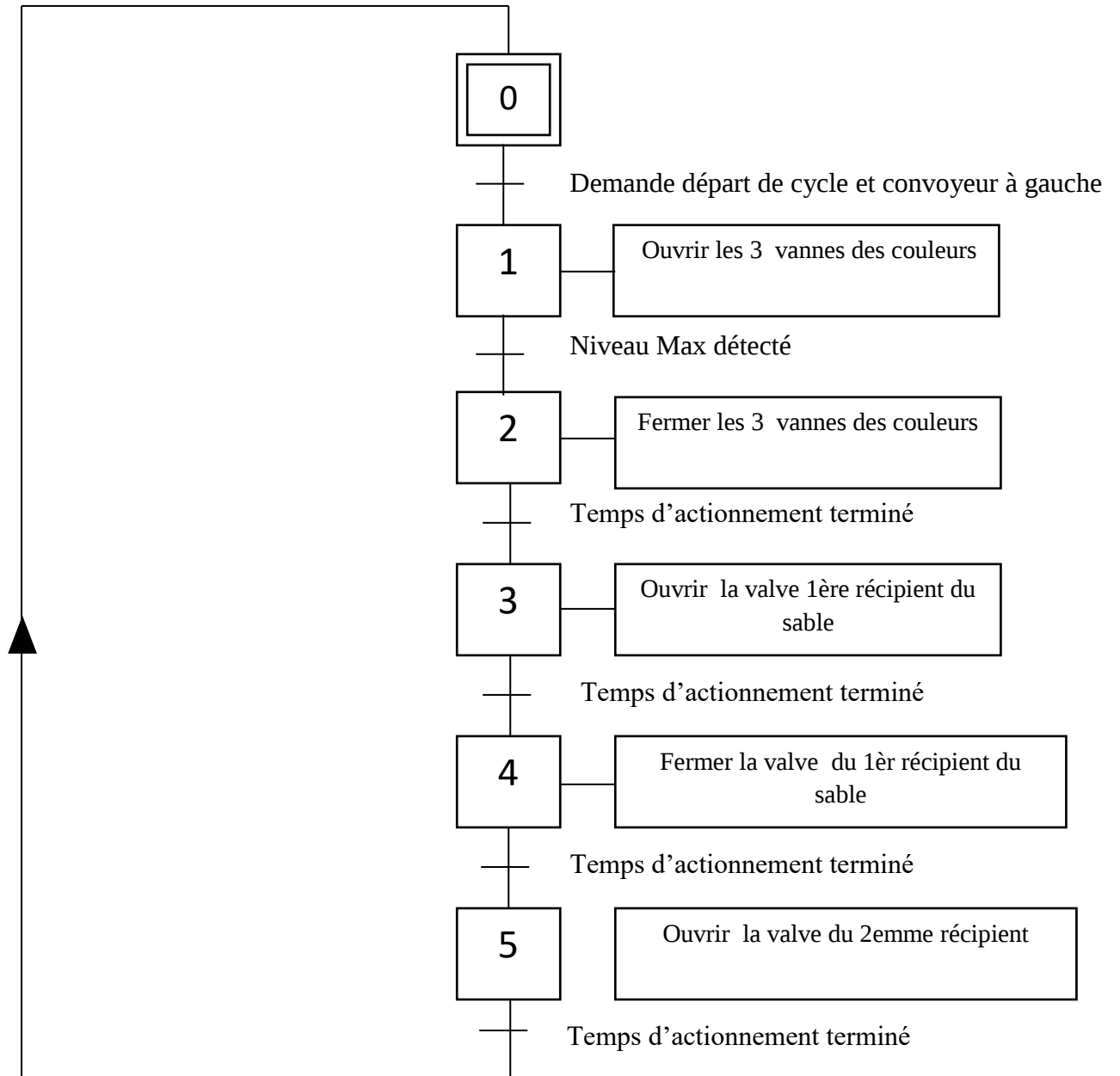
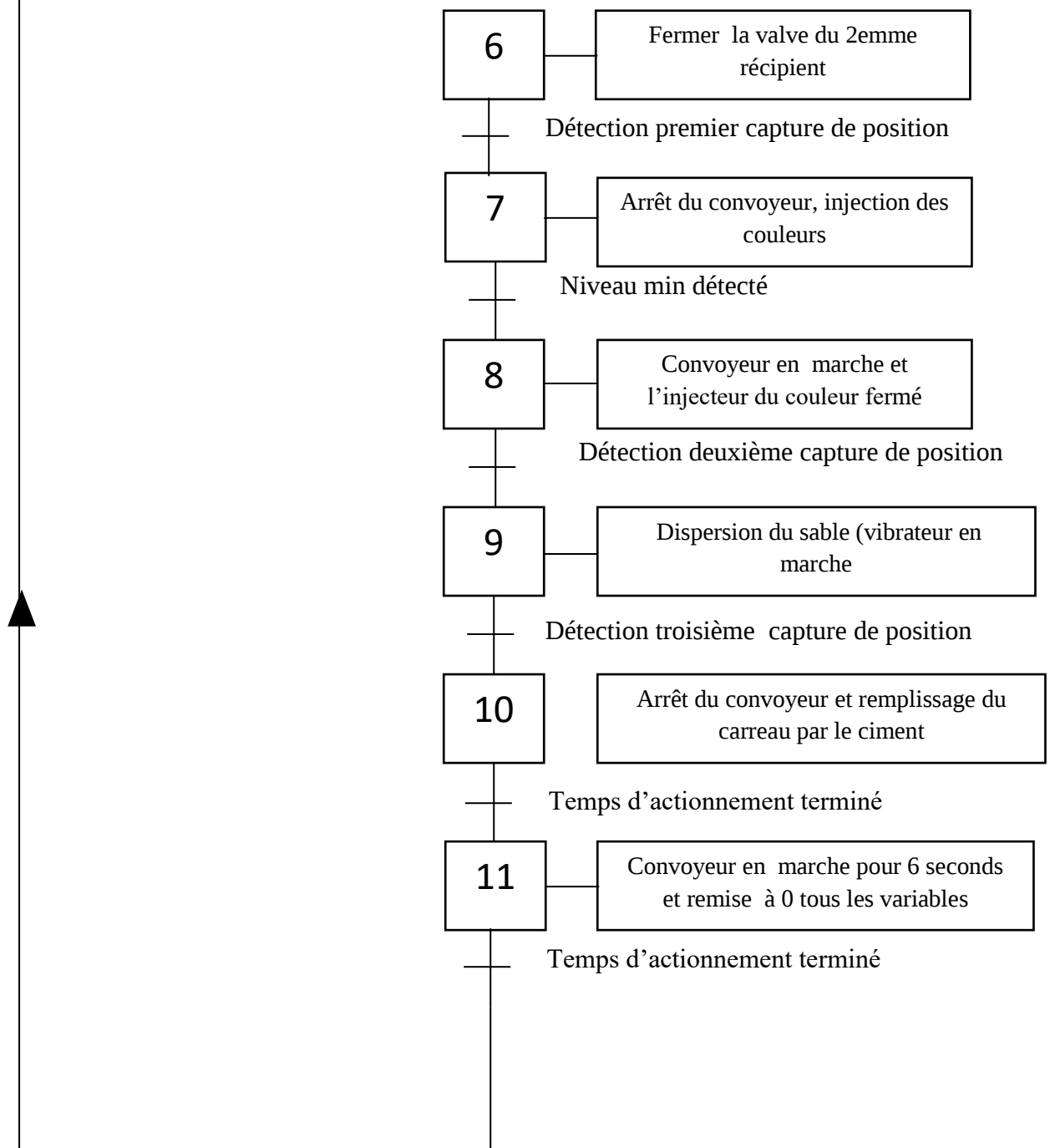


Figure IV.7 Remplissage du carreau par le ciment

- Carreau sous pression (étape non réaliser dans notre projet)
- Deuxième carreau (un nouveau cycle)

Le grafcet résume le fonctionnement global du système.



**Figure IV.8** Le grafcet de la partie commande

IV.3 PROGRAMATION

Le langage utilisé le langage à contacts (LD : Ladder diagram)

IV.3.1- Les symboles utilisés dans notre programme

Les symboles utilisés dans notre programme :

Opération sur bits

---| |--- Contact à fermeture

---| / |--- Contact à ouverture

---()--- Bobine de sortie

---(R)--- Mettre à 0

---(N)--- Détecter front descendant Temporisations

---(SI) Démarrer temporisation sous forme d'impulsion

---(SS) Démarrer temporisation sous forme de retard à la montée mémorisé

---(SV) Démarrer temporisation sous forme d'impulsion prolongée

IV.3.2- Table des mnémoniques

Les adresses utilisées dans ce programme « table mnémonique »

Les entrées :

E	Mnémonique	Opérande	Type de donnes	Commentaire
1	CS-RUN	E 124.0	BOOL	« START »Démarrage du cycle
2	CS-STOP	E 124.1	BOOL	«STOP» Arrêt du cycle
3	LD-MAX	E 124.5	BOOL	«Level Detector MAX» capteur du niveau max
4	LD-MIN	E 124.6	BOOL	«Level Detector MIN» capteur de niveau min
5	LS1	E 124.2	BOOL	«Laser Sensor 1» capteur de position 1
6	LS2	E 124.3	BOOL	«Laser Sensor 2» capteur de position 2
7	LS3	E 124.4	BOOL	«Laser Sensor 3 »capteur de position 3

Tableau IV.1 les mnémoniques les entrées

Les sorties :

S	Mnémonique	Opérande	Type de donnes	Commentaire
1	CD-D	A 125.7	BOOL	convoyeur Direction droite
2	CI-CLOSE	A 124.3	BOOL	COLOR INJECTOR CLOSE (fermer les injecteurs des couleurs)
3	CI-OPEN	A 124.2	BOOL	COLOR INJECTOR OPEN (ouvrir les injecteurs des couleurs)

4	CV-CLOSE	A 124.4	BOOL	COLOR VALVE CLOSE (fermer les Valves des couleurs)
5	CV-OPEN	A 124.5	BOOL	COLOR VALVE OPEN (ouvrir les Valves des couleurs)
6	SDV	A 125.3	BOOL	SAND DISTREBUTION VIBRATOR (VIBRATEUR DE DISTRIBUTION DE SABLE)
7	SR	A 125.2	BOOL	SAND RELEASE LIBÉRATION DE SABLE
8	SV1-CLOSE	A 124.6	BOOL	SAND VALVE 1 CLOSE FERMER VALVE À SABLE 1
9	SV1-OPEN	A 124.7	BOOL	SAND VALVE 1 OPEN OUVRIR VALVE À SABLE 1
10	SV2-CLOSE	A 125.0	BOOL	SAND VALVE 2 CLOSE FERMER VALVE 2 À SABLE
11	SV2-OPEN	A 125.1	BOOL	SAND VALVE 2 OPEN OUVRIR VALVE À SABLE 2

Tableau IV.2 les mnémoniques les sorties

La figure suivant montre comment activer le memento de cadence utilisé pour la dispersion du sable.

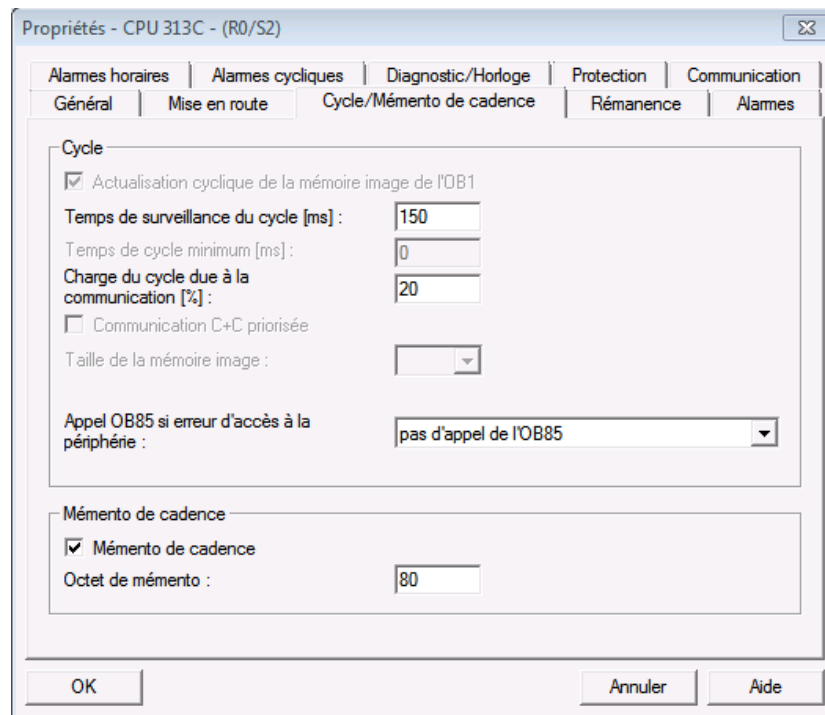


Figure IV.9 Activation Mémento de cadence

IV.3.3-Programme Step 7

Dans cette partie on va détailler le Programme Step 7 qui contrôle le prototype développé pour fabriquer un carreau de ciment.

Réseau 1 : Titre :

Start Stop de tout le système

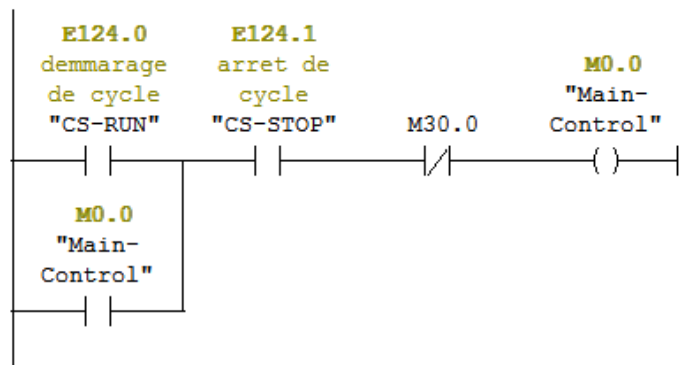


Figure IV.10 Réseau de commande Start -Stop

Réseau 2 : Titre :

Commentaire :



Réseau 3 : COLOR VALVE OPEN

Ouverture de la valve de couleur

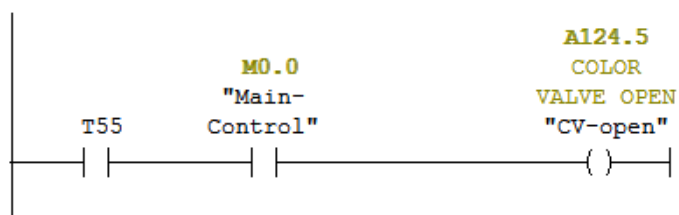
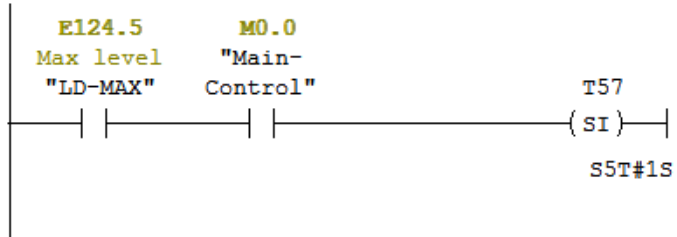


Figure IV.11 Réseau pour ouvrir la vanne du couleur

Réseau 4 : Titre :

Niveau maximum détecté



Réseau 5 : COLOR VALVE close

fermeture de la vanne de couleur après la détection du niveau maximum

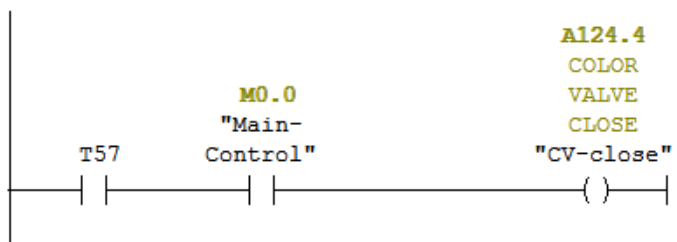
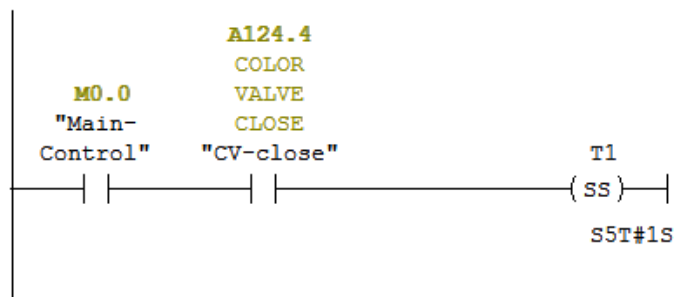


Figure IV.12 Réseau détection niveau max et fermeture vanne du couleur

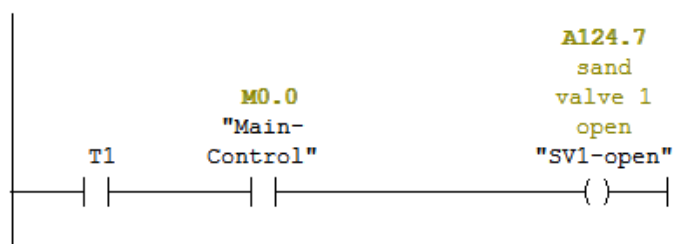
Réseau 6 : Titre :

Commentaire :



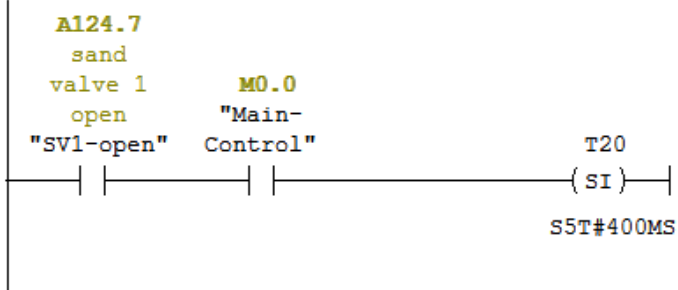
Réseau 7 : sand valve 1 open

la première vanne de sable s'ouvre



Réseau 8 : Titre :

Commentaire :



Réseau 9 : Titre :

Commentaire :

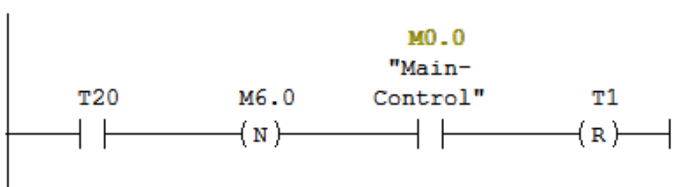
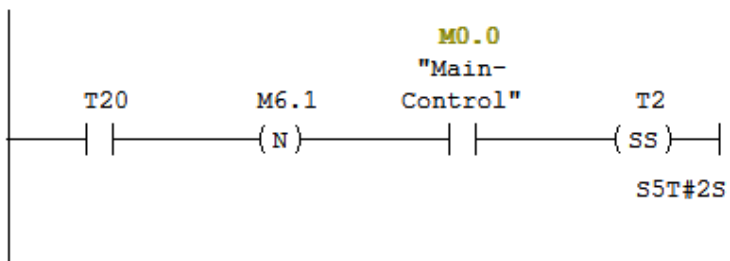


Figure IV.13 Réseau l'ouverture de la première vanne de sable

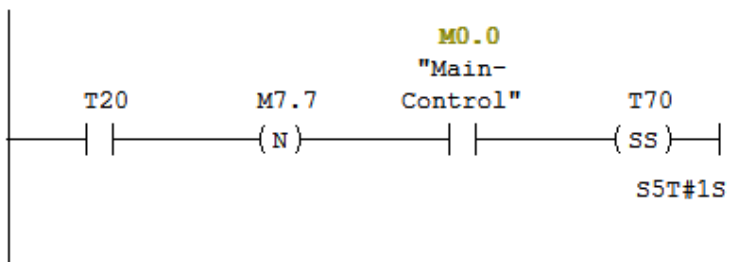
Réseau 10 : sand valve 1 close

Commentaire :



Réseau 11 : Titre :

Commentaire :



Réseau 12: sand release

bac a sable maintient la fermeture

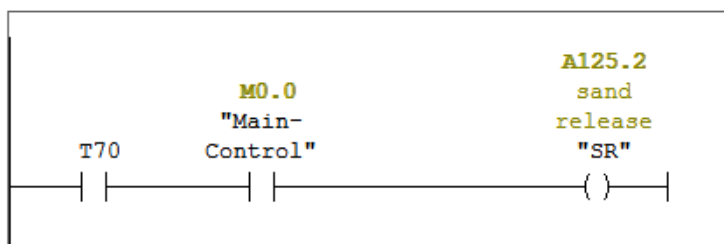
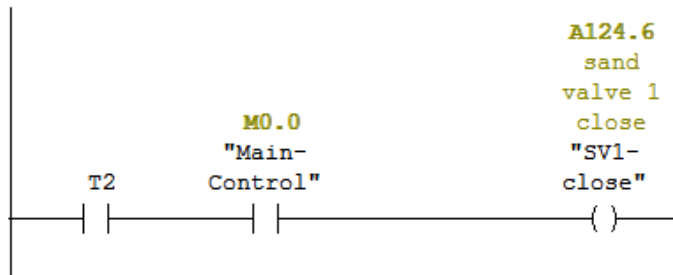


Figure IV.14 Réseau fermeture de sable release

Réseau 13 : sand valve 1 close

la première vanne se ferme



Réseau 14 : Titre :

Commentaire :

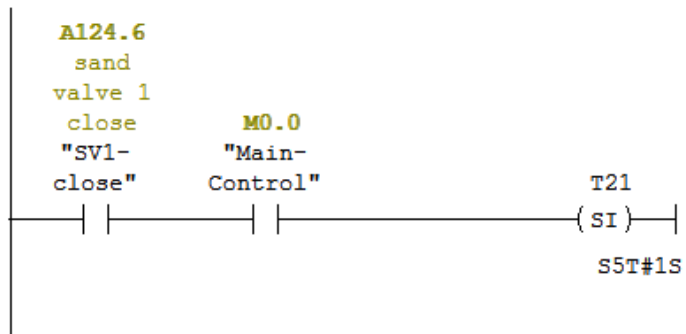
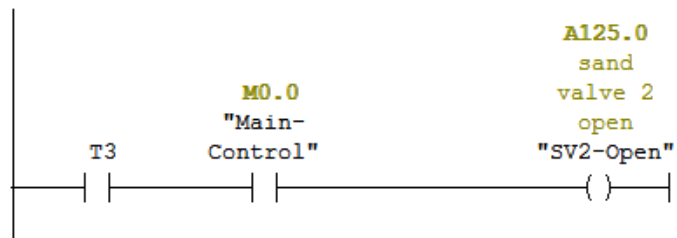


Figure IV.15 Réseau fermeture de la première vanne de sable

Réseau 17 : sand valve 2 open

la deuxième valve s'ouvre



Réseau 18 : Titre :

Commentaire :

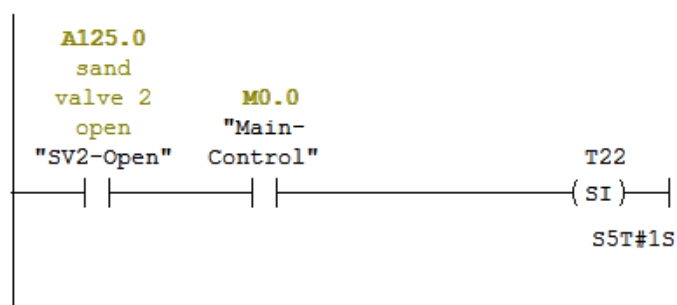
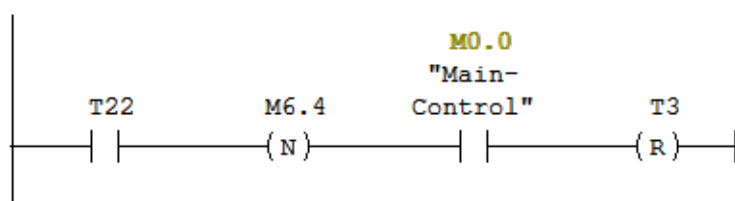


Figure IV.16 Réseau l'ouverture de deuxième vanne de sable

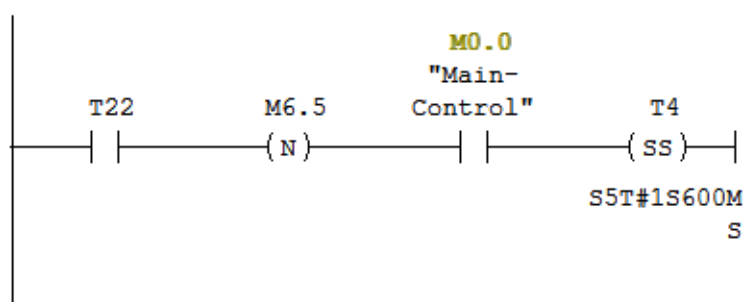
Réseau 19 : Titre :

Commentaire :



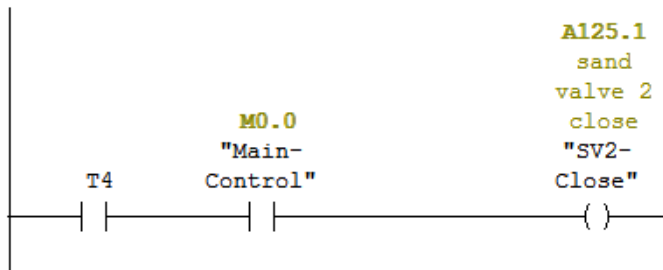
Réseau 20 : Titre :

Commentaire :



Réseau 21 : sand valve 2 close

la deuxième vanne se ferme



Réseau 22 : Titre :

Commentaire :

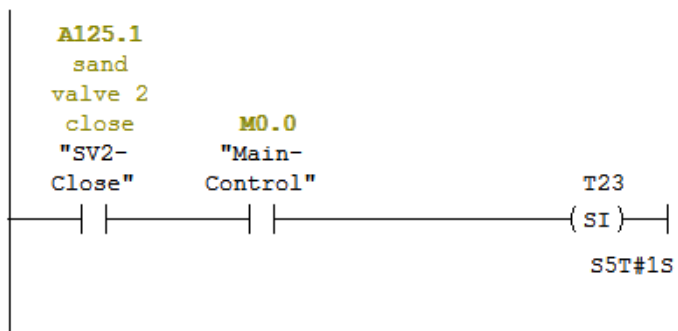
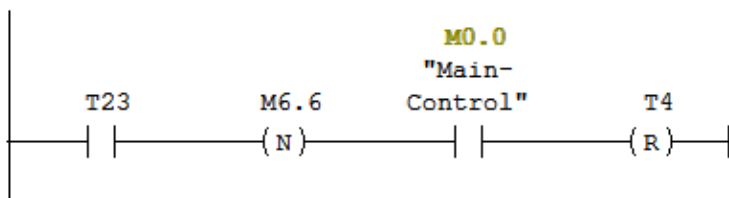


Figure IV.17 Réseau fermeture de deuxième vanne de sable

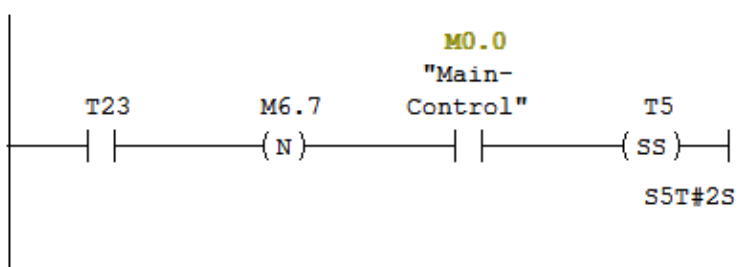
Réseau 23 : Titre :

Commentaire :



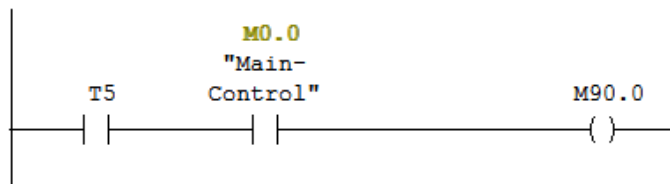
Réseau 24 : Titre :

Commentaire :



Réseau 25 : Motor Direction 1

Commentaire :



Réseau 26 : Titre :

le premier capteur laser étant activé

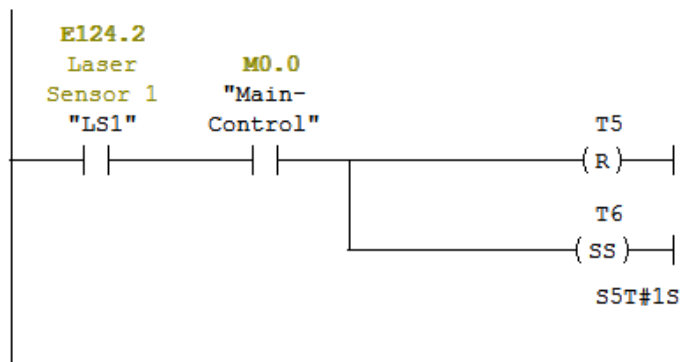
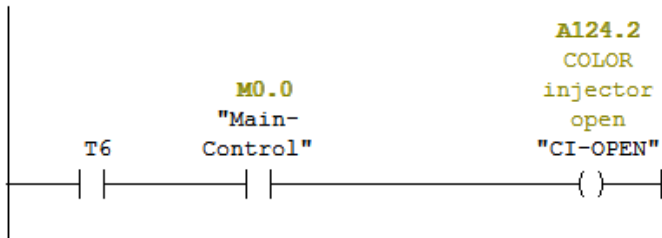


Figure IV.18 Réseau détection de la première capture de position

Réseau 27 : COLOR injector open

l'injecteur de couleur s'ouvre



Réseau 28 : Titre :

le capteur minimum étant activé quand il est vide

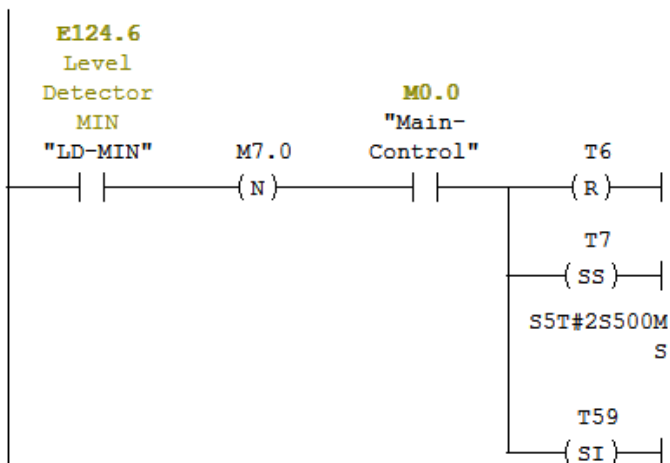
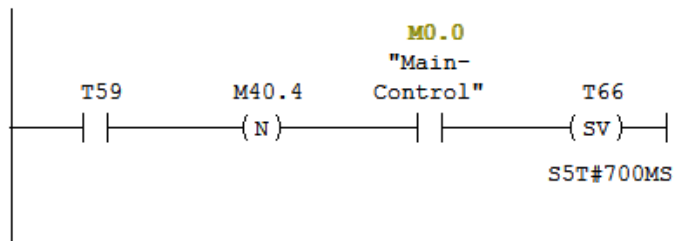


Figure IV.19 Réseau l'ouverture de l'injecteur couleur et détection de niveau min

Réseau 29: Titre :

Commentaire :



Réseau 30 : COLOR INJECTOR CLOSE

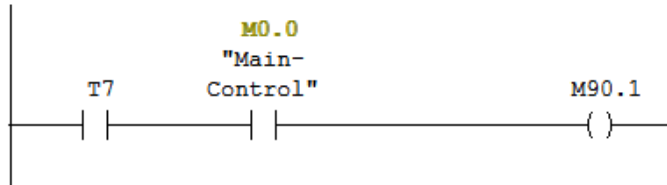
FERMETURE D'INJECTEUR DE COULEUR



Figure IV.20 Réseau fermeture de l'injecteur couleur

Réseau 31 : Titre :

Moteur Direction 1



Réseau 32 : vibreur de distribution de sable

le second capteur laser étant activé et
le vibreur de distribution de sable commence à fonctionner

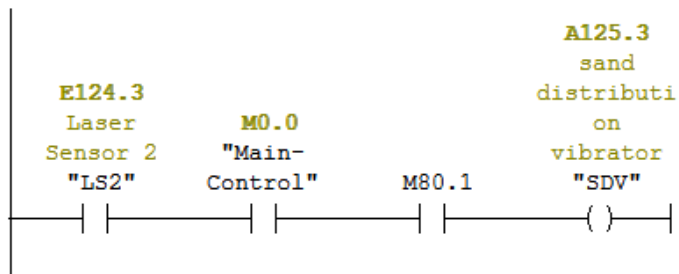
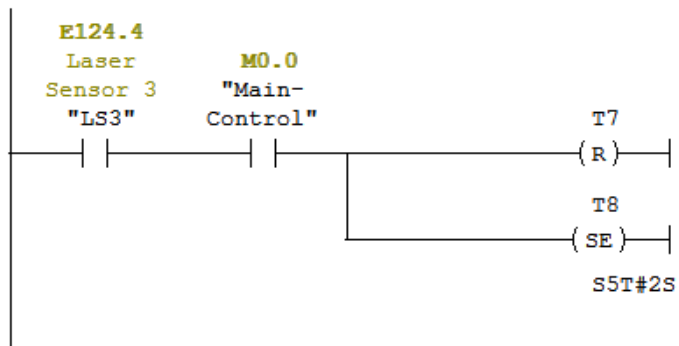


Figure IV.21 Réseau Détection de la deuxième capture de position

Réseau 33 : Titre :

le troisième capteur laser étant activé



Réseau 34 : Titre :

Commentaire :

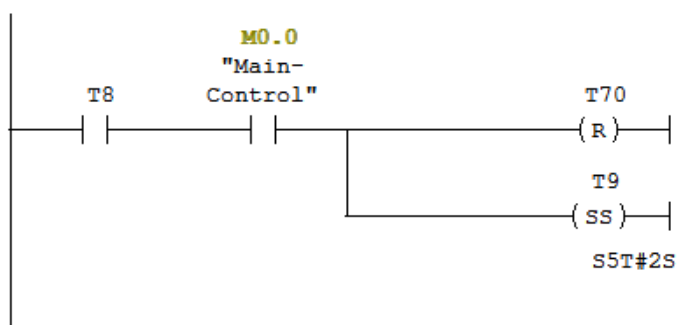
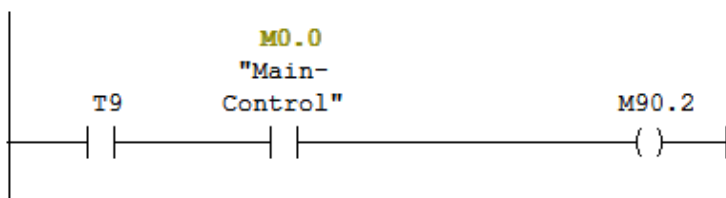


Figure IV.22 Réseau Détection de la troisième capture de position

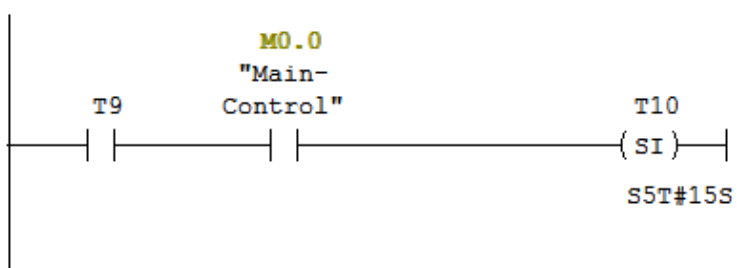
Réseau 35 : Motor Direction 1

Commentaire :



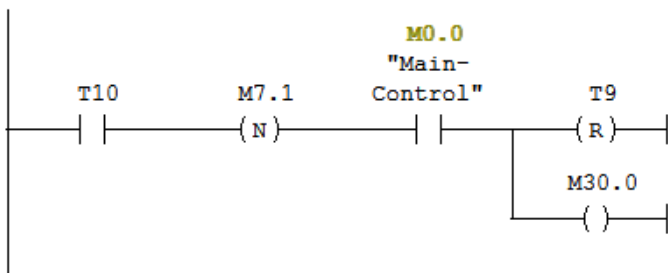
Réseau 36 : Titre :

Commentaire :



Réseau 37 : Titre :

Commentaire :



Réseau 38 : Titre :

les adresses de la bande transporteuse

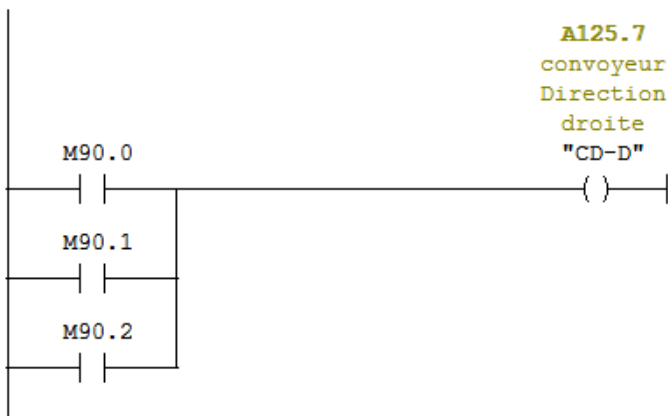


Figure IV.23 Réseau commande de convoyeur

IV.4 Programme de nettoyage

Le nettoyage est fait en versant de l'eau pour nettoyer tout le liquide de couleur restant à l'intérieur des injecteurs de couleur

Réseau 1 : Titre :

start stop le système de nettoyage

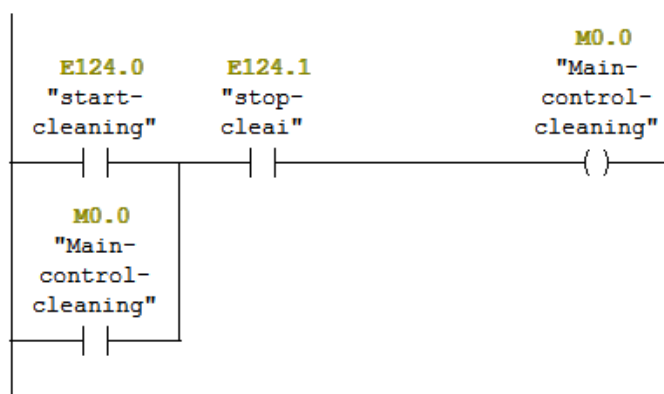
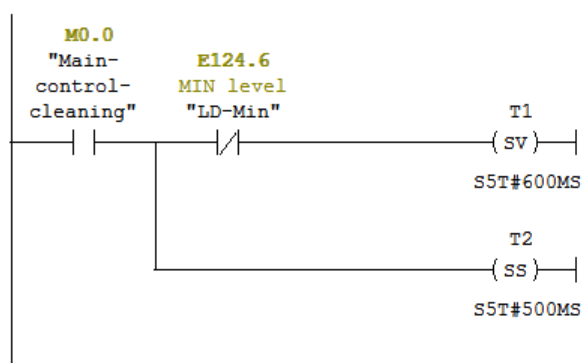


Figure IV.24 Réseau de commande Start -Stop système de nettoyage



Réseau 3 : color valve open

la valve de couleur s'ouvre

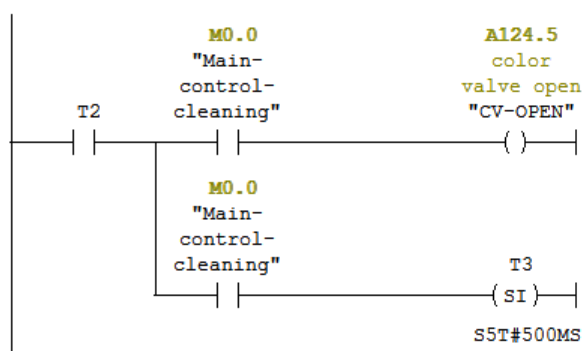
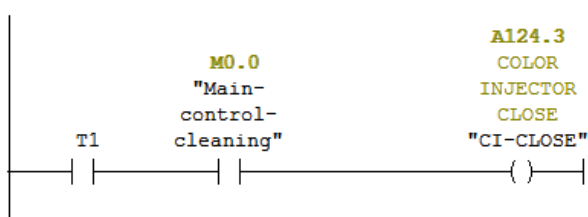


Figure IV.25 Réseau pour ouvrir la vanne du couleur (Sys nettoyage)

Réseau 4 : COLOR INJECTOR CLOSE

l'injecteur de couleur se ferme



Réseau 5 : Titre :

Commentaire :

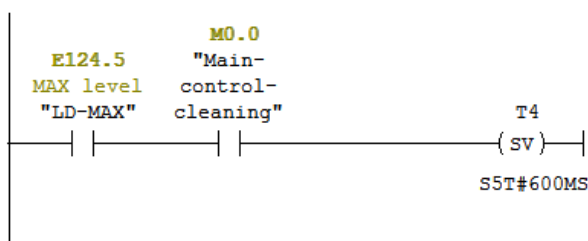
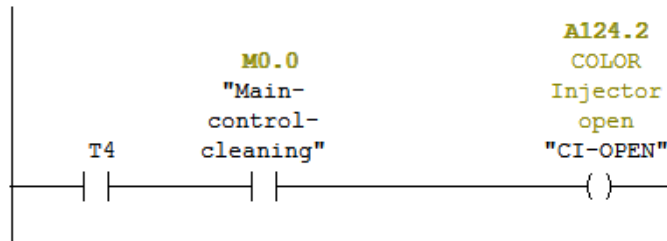


Figure IV.26 Réseau pour fermer l'injecteur du couleur (Sys nettoyage)

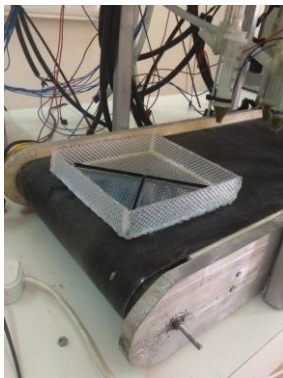
Réseau 6 : COLOR Injector open

l'injecteur de couleur s'ouvre lorsque le niveau maximum est atteint

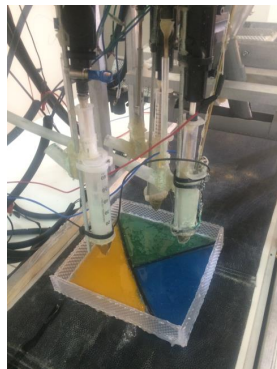
**Figure IV.27** Réseau pour ouvrir l'injecteur du couleur (Sys nettoyage)

IV.5 Test et remarques

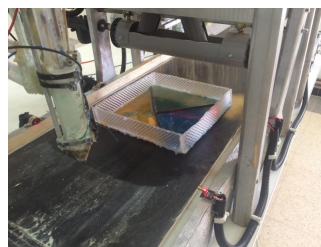
Avant de tester le fonctionnement du prototype avec le programme Steps 7 nous avons chargé un programme de test des différents actionneurs et capteurs du système. Après le bon déroulement du programme de test nous avons chargé l'automate avec le programme complet. Le programme a été testé avec succès. La figure IV.28 représente un essai réussi de fabrication d'un carreau de ciment.



Etape1



Etape2



Etape3



Etape4

Figure IV.28 les étapes de fabrication de carreau de ciment

Comme perspectives à ce projet nous pouvons ajouter des interfaces homme-machine avec logiciel WinCC. Ces interfaces permettent de faciliter le suivi de la chaîne de production et le diagnostic des pannes des différents éléments.

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a décrit le programme développé pour fabriquer un carreau de ciment. Ce programme a été testé avéré succès sur le prototype réalisé décrit dans le troisième chapitre.

Conclusion générale

Le prototype « KAUS-CDC03 » est un système automatisé pour la fabrication d'un carreau de ciment et qui fait appel à plusieurs domaines technologiques, telle que la programmation et l'instrumentation .

Ce mémoire nous a donné l'opportunité d'utiliser nos connaissances acquise durant notre formation afin d'améliorer la pensée conceptuelle, la technique de construction et optimiser notre utilisation du logiciel step 7 du secteur de l'industrie et de la fabrication.

Dans ce travail nous avons développé et conçu t un prototype et un programme sous logiciel STEP7 de Simatic Manager de Siemens pour commander le processus de fabrication d'un carreau de ciment. Le programme et le prototype ont été testés avec succès. Comme perspectives à ce projet nous pouvons ajouter des interfaces homme-machine avec logiciel WinCC .Ces interfaces permettent de faciliter le suivi de la chaîne de production et le diagnostic des pannes des différents éléments.

Bibliographie

- [1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Carreau_ciment
- [2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Carreau_ciment
- [3] Societe ELSE SARL EL MASSIR Hicham Elrouissi–MAROC
- [4] Societe ELSE SARL EL MASSIR Hicham Elrouissi –MAROC
- [5] Societe ELSE SARL EL MASSIR Hicham Elrouissi –MAROC
- [6] <https://www.carreauxmosaic.com/>
- [7] <https://www.maison-travaux.fr/maison-travaux/materiaux/carrelage-materiaux/carrelage-interieur/carreaux-de-ciment/carreaux-de-ciment-fabriquer-en-france-cest-possible%E2%80%8958744.html>
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=SPQAY74uMg4> capture d'écran
- [9] <https://www.youtube.com/watch?v=SPQAY74uMg4> capture d'écran
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=SPQAY74uMg4> capture d'écran
- [11] <https://www.instagram.com/p/BeJCfcwDtGo/>
- [12] <https://www.instagram.com/mosaicsahara/>
- [13] <https://www.instagram.com/morocco.tiles/>
- [14] https://fr.wikipedia.org/wiki/Automation_industrielle
- [15] <http://genie-automatisme.blogspot.com/2011/07/structure-dun-systeme-automatise.html>
- [16] https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel
- [17] https://www.memoireonline.com/02/12/5423/m_Renovation-de-la-soudeuse-Soudronic-de-latelier-de-fabrication-des-fts-neufs21.html
- [18] http://www.geea.org/IMG/pdf/LES_AUTOMATES_PROGRAMMABLES_INDUSTRIE_LS_pour_GEEA.pdf
- [19] <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>
- [20] http://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/Automates/chap2/co/Module_chap2_4.html
- [21] <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/les-automates-siemens-pour-les-nuls.html>