

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلب البليدة  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الآلية والإلكترونيات  
Département d'Automatique et électrotechnique



## Mémoire de Master

Filière : **Automatique**

Spécialité : **Automatique et informatique industrielle**

Présenté par

EL MOUIAH OUSSAMA

&

EL BEY MOHAMED AYMEN

---

# Développement d'un déchargeur d'une ligne SMT avec un Protocol SMEMA et supervisé par un system SCADA

---

Proposé par : Mr. Ykhlef Farid & Mr. Ait Hellal Madani

Année universitaire 2020 – 2021

## Remerciements

---

Avons tous nous remercions le bon dieu tout puissant, pour tout ce qu'il nous a donné, surtout la foi et la persévérance qui nous ont permis d'accomplir ce modeste travail, et de nous avoir éclairé tout au long du chemin de la réussite.

Nous tenons à remercier en premier lieu nos parents de nous avoir encouragés durant notre cursus universitaire.

Nous tenons à remercier, M.Aouabed Ali, qui nous a dirigés vers BOMARE COMPANY pour réaliser notre PFE.

Nous tenons à remercier particulièrement notre encadrant M.Ait hellal Madani et notre promoteur M.Ykhlef Farid qui nous ont accompagné pendant ce projet.

Nous tenons à remercier M.Bennila Nourdine qui nous a aidés et qui nous a accompagnés pendant la réalisation de la maquette d'essai, ainsi le chef de formation M.Benselama qui nous a autorisés à utiliser les APIs du laboratoire.

Nous souhaitons remercier les personnels enseignant et ingénieurs qui m'ont apportés leurs connaissances.

Merci à l'équipe d'usinage qui nous a accompagnés durant le stage de fin d'étude.

Nous tenons également à remercier tous les membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.

## Dédicaces

---

Nous dédions ce modeste travail :

À nos parents, ceux qu'ils ont toujours sacrifiés et qu'ils ont toujours nous dirigés vers le chemin de la réussite.

À nos frères et sœurs pour leurs conseils, aides, et encouragements.

À tous qui nous a aidés de près ou de loin.

À tous nos amis et à toute la section All.

---

## ملخص:

العمل المنجز في هذه المذكرة ينص على إعادة صنع الآلة التي تقوم بتزويد خط إنتاج البطاقات الإلكترونية بالألواح الإلكترونية، المتواجدة على مستوى مصنع بومار بالجزائر العاصمة، حيث أن الجهاز المتواجد حاليا لدى المصنع يقوم بعرقلة سير الإنتاج أحيانا حيث غالبا ما يظهر مشاكل تقنية مما يضيع من وقت الإنتاج، لذا قررنا صنع آلة أخرى ذاتية الحركة، تقوم بنفس عمل الآلة الحالية في المصنع لكن بطريقة مختلفة، تعتمد في تسييرها ومعالجة بياناتها على جهاز المبرمج الآلي S7-312C الخاص بشركة سيمنس، كما قمنا بصنع واجهة رسومية SCADA، لتمكين العمال التقنيين من التحكم بها.

**كلمات المفاتيح:** ذاتية الحركة – معالجة البيانات – واجهة رسومية – المبرمج الآلي – S7 312C – SCADA

---

**Résumé :** Le projet réalisé dans ce mémoire consiste à fabriquer une autre machine que celle du BOMARE BOMPANY, qui charge les cartes PCB dans la ligne de production SMT, car la machine actuellement à l'usine commit plusieurs fois des anomalies, ce qui fait perdre du temps à la production. Nous avons donc décidé de fabriquer une autre machine automatisée, qui effectue le même travail que la machine actuellement à l'usine, mais d'une manière différente. Cette dernière doit exécuter et traiter ses données à l'aide d'un API S7-312C de la marque SIEMENS. On a aussi développé une interface graphique SCADA pour aider l'opérateur à commander et à visualiser le fonctionnement de la machine.

**Mots clés :** PCB – La ligne de production SMT – API S7 312c – SCADA – Interface graphique

---

**Abstract :** The project carried out in this thesis consists in developing another machine than that of the BOMARE BOMPANY, which loads the PCB boards in the SMT production line, because the machine currently in the factory committed several anomalies, which wastes production time. Therefore we decided to make another automated machine that does the same task as the machine currently in the factory with a different way. The latter must execute and process its data using an S7-312C API from SIEMENS. A SCADA graphical interface was also developed to help the operator control and visualize machine operation.

**Keywords :** PLC – S7 312C – Siemens - SMT production line – SCADA - Automatic

---

## Listes des acronymes et abréviations

**PFE** : Projet de fin d'étude

**CE** : conformité européenne

**ROHS**: Restriction of hazardous substances in electrical and electronic equipment

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**UPCE** : Unité de production de cartes électroniques

**LED**: light emitting diode

**SMT**: Surface-mount technology

**PCB**: Printed circuit board

**AOI**: Automated optical inspection

**SMC**: Surface Mounted Components

**SMEMA**: Surface Mount Equipment Manufacturers Association

**TOR**: Tout ou rien

**CC**: Courant continu

**P.C**: Partie commande

**P.O**: Partie operative

**API**: Automate programmable industriel

**SFC** : Sequential Function Charts

**CPU** : Central processing unit

**TIA PORTAL**: Totally integrated automation PORTAL

**SCADA**: Supervisory control and data acquisition

# Table des matières

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

## Chapitre

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Généralités</b> .....                           | <b>2</b> |
| 1.1      | Introduction.....                                  | 3        |
| 1.2      | Organisme d'accueil .....                          | 3        |
| 1.2.1    | Présentation de l'entreprise.....                  | 3        |
| 1.2.2    | Certifications .....                               | 4        |
| 1.2.3    | Unités de production.....                          | 4        |
| 1.2.4    | Marque commerciale .....                           | 5        |
| 1.2.5    | Activité internationale.....                       | 6        |
| 1.3      | Ligne de production SMT.....                       | 7        |
| 1.3.1    | Types de la ligne SMT .....                        | 8        |
| 1.3.2    | Processus de la ligne SMT .....                    | 9        |
| 1.3.3    | Définition des équipements .....                   | 10       |
| 1.3.4    | Communication entre les équipements.....           | 13       |
| 1.3.5    | Interface SMEMA.....                               | 14       |
| 1.3.6    | Spécifications de l'interface SMEMA .....          | 14       |
| 1.3.7    | Principe de fonctionnement du protocole SMEMA..... | 17       |
| 1.4      | Déchargeur actuellement à BOMARE .....             | 19       |
| 1.4.1    | Principe de fonctionnement.....                    | 20       |
| 1.4.2    | Problématique .....                                | 21       |
| 1.5      | Conclusion .....                                   | 21       |

## Chapitre

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>2</b> | <b>Conception architecturale du déchargeur</b> ..... | <b>22</b> |
| 2.1      | Introduction.....                                    | 23        |
| 2.2      | Cahier de charge.....                                | 23        |
| 2.2.1    | But de projet.....                                   | 23        |
| 2.2.2    | Cycle de fonctionnement .....                        | 23        |
| 2.3      | Conception architecturale .....                      | 24        |
| 2.4      | Structure mécanique .....                            | 24        |
| 2.5      | Partie opérative .....                               | 26        |
| 2.5.1    | Capteur .....  | 27        |

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| 2.5.2           | Pré actionneurs .....                             | 38        |
| 2.5.3           | Actionneurs .....                                 | 41        |
| 2.6             | Instrumentation du déchargeur .....               | 45        |
| 2.6.1           | Capteur .....                                     | 45        |
| 2.6.2           | Pré-actionneur.....                               | 45        |
| 2.6.3           | Actionneur .....                                  | 47        |
| 2.7             | Conclusion .....                                  | 48        |
| <b>Chapitre</b> |   |           |
| <b>3</b>        | <b>Station de commande du déchargeur.....</b>     | <b>49</b> |
| 3.1             | Introduction .....                                | 50        |
| 3.2             | Définition d'un système automatisé .....          | 50        |
| 3.3             | Structure d'un système automatisé .....           | 50        |
| 3.3.1           | Partie opérative .....                            | 51        |
| 3.3.2           | Partie commande .....                             | 51        |
| 3.4             | Station de commande du déchargeur.....            | 51        |
| 3.4.1           | Automate programmable industriel.....             | 52        |
| 3.4.2           | ARDUINO .....                                     | 55        |
| 3.4.3           | Communication entre l'automate et l'ARDUINO ..... | 58        |
| 3.5             | Logiciel TIA PORTAL V13.....                      | 59        |
| 3.5.1           | Configuration du matériel sous TIA PORTAL .....   | 59        |
| 3.6             | Programme de la commande du système.....          | 61        |
| 3.6.1           | Programmation d'API .....                         | 61        |
| 3.6.2           | Programmation d'ARDUINO.....                      | 63        |
| 3.7             | Partie de supervision .....                       | 66        |
| 3.7.1           | Système SCADA .....                               | 66        |
| 3.7.2           | WINCC professionnel.....                          | 67        |
| 3.7.3           | Création du système SCADA.....                    | 67        |
| 3.8             | Conclusion .....                                  | 70        |
|                 | <b>Conclusion générale .....</b>                  | <b>71</b> |
|                 | <b>Bibliographie.....</b>                         | <b>72</b> |
|                 | <b>Annexes.....</b>                               | <b>74</b> |

## Liste des figures

### CHAPITRE 1

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1.1</b> Logo Bomare company .....                                 | 3  |
| <b>Figure 1.2</b> Logo Stream System .....                                  | 5  |
| <b>Figure 1.3</b> Sarl BOMARE COMPANY situé à Birtouta .....                | 7  |
| <b>Figure 1.4</b> Ligne de production SMT automatique .....                 | 8  |
| <b>Figure 1.5</b> Support et raclette d'une machine de sérigraphie .....    | 11 |
| <b>Figure 1.6</b> Machine de sérigraphie DEK 03ix .....                     | 11 |
| <b>Figure 1.7</b> Machine de placement de composants .....                  | 12 |
| <b>Figure 1.8</b> écart maximale .....                                      | 15 |
| <b>Figure 1.9</b> Connecteur de câble SMEMA .....                           | 16 |
| <b>Figure 1.10</b> Prise à bride carré SMEMA .....                          | 16 |
| <b>Figure 1.11</b> Schéma d'interface électrique .....                      | 17 |
| <b>Figure 1.12</b> Schéma explicatif de fonctionnement d'un déchargeur..... | 19 |
| <b>Figure 1.13</b> Rack .....   | 20 |

### CHAPITRE 2

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 2.1</b> Plan de face du déchargeur .....                | 25 |
| <b>Figure 2.2</b> Mécanisme de fixation de la partie mobile ..... | 25 |
| <b>Figure 2.3</b> Support de cartes .....                         | 25 |
| <b>Figure 2.4</b> Axe fileté .....                                | 26 |
| <b>Figure 2.5</b> Roue gomme.....                                 | 26 |
| <b>Figure 2.6</b> Effet piézo-électrique.....                     | 29 |
| <b>Figure 2.7</b> Effet d'induction électromagnétique.....        | 29 |
| <b>Figure 2.8</b> Effet photo-électrique .....                    | 29 |
| <b>Figure 2.9</b> Effet photovoltaïque .....                      | 30 |



|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 2.10</b> Signal logique .....                              | 32 |
| <b>Figure 2.11</b> Signal analogique .....                           | 32 |
| <b>Figure 2.12</b> Fin de course levier à galet.....                 | 33 |
| <b>Figure 2.13</b> Détection par barrage .....                       | 35 |
| <b>Figure 2.14</b> Détection par les cellules reflex .....           | 35 |
| <b>Figure 2.15</b> Architecture interne d'un palpeur.....            | 36 |
| <b>Figure 2.16</b> Détection d'un objet par un palpeur .....         | 36 |
| <b>Figure 2.17</b> Détecteurs NPN et PNP .....                       | 37 |
| <b>Figure 2.18</b> Symbole d'un relais .....                         | 39 |
| <b>Figure 2.19</b> Schéma interne d'un relais électromécanique.....  | 40 |
| <b>Figure 2.20</b> Schéma interne d'un relais statique .....         | 40 |
| <b>Figure 2.21</b> Moteur à courant continu .....                    | 41 |
| <b>Figure 2.22</b> La règle de la main droite .....                  | 42 |
| <b>Figure 2.23</b> Effet du champ magnétique sur le conducteur ..... | 42 |
| <b>Figure 2.24</b> Schéma d'un moteur à courant continu .....        | 43 |
| <b>Figure 2.25</b> Moteur pas à pas .....                            | 44 |
| <b>Figure 2.26</b> Schéma d'un moteur pas à pas .....                | 44 |
| <b>Figure 2.27</b> Relais électromécanique .....                     | 45 |
| <b>Figure 2.28</b> Driver ST330 V3 .....                             | 46 |
| <b>Figure 2.29</b> Moteur pas à pas Nema 34 .....                    | 47 |
| <b>Figure 2.30</b> Moteur à courant continu 24v .....                | 48 |

## CHAPITRE 3

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 3.1</b> Structure d'un système automatisé..... | 50 |
| <b>Figure 3.2</b> Structure d'un API.....                | 52 |
| <b>Figure 3.3</b> Carte arduino UNO.....                 | 55 |
| <b>Figure 3.4</b> Carte arduino MEGA.....                | 57 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 3.5</b> Schéma d'un optocoupleur PC817.....           | 59 |
| <b>Figure 3.6</b> Création de projet sur TIA PORTAL.....        | 60 |
| <b>Figure 3.7</b> Configuration du matériel sur TIA PORTAL..... | 60 |
| <b>Figure 3.8</b> Table de variables standard.....              | 61 |
| <b>Figure 3.9</b> Liste de blocs de fonction.....               | 63 |
| <b>Figure 3.10</b> Liste d'entrées-sorties de l'arduino.....    | 64 |
| <b>Figure 3.11</b> Organigramme du programme d'arduino.....     | 65 |
| <b>Figure 3.12</b> Création du WINCC professionnel.....         | 67 |
| <b>Figure 3.13</b> Module de communication CP 5611.....         | 68 |
| <b>Figure 3.14</b> Vue de la station PC SIMATIC.....            | 69 |
| <b>Figure 3.15</b> Réseaux MPI.....                             | 69 |
| <b>Figure 3.16</b> Création de la vue.....                      | 70 |

## Liste des tableaux

### CHAPITRE 1

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 1.1</b> Description d'interface électrique du connecteur et le câble ..... | 18 |
|---|----|

### CHAPITRE 2

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 2.1</b> Effets utilisés pour différentes mesurandes ..... | 30 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 2.2</b> Caractéristiques d'un capteur passif..... | 31 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 2.3</b> Caractéristique du relais électromécanique ..... | 45 |
|---|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 2.4</b> Entrées du driver ST330 V3 ..... | 46 |
|---|----|

# Introduction générale

---

L'industrie moderne tend à automatiser de plus en plus sa production, et cela pour plusieurs raisons. Les tâches les plus pénibles et dangereuses peuvent ainsi être effectuées par des machines automatisées et dédiées. Cela permet une plus grande répétabilité du processus de fabrication.

L'automatisation permet d'augmenter les cadences de production. L'automatisation devient incontournable pour la réalisation de tâches simples, en moyenne et grande série. Ce qui explique le fort taux d'automatisation dans les industries de l'électroménager ou de l'automobile entre autres.

Le projet s'inscrit dans ce contexte et a pour but de développer un nouveau système qui charge les cartes PCB dans la ligne de production SMT située à BOMARE COMPANY. Les objectifs principaux de ce projet sont d'Effectuer la conception, et la mise au point d'un nouveau système déchargeur de la ligne de production SMT, dont le cahier des charges devra répondre aux contraintes techniques, environnementales, financières, et pédagogiques, et en corrigeant tous les causes de dysfonctionnement et les inconvénients du déchargeur actuellement à BOMARE.

Dans le but de mener à bien notre travail, nous avons suivi le plan de travail suivant :

- ✓ Le premier chapitre comporte des généralités sur l'entreprise, ainsi leur chaine de production SMT, et une description du déchargeur actuel de l'usine.
- ✓ Le deuxième chapitre nous avons fait une description de la conception architecturale de notre nouveau système déchargeur, ainsi leur instrumentation.
- ✓ Le troisième chapitre est consacré au développement de la station de commande du système, ainsi le développement de l'interface graphique SCADA.

# Chapitre 1

---

## Généralités

## 1.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'organisme qui nous a accueilli et dans lequel on a réalisé notre projet de fin d'étude, nous allons parler aussi sur les unités de la production de cette entreprise, ainsi on va définir le principe de fonctionnement de la ligne SMT.

## 1.2 Organisme d'accueil

BOMARE COMPANY était l'organisme qui nous a accueillis pour réaliser notre PFE. Elle est un acteur majeur de l'industrie électronique dont l'objectif est de rendre la technique accessible à tous, elle est spécialisée dans la fabrication de produits de l'électronique de l'informatique, et des télécommunications.

### 1.2.1 Présentation de l'entreprise

Créée en 2001 par son fondateur et actuel directeur général **M. Ali BOUMEDIENE**, au capital actuel **1.023.000.000 DZD**, BOMARE COMPANY conjugue l'expérience de 20 ans d'histoire et la vitalité d'une entreprise jeune et dynamique [1].

La mission de BOMARE COMPANY est de développer le secteur de l'industrie électronique en Algérie, renforcer ses positions en Europe et étendre son activité vers d'autres pays européens et africains.



Figure 1.1 Logo Bomare company [2]

BOMARE COMPANY a acquis une réputation enviable dans le domaine de l'électronique, car elle offre une gamme très large de produits, ainsi qu'un réseau de distribution et un service après-vente imbattable.

Ainsi, depuis 2005, la production de BOMARE COMPANY a augmenté rapidement en atteignant un volume mensuel plus que remarquable. Après un succès de commercialisation et une série de produits innovants, BOMARE COMPANY a réussi à révolutionner le marché électronique au niveau national et international.

BOMARE COMPANY s'est autant engagée dans un partenariat avec divers centre de recherche et développement, notamment des universités telles que USTHB, USDB, université Mouloud Mammeri, mais aussi des écoles supérieures comme l'école Polytechnique et l'école supérieure d'informatique.

### **1.2.2 Certifications**

Du point de vue environnementale, BOMARE COMPANY applique depuis 2006 la directive ROHS relative à la restriction de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.

Bomare Company a accueilli d'autres certifications telles que :

- Certification CE : Produit conforme aux normes de l'UE en matière de santé, de sécurité et de protection de l'environnement.
- ISO 9001 version 2015 : Management de la qualité.
- EUR 1 : Certificat de circulation des marchandises.

### **1.2.3 Unités de production**

BOMARE COMPANY dispose d'une usine située à Birtouta (Alger), qui s'étend sur 15000m<sup>2</sup> dont 5500m<sup>2</sup> de bâtis, L'usine de BOMARE COMPANY comporte trois unités de production :

#### **a) UNITÉ DE PRODUCTION DE CARTES ÉLECTRONIQUES (UPCE) :**

Se dotant de nouveaux équipements à la pointe de la technologie, BOMARE COMPANY est capable aujourd'hui de produire tous types de cartes électroniques dans différents domaines : radiodiffusion, télécommunications, équipements médicaux, téléphones mobiles, ordinateurs...etc. Cette unité est composée d'équipements automatiques de fabricants mondiaux, tous leaders dans leurs domaines respectifs tels que, l'Américain « UNIVERSAL INSTRUMENTS », l'Européen « DEK » et le Japonais « SAKI ».

L'UPCE est composée de différentes lignes de production :

- 02 lignes SMT haute vitesse composées de machines d'insertion « UNIVERSAL INSTRUMENTS » avec un CPH Max de 398000 composants et d'équipements de contrôle qualité professionnel 3D de « SAKI ».
- Deux lignes de test de fonctionnement.
- Une ligne d'insertion manuelle (DIP) avec procédé de soudage à la vague.
- L'acquisition d'une machine à rayons X pour le contrôle qualité est en cours de finalisation.

**b) UNITÉ D'ASSEMBLAGE TV :**

03 lignes d'assemblage TV, toutes dimensions confondues, allant de 19 pouces au 86" pouces et de différentes technologies (LED, DLED, OLED...).

**c) UNITÉ DE PRODUCTION DE SMARTPHONES :**

02 Lignes d'assemblage de smartphones et de tablettes avec des équipements de test de conformité « Rohd et Schwarz » contenus dans une salle blanche ISO6.

### 1.2.4 Marque commerciale

Les produits électroniques fabriqués par BOMARE COMPANY sont commercialisés sous la marque commerciale "Stream System" qui a été déposée en 2003.



Figure 1.2 Logo Stream System [3]



### 1.2.5 Activité internationale

BOMARE COMPANY exporte, depuis 2015, ses produits sous la marque commerciale STREAM SYSTEM, traduisant ainsi la volonté de son fondateur, M. Ali BOUMEDIENE, d'intégrer l'activité d'exportation au cœur des activités de l'entreprise.

Sur la scène internationale, BOMARE COMPANY participe activement aux foires et salons. L'IFA Messe Berlin (Allemagne) est l'un des événements incontournables auquel l'entreprise prend part.

Depuis 2011, BOMARE COMPANY marque sa présence en y exposant tout son savoir-faire, son expertise et ses nouveautés en termes d'innovation et de technologie.

C'est en 2007 que BOMARE COMPANY réalise ses toutes premières exportations sous un climat réglementaire rigide, austère et peu favorable au commerce international. Elle réussit, timidement, à exporter dans un premier temps vers l'Afrique et la Grèce.

En 2013, BOMARE COMPANY commence à fabriquer des téléviseurs pour LG Electronics et par la suite des smartphones en 2017.

2016 marquera un tournant décisif dans l'histoire de BOMARE COMPANY. Elle signe un contrat d'une valeur de 50 millions de dollars avec son distributeur Espagnol pour une durée de 05 ans portant sur la commercialisation et la distribution de ses produits STREAM SYSTEM en Espagne ainsi qu'au Portugal. Ce 1er succès marquera le premier pas vers la conquête du marché européen et le début de la prospérité de l'entreprise [4].

En 2018, BOMARE COMPANY conquiert le marché africain, le considérant comme un "marché émergent à fort potentiel", elle conclut un accord d'exportation de ses smartphones vers l'Afrique du Sud et signe un contrat d'une valeur de 4 millions de dollars par an pour l'exportation de ses produits vers le marché Gabonais.

Riche de par son expérience, BOMARE COMPANY se lance à la conquête de nouveaux marchés. Elle exporte en 2019 ses produits STREAM SYSTEM en Italie. Ces derniers sont distribués sur un large réseau comprenant plus de 2000 points de ventes à travers des géants de la grande distribution tel que COOP, CARREFOUR, E.LECLERC.

BOMARE COMPANY garantit la satisfaction de ses clients tout en étant à leur écoute, elle assure ainsi le service après-vente sur l'ensemble des territoires où ses produits sont commercialisés.

Actuellement, BOMARE COMPANY est en train de négocier des contrats pour l'exportation de ses produits STREAM SYSTEM vers le marché allemand et la création d'un service après-vente en Allemagne.

D'ici 2022, BOMARE COMPANY œuvrera à étendre son réseau à l'international, elle consacrera à cet effet 60% de sa production pour ses exportations vers les deux continents l'EUROPE et l'AFRIQUE.



Figure 1.3 Sarl BOMARE COMPANY situé à Birtouta [5]

### 1.3 Ligne de production SMT

SMT est une nouvelle technologie pour la production des circuits imprimés dans laquelle les composants sont montés directement sur la surface des circuits.

C'est un procès applicable à l'assemblage d'un produit principalement électronique.

À l'époque la production des circuits étaient difficile en utilisant des fils et des grands composants, après l'avènement des cartes de circuits imprimés (PCB), il est plus facile de faire des circuits. Nous pouvons faire des circuits complexes sur de petites cartes de circuits imprimés.

Comparé à l'ancien processus, SMT a une densité élevée, une fiabilité élevée et un faible coût.

### 1.3.1 Types de la ligne SMT

La ligne de production SMT peut être divisée en deux types selon le degré de l'automatisation, ligne de production automatique et ligne de production semi-automatique.

Conformément à la taille de la ligne de production elle peut être divisée en grandes, moyennes et petites lignes de production.

#### a) Ligne de production SMT automatique

La ligne de production automatique se réfère à l'ensemble de la chaîne de production, les équipements sont entièrement automatiques.

La ligne SMT automatique contient les équipements suivants :

Déchargeur PCB – machine de sérigraphie – convoyeur PCB – machine de placement des composants électroniques "pick and place machine" – AOI machine d'inspection.

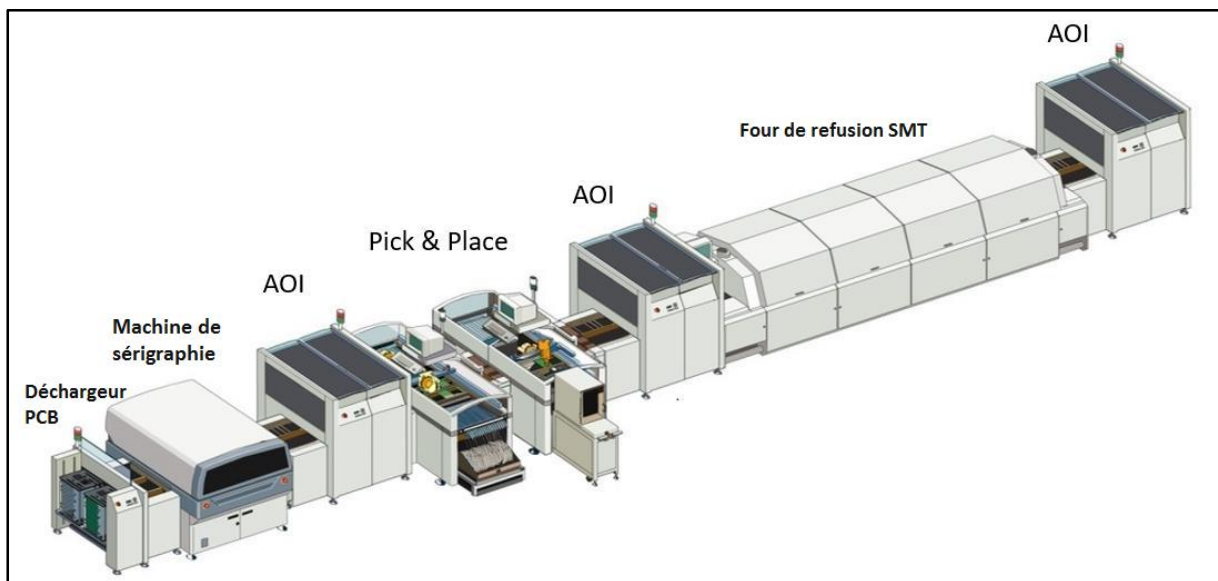


Figure 1.4 Ligne de production SMT automatique [6]

### b) Ligne de production SMT semi-automatique

La ligne de production semi-automatique est le principal équipement de production n'est pas connecté ou pas entièrement connecté, chargement et déchargement manuels des PCB, le besoin d'impression manuelle.

La ligne SMT semi-automatique contient les équipements suivants :

Machine de sérigraphie semi-automatique – convoyeur PCB – machine de placement des composants électroniques "pick and place machine" – semi-automatique AOI machine d'inspection.

### 1.3.2 Processus de la ligne SMT

Ci-dessous une petite description sur le processus de la ligne SMT :

1. La première chose du processus de la ligne SMT est la préparation, on prépare et examine les composants SMC et les cartes PCB.
2. On démarre les machines et un cycle de vérification démarre dans la séquence de démarrage, les convoyeurs marchent automatiquement et de façon indépendants des autres machines afin de vérifier s'il y a des cartes PCB en présence.
3. Après que la phase de démarrage se termine, le déchargeur de début de la ligne commence à faire passer les cartes une par une à la machine de sérigraphie.
4. La machine de sérigraphie dépose la pâte à braser sur la carte.
5. La carte passera ensuite dans une machine d'inspection AOI.
6. Après l'inspection, les composants seront posés sur la carte par une machine de placement des composants.
7. Après le placement des composants, la carte passera une autre fois dans une machine d'inspection pour vérifier l'emplacement des composants.

8. Ensuite la carte passera dans un four qui permettra de porter la pâte en fusion afin de souder définitivement les composants sur la carte.
9. Après la fusion de la pâte à braser la carte passe dans un convoyeur de refroidissement, pour but de réduire la température de la carte.
10. Par la suite la carte passera dans une machine d'inspection AOI, et à la fin de la ligne les cartes seront chargées dans un rack et c'est la fin de la procédure.

### 1.3.3 Définition des équipements

#### 1) Déchargeur « UNLOADER »

C'est une machine qui permet d'insérer les cartes PCB dans la machine de sérigraphie, Elle est équipée d'un chariot et des racks, les cartes PCB sont insérées dans le rack par un opérateur, par la suite le rack sera transporté jusqu'à l'entrée de la machine de sérigraphie, ensuite les circuits imprimés seront pousser dans la machine l'un après l'autre par un vérin pneumatique fixé sur le chariot.

#### 2) Machine de sérigraphie

La sérigraphie est un élément indispensable du processus de fabrication des circuits imprimés dans l'industrie électronique.

L'objectif principal de la machine étant le dépôt de la pâte à braser sur le circuit imprimé, le support sur lequel va être appliquée la pâte à braser possède des ouvertures correspondant aux zones de dépôt, la pâte est donc poussée dans ces ouvertures au moyen d'une raclette et sera ainsi déposée sur le circuit. La pâte à braser doit être parfaitement appliquée sur les emplacements correspondants, il faut donc centrer le pochoir, les machines les plus performantes utilisent un centrage optique automatique à l'aide d'une caméra permettant ainsi un gain de temps. La caméra peut également vérifier la quantité de la pâte à braser déposée sur le circuit imprimé. De cette façon cela permet de prévenir des possibles défauts (manque de pâte, court-circuit ...) [6].



Figure 1.5 Support et raclette d'une machine de sérigraphie



Figure 1.6 Machine de sérigraphie DEK 03ix

### 3) Machine de placement de composants « pick and place machine »

L'évolution du secteur électronique et les avancées technologiques ont conduit à de nouveaux procédés de fabrication des circuits imprimés.

L'industrie électronique s'est orientée vers la technologie CMS où les composants électroniques ne possèdent pas de broches de connexion et sont directement soudés à la surface de circuit imprimé.

Ce type de composants est plus rapide à monter, moins cher et permet donc la réduction du coût total du circuit imprimé. Ils permettent également la réduction du volume des composants ainsi que la réduction de la surface du circuit imprimé. Leur utilisation dans le domaine industriel est désormais quasi-systématique.

Les machines de placement de composants électroniques permettent de façon automatisée l'assemblage de ces composants sur le circuit imprimé.

Les machines de placement de composants "pick-and-place" représentent un élément clé de la ligne de production de cartes électroniques. Elles utilisent une méthode qui comme leur nom l'indique va leur permettre de prendre un composant dans le magasin pour ensuite se déplacer à un emplacement précis et enfin placer le composant électronique au bon endroit sur le circuit imprimé .

Ces machines peuvent placer de 4000 à plus de 10000 composants par heure.



**Figure 1.7** Machine de placement des composants

#### 4) Machine d'inspection AOI

La plupart du temps, ces machines AOI sont utilisées à différentes étapes de la ligne SMT, les AOI peuvent être placées après chaque étape, mais comme tout cela à un coût (de temps et de matériel).

Les machines d'inspection AOI sont si efficaces qu'elles permettent de détecter les désalignements au micromètre, de vérifier les paramètres 3D des soudures, l'orientation des composants. Au début de la production, ces machines doivent être paramétrées et même « entraînées » à filtrer les faux positifs.

L'emplacement des composants doit tenir compte de ces inspections optiques.

#### 5) Four à refusions

Le four à refusions consiste en un four équipé d'un convoyeur permettant de suivre un profil thermique défini.

Habituellement, les lignes SMT ne sont pas dédiées à un seul projet, les profils thermiques du four dépendent du circuit imprimé, des composants, de la pâte à braser..., il est important que lors de la mise en place de la ligne, le service qualité vérifie que tous les paramètres soient bien fonctionnés.

### 1.3.4 Communication entre les équipements

Dans l'industrie électronique montée en surface, la fabrication de chaque type de produit nécessite une variété d'étapes de processus, et donc une multitude d'équipements de processus. Cet équipement de production varie considérablement non seulement d'un fabricant à l'autre, mais aussi dans sa fonction. Cependant, les différents équipements doivent pouvoir travailler ensemble pour produire le produit final. Des difficultés surviennent lorsque les équipements ne sont pas standardisés et ne peuvent pas communiquer. Pour aider à franchir ces barrières, la Surface Mount Equipment Manufacturers Association (SMEMA) a été formée.



### 1.3.5 Interface SMEMA

Les équipements de la ligne SMT doivent être toujours en communication pour assurer la bonne circulation des cartes électroniques sans intervention humaine, chaque équipement doit recevoir un signal de la machine en aval et un autre signal de la machine en amont, les signaux sont envoyés pour une raison, Il s'agit d'indiquer la présence ou l'absence de la carte PCB en aval et en amont, Cette communication se fait via le protocole SMEMA.

### 1.3.6 Spécifications de l'interface SMEMA

Les normes d'interface machine SMEMA ont été développées pour faciliter l'interface des équipements utilisés dans la fabrication de circuits imprimés montés en surface, promouvoir des normes pour l'interface et le fonctionnement des équipements de production garantir aux utilisateurs que les équipements conformes aux normes SMEMA s'interfacent facilement.

Le but de cette norme est de fournir une spécification d'interface d'équipement pour le transfert d'une carte PCB entre les équipements du système de fabrication de circuits imprimés montés en surface.

La norme définit les concepts électriques et mécaniques de l'interface machine. La dernière norme publiée par SMEMA est la version 1.2 [7].

#### 1. Spécifications mécaniques

Les systèmes peuvent être assemblés les uns à côté des autres sans aucun matériel ou interface mécanique.

- Hauteur du convoyeur : Chaque machine doit avoir la hauteur du convoyeur de transport réglable de 37" à 38" (93,98 cm à 96,52 cm) du sol à la surface basse de la carte.
- Largeur du convoyeur : Pour les équipements avec une largeur de convoyeur réglable, le rail avant est fixe et le rail arrière est réglable. La plage de réglage varie en fonction de l'équipement.

- Écart maximum : L'écart maximum définie comme **G** dans la figure entre les extrémités des rails de la machine en ligne est de 0,748" (1.9 cm soit 19 mm).
- Espace libre : Le convoyeur ne devrait pas nécessiter plus de 0,187" (0,475 cm) d'espace libre sur la planche sur les deux côtés.

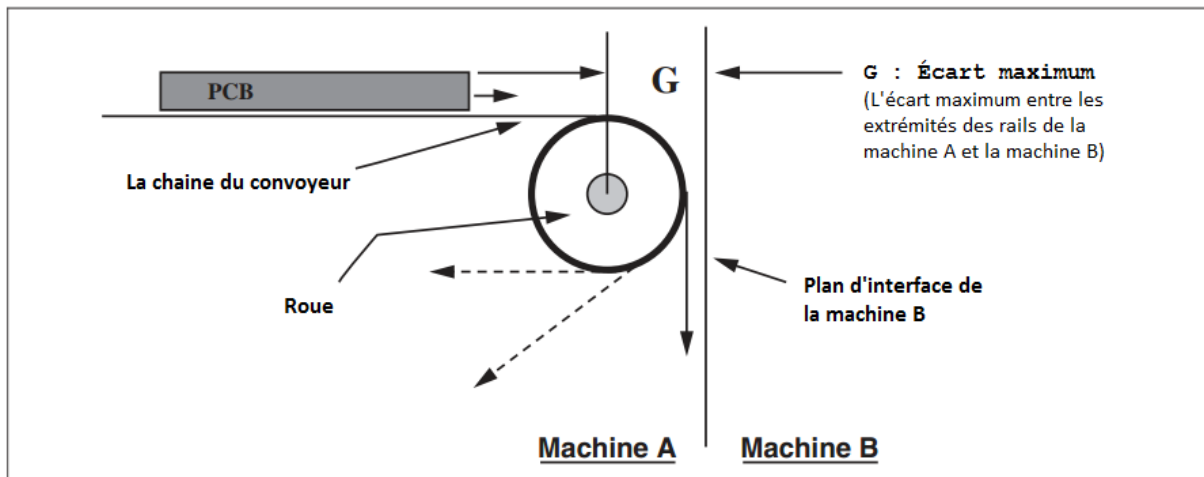


Figure 1.8 écart maximale [8]

## 2. Spécifications électriques

Une interface électrique machine à machine est nécessaire pour assurer un séquençage correct des cartes de circuits imprimés.

- Sources électriques : Chaque machine doit être équipée d'une source électrique et terre séparées.
- Mise à la terre : Chaque machine doit avoir une mise à la terre de chaque côté (gauche et droit) de la machine.
- Contrôle inter-machine : Pour séquencer correctement les cartes à partir d'une machine à une autre, une ou deux lignes de signal seront utilisées : « Carte non disponible » et « Carte Disponible ».
- Les connecteurs : tous les connecteurs d'interface sur une machine doivent être femelles.

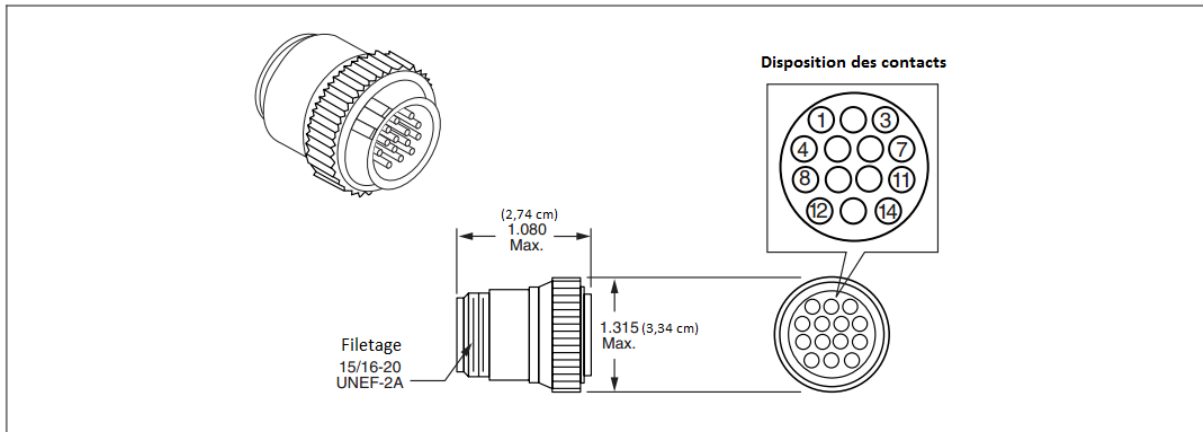


Figure 1.9 Connecteur de câble SMEMA [8]

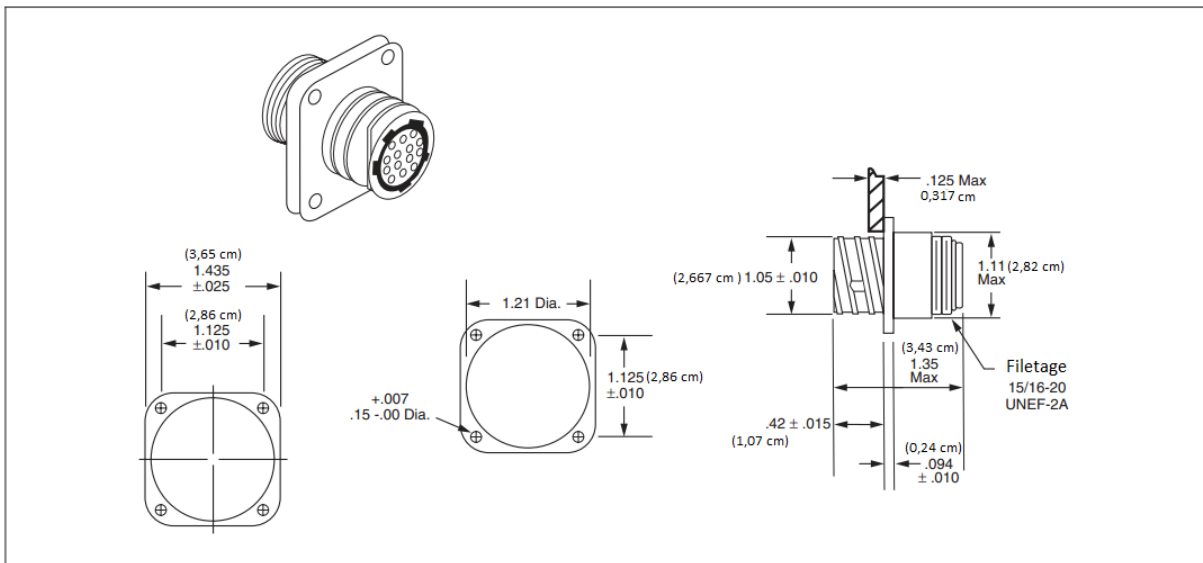


Figure 1.10 Prise à bride carré SMEMA [8]

1.3.7 Principe de fonctionnement du protocole SMEMA

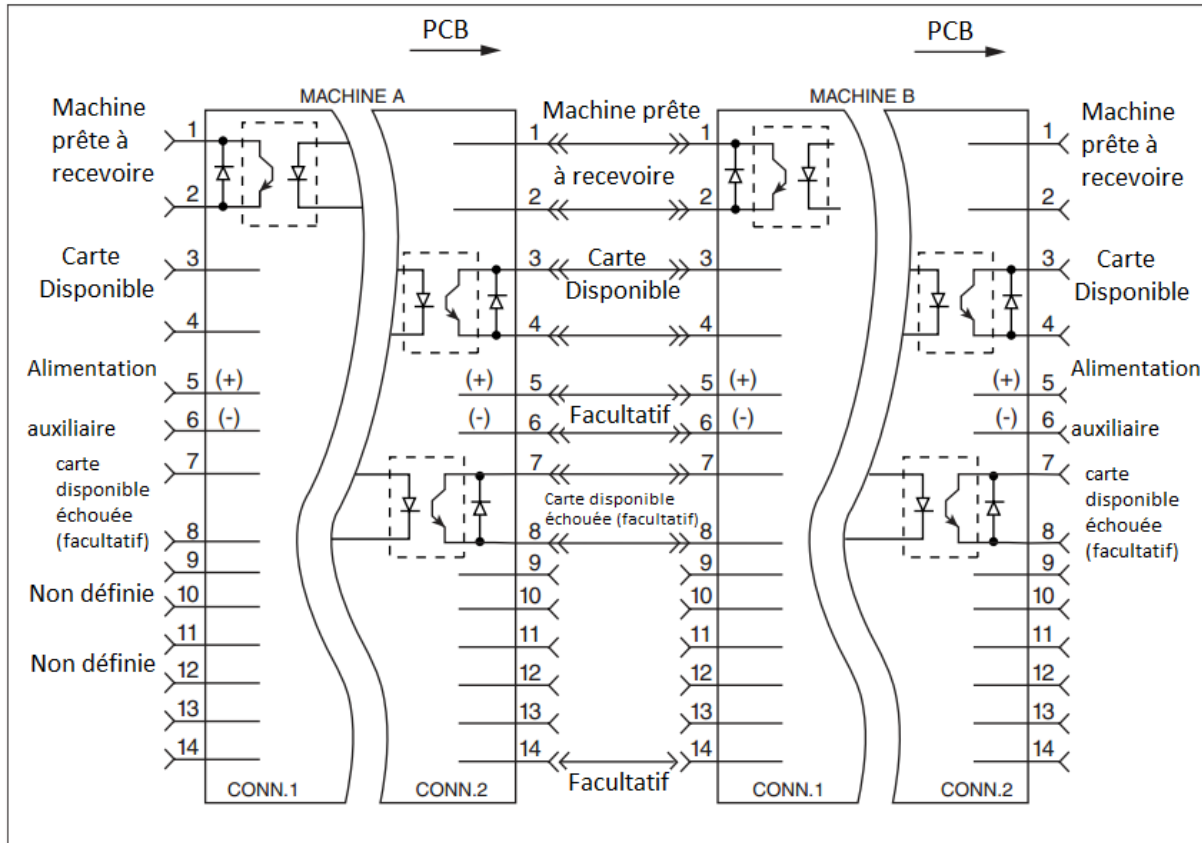


Figure 1.11 Schéma d'interface électrique [7]

| Connecteur/câble | Fonction                              | Condition     | Description  |
|------------------|---------------------------------------|---------------|--|
| Pair 1-2         | Machine prête à recevoir une carte    | Contact fermé | Machine est prête à recevoir une carte si le contact est fermé.  |
| Pair 3-4         | Carte disponible                      | Contact fermé | La machine a une bonne carte prête à être envoyée. Toutes les cartes sont considérées comme « bonnes » si L'option « carte disponible échouée » n'est pas utilisée.  |
| Pair 5-6         | Alimentation auxiliaire (Facultatif)  |               |  |
| Pair 7-8         | Carte disponible échouée (Facultatif) | Contact fermé | En cas d'utilisation de cette option :<br><br>Le système ferme le contact lorsqu'il détermine qu'il doit cesser de transférer la carte (cas d'une mauvaise carte).<br><br>Par défaut le contact est ouvert et toutes les cartes sont considérées comme bonnes. |
| Pair 9-10        | non définie                           |               |  |
| Pair 11-12       | non définie                           |               |  |
| 13               | non utilisé                           |               |  |

**Tableau 1.1** Description d'interface électrique du connecteur et le câble

Le transfert de la carte se produit lorsque la machine «A» a une CARTE DISPONIBLE (contact fermé), et que la machine «B» est MACHINE PRÊTE À RECEVOIR (contact fermé).

Les signaux peuvent se produire à tout moment, mais le transfert de carte ne se produit pas tant que les deux contacts ne sont pas fermés.

Le signal CARTE DISPONIBLE de la machine « A » restera fermé jusqu'à ce que la carte quitte la machine « A ».

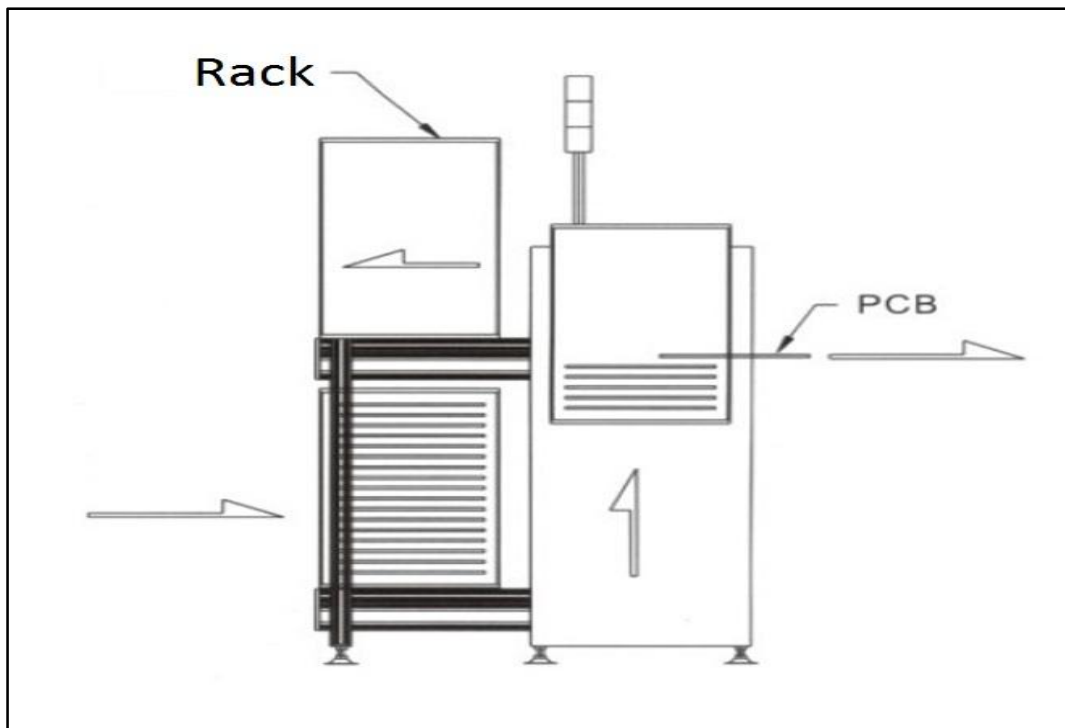
Le contact du signal « MACHINE PRÊTE À RECEVOIR » restera fermé jusqu'à ce que la machine « B » reçoive la carte.

Le transfert de la carte ne peut plus se reproduire tant que chaque signal n'est pas ouvert pendant au moins 50 ms.

Facultatif : une fois que les signaux de la machine A et de la machine B sont fermés et que la carte n'a ni quitté A ni arrivée à B, un message d'erreur sera généré (à définir par les utilisateurs).

### 1.4 Déchargeur actuellement à BOMARE

Le déchargeur est le premier équipement de la ligne de production SMT, c'est lui qui décharge un magasin de cartes PCB, et insère les cartes dans la machine en aval.



**Figure 1.12** Schéma explicatif de fonctionnement d'un déchargeur

Les cartes PCB sont stockées dans un rack avant qu'ils soient poussés l'une après l'autre vers la machine en aval.

Le rack peut stocker jusqu'à 58 cartes, la largeur du rack est réglable selon la largeur des cartes.



**Figure 1.13** Rack

### **1.4.1 Principe de fonctionnement**

Un opérateur charge les circuits PCB dans le rack, après il pose le rack sur le chariot.

Un capteur à proximité détecte la présence du rack, le chariot commence à transporter le rack vers un deuxième chariot à côté de la machine en aval, un deuxième capteur à proximité détecte la présence du rack sur le deuxième chariot.

Le chariot commence à monter par pas, le pas est équivalent à une épaisseur d'une carte, après chaque montée d'un pas, un vérin pneumatique pousse la carte vers l'entrée de la machine en aval. Cette action se répète 58 fois.

### **1.4.2 Problématique**

Les déchargeurs existants de BOMARE sont très encombrants, mais leurs racks ne peuvent charger que 58 cartes, l'opérateur doit donc toujours être présent pour charger les racks.

Le déchargeur actuel de BOMARE commit plusieurs fois des anomalies dans le fonctionnement.

Un vérin pneumatique pousse les cartes vers l'entrée de la machine en aval. Cette action se répète 58 fois, même si le rack contient une seule carte, ce qui perd le temps de la production.

### **1.5 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté l'organisme dans lequel on a réalisé notre stage de PFE, ainsi nous avons parlé sur leur chaine de production SMT, et les différents équipements de la ligne SMT, par la suite on a parlé sur la problématique du déchargeur actuellement à Bomare Company.



# Chapitre 2 ---

Conception architecturale du  
déchargeur

## 2.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons développer un nouveau système déchargeur « UNLOADER » de la ligne SMT, ainsi nous allons détailler leur cahier de charge et leur conception architecturale.

## 2.2 Cahier de charge

### 2.2.1 But de projet

Ce projet a pour but d'améliorer et de résoudre les problèmes causés par le déchargeur actuellement à l'usine.

Notre déchargeur doit assurer la communication avec l'équipement de la ligne SMT en aval en utilisant le protocole SMEMA, le déchargeur doit posséder un magasin plus large que le système actuel, et doit être moins encombrant.

### 2.2.2 Cycle de fonctionnement

Le cycle de fonctionnement de la machine est composé de deux phases principales :

- La phase de démarrage : c'est la phase où le déchargeur test s'il y a des cartes déjà sur le support.
- La phase de fonctionnement : c'est la phase où le système termine la phase de démarrage, et lance le travail et la communication avec l'équipement en aval.

Pendant la phase de démarrage, le système ne doit pas communiquer avec la machine en aval, cependant il doit vérifier la présence des cartes sur le support.

Le démarrage de la machine se fait par un interrupteur rotatif normalement ouvert.

La fermeture de contact de l'interrupteur provoque le départ de la phase de démarrage.

Le support doit monter jusqu'à la position de travail (c'est la position où se trouve l'entrée de la machine en aval). Cette position est détectable par un palpeur fixé à la position de travail, la présence des cartes sur le support provoque la fermeture de contact du palpeur, ce qui provoque le démarrage de la phase de fonctionnement, sinon le support continue à monter jusqu'à l'extrême haute de la machine, ce qui signifie l'absence des cartes sur le support, ainsi

le support descente jusqu'à l'extrême basse de la machine où l'opérateur doit insérer une rampe des cartes.

L'arrivée à la position de travail et la fermeture de contact du palpeur signifie la présence de cartes sur le support, où le système doit envoyer un signal indiquant la présence de la carte, et attendre le signal SMEMA de la machine en aval indiquant qu'elle est prête à recevoir une carte. La réception du signal provoque la montée par pas de 1.6 mm qui est équivalent à l'épaisseur d'une carte, la montée d'un pas provoque à son tour le démarrage d'une roue qui fait glisser la carte et l'envoyer vers la machine en aval.

Le système doit contenir deux modes de travail, mode manuel et automatique, le changement de mode, ainsi le contrôle du système en mode manuel se fait par le système SCADA.

Le système doit contenir des alarmes indiquant si le magasin est vide, et si le bouton d'arrêt d'urgence est appuyé, et doit contenir une alarme Timeout qui s'allume lorsque le support ne s'arrête pas à l'un des fins de course dans un délai de 30s.

### **2.3 Conception architecturale**

La liste des fonctions de la machine doit être étudiée en détail pour aboutir aux solutions technologiques. Dans le but d'être certain qu'elles soient cohérentes entre elles, on va diviser la conception architecturale de notre machine en deux parties.

- Structure mécanique.
- Partie opérative.

### **2.4 Structure mécanique**

Pour la structure mécanique de notre déchargeur, on essaye de réduire le maximum le volume du système. Le déchargeur selon les spécifications mécaniques de l'interface SMEMA est composé d'une partie fixe et d'une partie mobile, ainsi on essaye de construire le déchargeur de façon que sa largeur soit réglable de 5 cm jusqu'à 60 cm.

On va utiliser le logiciel Solidworks pour dessiner la structure mécanique du système.



Figure 2.1 Plan de face représentant la largeur du déchargeur

- La partie mobile du système est fixable manuellement.

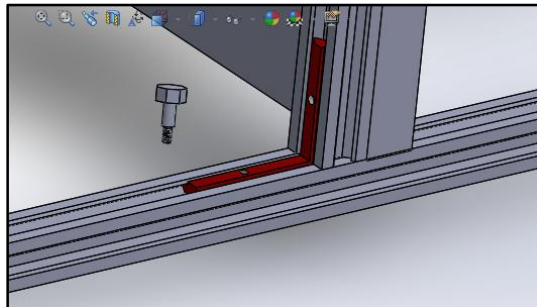


Figure 2.2 Mécanisme de fixation de la partie mobile

- La hauteur du sol à la position de travail est 94 cm selon les normes, ce qui permet de charger environ 300 cartes PCB.
- La longueur du support des cartes est de 60 cm.

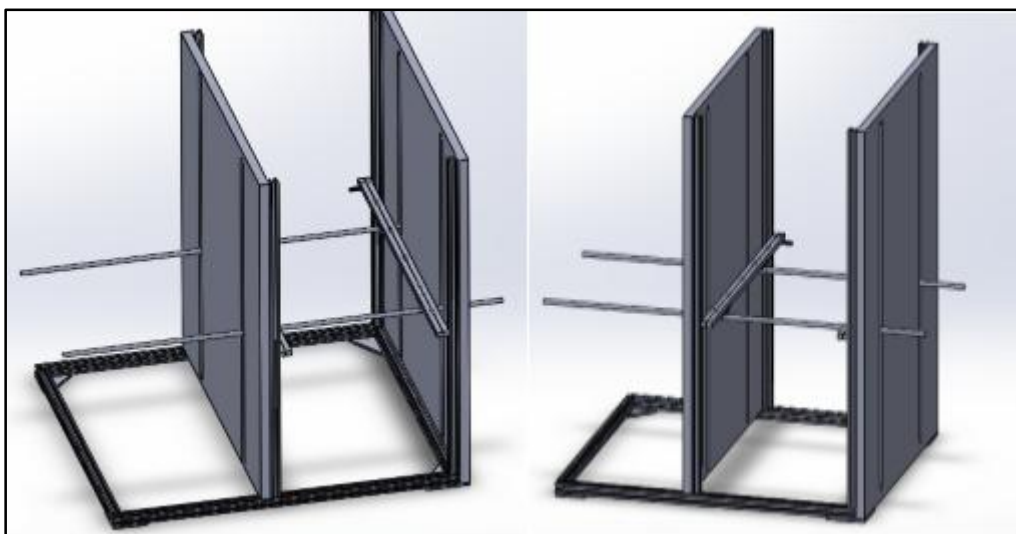


Figure 2.3 Structure générale du déchargeur

- Le support peut descendre et monter à l'aide d'un axe fileté tournant par un moteur pas à pas.



**Figure 2.4** Axe fileté

- La carte sera glissée vers la machine en aval par une roue gomme tournante par un moteur DC.



**Figure 2.5** Roue gomme

## 2.5 Partie opérative

Elle se compose de tous les organes physiques de la machine qui interagissent sur le produit afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Elle est formée des pré-actionneurs, les actionneurs et les capteurs.

## 2.5.1 Capteur

### 2.5.1.1 Définition

Un capteur est un composant technique capable de détecter des informations physiques dans l'environnement (objets, chaleur, lumière, bruit, etc.) et de les retransmettre sous forme d'un signal (généralement un signal électrique).



Les plus connus et les plus courants sont les capteurs de position, de présence, de vitesse, de température et de niveau de liquide.

### 2.5.1.2 Caractéristiques métrologiques

Chaque capteur a des caractéristiques de mesure spécifiques, qui définissent ses limites d'utilisation et sa précision.

- **La sensibilité** : la sensibilité d'un capteur représente le rapport de la variation du signal de sortie à la variation du signal d'entrée, pour une mesure donnée. C'est donc la pente de la courbe de réponse de ce capteur.  
Si le capteur est linéaire, une seule valeur de sensibilité est nécessaire, car la pente de la courbe de la caractéristique entrée/sortie du capteur est constante. La caractéristique est alors une droite.
- **La finesse** : la finesse permet à l'utilisateur d'estimer l'influence de la présence du capteur sur la valeur du mesurande. Moins un capteur influence son environnement, meilleur est sa finesse.
- **La linéarité** : la linéarité est une caractéristique qui définit la constance de la sensibilité sur toute la plage de mesure.

Le polynôme de l'équation décrivant la relation entre le signal d'entrée  $x$  et le signal de sortie  $y$  doit être de premier degré ( $y = m x + b$ ) pour que le capteur soit considéré comme linéaire.

- **La résolution** : la résolution est la plus petite variation du mesurande que le capteur est capable de détecter.

La résolution doit être regardée avec importance lors de la mesure d'une grandeur car celle-ci conditionne la précision du résultat obtenu. En effet si vous désirez mesurer une température de l'ordre de  $1\text{ °C}$ , ne prenez pas un capteur avec une résolution de  $0.5\text{ °C}$  par contre si vous mesurez une température d'une dizaine de degré Celsius alors ce capteur sera assez bon.

- **La rapidité** : alors que les caractéristiques précédentes sont essentiellement mesurables en régime statique ou quasi-statique, la rapidité concerne le régime dynamique. On peut caractériser la rapidité d'un capteur de trois manières différentes :

1. En exprimant la bande passante du capteur, à  $-3\text{ dB}$  en général.
2. En indiquant la fréquence de résonance du capteur.
3. Temps de réponse.

### 2.5.1.3 Capteurs actifs et passifs

On peut classer les phénomènes physiques mis en jeux dans les capteurs en deux catégories.

#### 1. Capteurs actifs

On dit un capteur actif lorsque le phénomène physique qui est utilisé pour la détermination du mesurande effectue directement la transformation en grandeur électrique. C'est la loi physique elle-même qui relie mesurande et grandeur électrique de sortie.

Les effets physiques les plus classiques sont :

- **Effet piézo-électrique** : l'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'application d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.

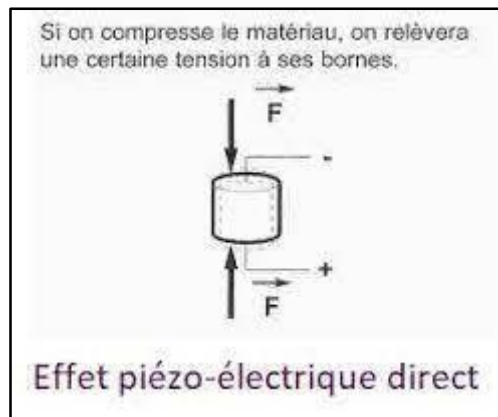


Figure 2.6 Effet piézo-électrique

- **Effet d'induction électromagnétique** : la variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).

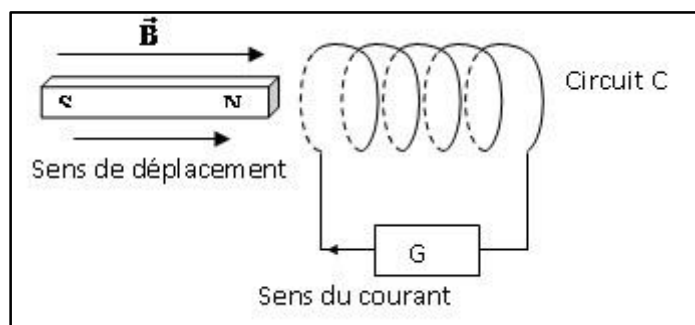


Figure 2.7 Effet d'induction électromagnétique

- **Effet photo-électrique** : la libération de charge électrique dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

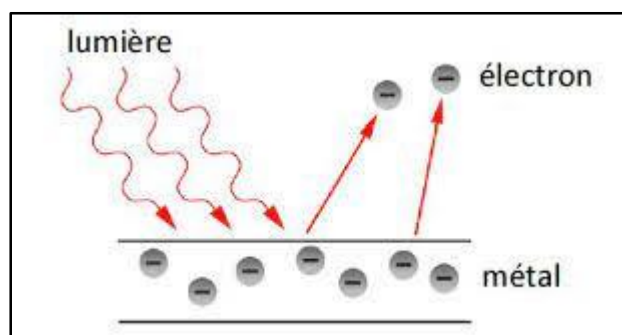


Figure 2.8 Effet photo-électrique



- **Effet photovoltaïque** : Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes.

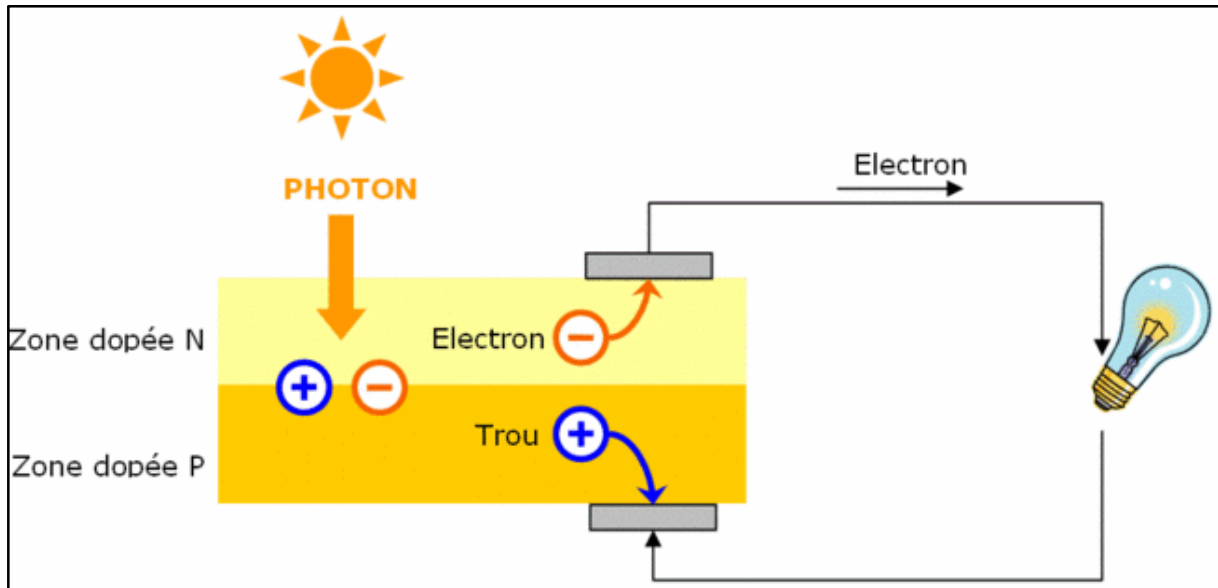


Figure 2.9 Effet photovoltaïque

Le tableau ci-dessous résume les effets utilisés pour différents mesurandes.

| Grandeur physique mesurée   | Effet utilisé               |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Flux de rayonnement optique | Photoémission               |
|                             | Effet photovoltaïque        |
|                             | Effet photo-électrique      |
| Force                       | Piézo-électrique            |
| Pression                    |                             |
| Accélération                | Induction électromagnétique |
| Vitesse                     |                             |
| Position (Aimant)           | Effet Hall                  |
| Courant                     |                             |
| Température                 | Thermoélectrique            |

Tableau 2.1 Effets utilisés pour différentes mesurandes

## 2. Capteur passifs

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

Soit d'une variation de dimension du capteur, C'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.

Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques d'un capteur passif :

| Grandeurs mesurée           | Caractéristique électrique sensible | Type de matériau utilisé                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| Température                 | Résistivité                         | Métaux : platine, nickel, cuivre                           |
| Très basse température      | Constante diélectrique              | Verre  |
| Déformation                 | Résistivité                         | Alliage de Nickel, silicium dopé                           |
|                             | Perméabilité magnétique             | Alliage ferromagnétique                                    |
| Position (aimant)           | Résistivité                         | Matériaux magnéto résistants : bismuth, antimoine d'indium |
| Humidité                    | Résistivité                         | Chlorure de lithium  |
| Flux de rayonnement optique | Résistivité                         | Semi-conducteur  |

**Tableau 2.2** Caractéristiques d'un capteur passif

#### 2.5.1.4 Classification des capteurs selon le type de sortie

- **Capteurs logiques**

Ils adressent un compte rendu qui ne peut prendre que deux valeurs (1 ou 0).

Ce capteur est aussi appelé capteur T.O.R (tout ou rien).

Présence du phénomène, Absence du phénomène.

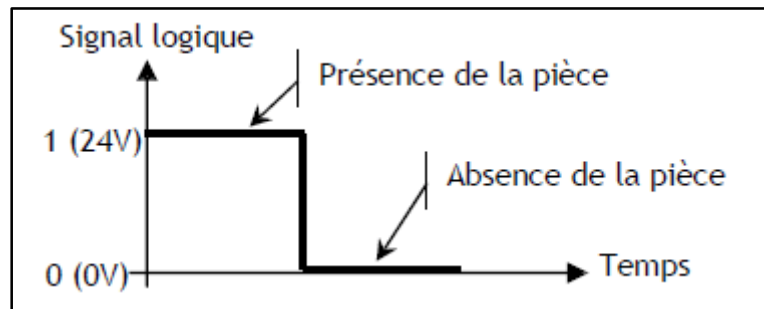


Figure 2.10 Signal logique

- **Capteurs analogiques**

Ils adressent un compte rendu qui est continu et proportionnel au phénomène physique détecté.

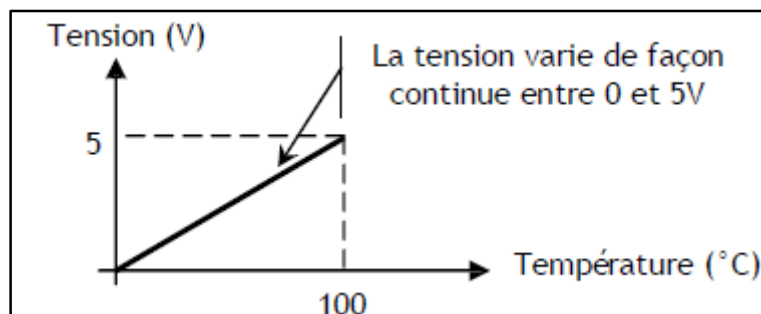


Figure 2.11 Signal analogique

- **Capteurs numériques**

La sortie est une séquence d'états logiques, la sortie peut prendre une infinité de valeur de valeurs discrètes.

Le signal des capteurs numériques peut être du type :

Train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise

Code numérique binaire.

Exemple : Codeur rotatif incrémental.

### 2.5.1.5 Type de capteurs

- **Détecteurs de position**

Appelés aussi fins de course sont des capteurs mécaniques de position, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction détecter les positions.



**Figure 2.12** Fin de course levier à galet

Avantage :

- ✓ Sécurité de fonctionnement élevée.
- ✓ Bonne fidélité sur les points d'enclenchement.
- ✓ Grande résistance aux ambiances industrielles.
- ✓ Détections : tout objet solide.

Caractéristiques :

- ✓ Durée mécanique des interruptions : 1 million d'opérations.
- ✓ Fréquence des opérations : 3600 opérations/Heure max.
- ✓ Résistant à des températures extrêmes : de -25°C à +70°C.

Principe de fonctionnement :

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve).

Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique.

- **Capteurs de proximité**

Ce type de capteur est réservé à la détection sans contact d'objets. L'objet est donc à proximité du capteur.

Technologies :

- ✓ Les détecteurs capacitifs.
- ✓ Les détecteurs inductifs.
- ✓ Les détecteurs magnétiques.
- ✓ Les détecteurs photoélectriques.
- ✓ Les détecteurs à ultrasons.

- **Capteur optique (capteurs photoélectriques)**

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux.

Le photoélectrique est principalement composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

Avantage :

- ✓ Pas de contact physique avec l'objet détecté.
- ✓ Détection d'objets de toutes natures.
- ✓ Généralement en lumière infrarouge invisible.

Principe de fonctionnement :

Il existe trois grands types de détection

1. La détection par barrage : ou l'objet à détecter coupe in faisceau lumineux situé entre l'émetteur et le récepteur.

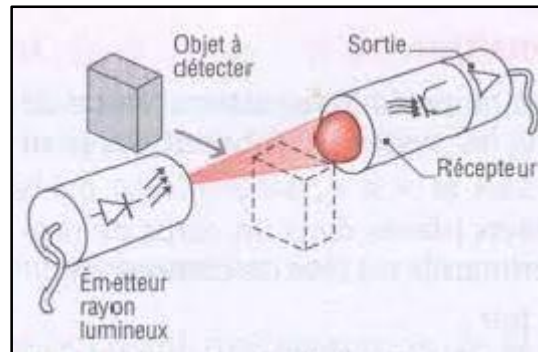


Figure 2.13 Détection par barrage

2. Les cellules reflex : sont composées d'un émetteur/récepteur (dans le même boîtier) et d'un catadioptré (réflecteur).

L'émetteur envoie le faisceau lumineux qui revient vers le récepteur après s'être réfléchi sur le catadioptré. L'objet à détecter coupe le faisceau.

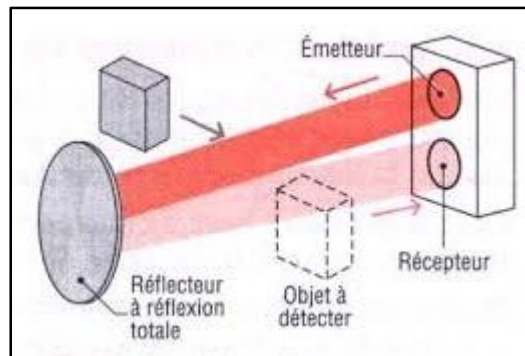


Figure 2.14 Détection par les cellules reflex

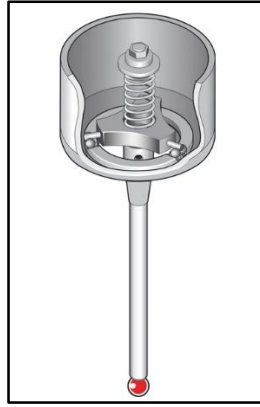
3. Les cellules à détection par proximité : sont dotées d'un émetteur qui envoie le faisceau. Celui-ci se réfléchit directement sur l'objet à détecter lui-même avant de retourner au récepteur.

Son efficacité dépend de la couleur et de la taille de l'objet à détecter.

- **Palpeur**

Un palpeur est un dispositif électromécanique permettant la commutation d'un courant électrique, il se déclenche lors du contact avec une surface de pièce et produit des données géométriques précises et répétables.

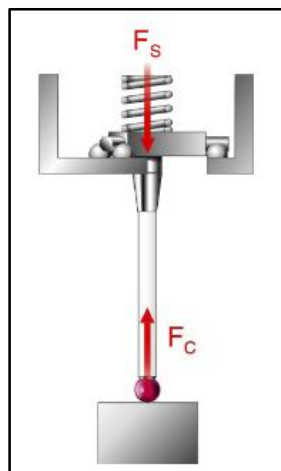
Le palpé est généralement associé aux palpeurs à contact utilisés pour les mesures dimensionnelles ou sur les machines à mesurer tridimensionnelles [9].



**Figure 2.15** Architecture interne d'un palpeur

Il permet non seulement la mesure dimensionnelles mais aussi des applications telles que :

- ✓ Identification de pièce.
- ✓ Confirmation de présence de pièce.
- ✓ Identification d'outil.
- ✓ Capacité de la machine.
- ✓ Contrôle de dégagement.
- ✓ Optimisation de trajectoires d'usinage.
- ✓ Usinage adaptatif.
- ✓ Mise à jour de paramètres de fraises.
- ✓ Ré-usinage dynamique.
- ✓ Correction thermique.
- ✓ Contrôle d'état d'outil.



**Figure 2.16** Détection d'un objet par un palpeur

### 2.5.1.6 Branchement des capteurs

1- Pour la technologie 2 fils

Consiste à brancher en série le détecteur et la charge à commander.

2- Pour la technologie 3 fils

Deux des fils servent à l'alimentation (généralement le bleu est la masse, et le marron est le 24v), le troisième le noir sert à la transmission du signal de sortie.

Pour cette technologie il y a deux types de branchement :

- **Détecteur PNP**

Lorsqu'il y a une détection, le transistor est passant donc le contact est fermé. Il va donc imposer le potentiel « + » sur la sortie S. la charge est branchée entre la sortie S et le potentiel « - ».

Ce type de détecteur est adapté aux unités de traitement qui fonctionne en logique positive.

- **Détecteur NPN**

Lorsqu'il y a une détection, le transistor est passant donc le contact est fermé. Il va donc imposer le potentiel « - » sur la sortie S.

La charge est branchée entre la sortie S et le potentiel « + », ce type de détecteur est adapté aux unités de traitement qui fonctionne en logique négative.

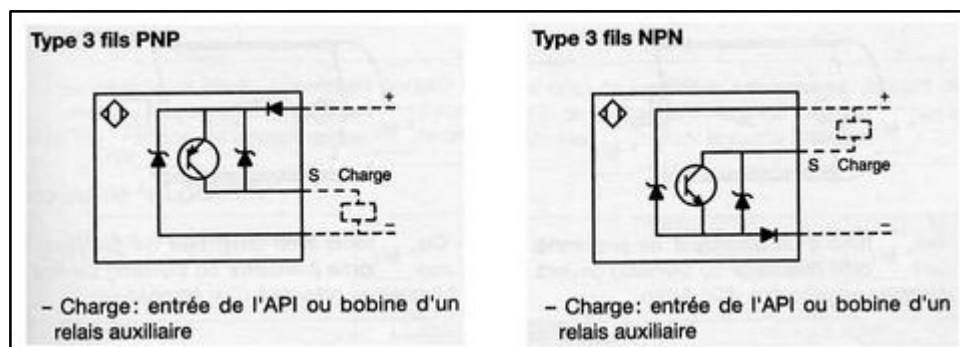


Figure 2.17 Détecteurs NPN et PNP



### 2.5.1.7 Critères de choix des capteurs

- ✓ Nature de l'objet à détecter : liquide, Solide, métallique.
- ✓ Contact avec l'objet est possible ou non.
- ✓ Distance entre le capteur et l'objet.
- ✓ L'espace dans la machine pour le branchement du capteur.
- ✓ Le temps de réponse.

### 2.5.2 Pré actionneurs

Un pré-actionneur est un composant technique contrôlé par la station de commande, son rôle est de distribuer l'énergie utile aux actionneurs.

La partie commande d'un système est incapable de fournir l'énergie nécessaire aux actionneurs, et pour résoudre le problème ils ont inventés les pré-actionneurs pour interrompre ou distribuer l'énergie aux actionneurs à partir d'un signal de la partie commande du système.

Il existe des pré-actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques.

On va s'intéresser par les pré-actionneurs électriques utilisés dans notre déchargeur.

#### a- Pré-actionneurs électriques

Les pré-actionneurs électriques sont des composants électriques utilisés pour interrompre ou distribuer l'énergie électriques aux actionneurs comme les moteurs électriques.

#### 1- Relais électromécanique

##### Définition

Un relais électromécanique est un appareil électrique qui peut distribuer l'énergie en fonction des commandes émises par la partie de contrôle.

Le relais permet d'allumer et d'éteindre le circuit d'alimentation en fonction des informations logiques.

Les deux circuits d'alimentation et d'information sont totalement isolés (isolation galvanique) et peuvent avoir des caractéristiques d'alimentation différentes.

Le système d'interrupteurs peut être formé d'un ou plusieurs interrupteurs à simple effet appelés contacts normalement ouverts (NO) ou normalement fermés (NF). Ces interrupteurs sont adaptés aux plages de courant et de tension utilisées dans la partie puissance.

### Symbole

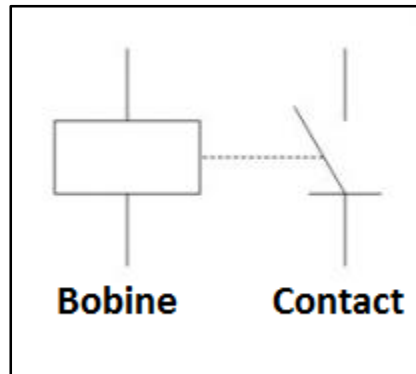


Figure 2.18 Symbole d'un relais

### Principe de fonctionnement

La partie commande envoie un signal au relais, une bobine qui lorsqu'elle est sous tension attire par un phénomène électromagnétique une armature ferromagnétique qui déplace les contacts.

Le champ magnétique généré par la bobine peut provoquer la fermeture ou l'ouverture des contacts selon le type de contact.

Si le contact est normalement fermé, la mise sous tension de la bobine entraînera l'ouverture du contact.

Si le contact est normalement ouvert, la mise sous tension de la bobine fermera le contact.

Une fois la bobine désexcitée, le contact revient à l'état de repos sous l'effet :

- Des ressorts de pression des pôles.
- Du ressort de rappel de l'armature mobile.

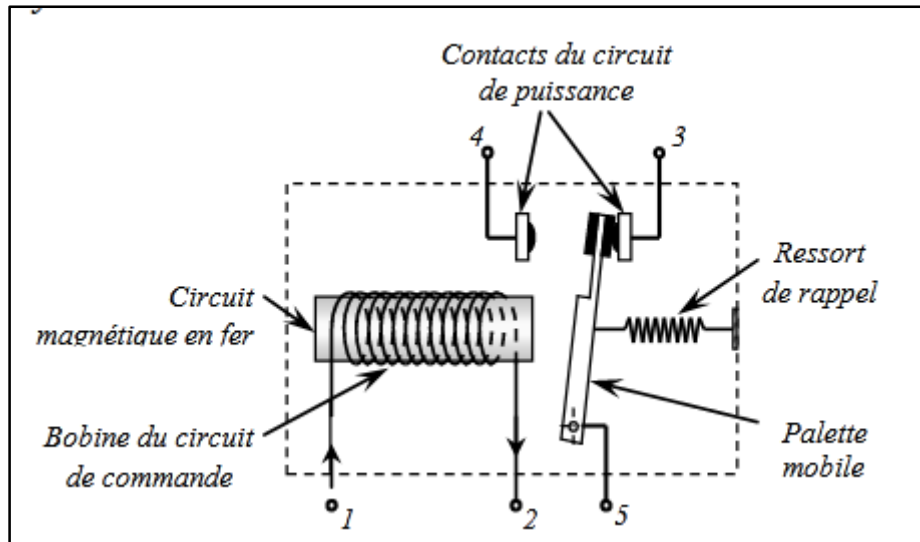


Figure 2.19 Schéma interne d'un relais électromécanique

## 2- Relais statique

### Définition

Un relais statique est un composant technique ayant la fonction d'un relais mais formé des composants électroniques, il est capable de commuter un courant électrique sans aucune utilisation des pièces mécaniques ou électromécaniques.

### Principe de fonctionnement

Pour le contrôle, nous utilisons un optocoupleur, qui a la même fonction que la bobine d'un relais électromagnétique, et il donne la séquence de commutation. L'optocoupleur est doté d'un émetteur et d'un récepteur optique, il s'agit en fait d'une LED infrarouge (émetteur) qui de manière optique établit une liaison avec le phototransistor qui ferme le circuit de puissance.

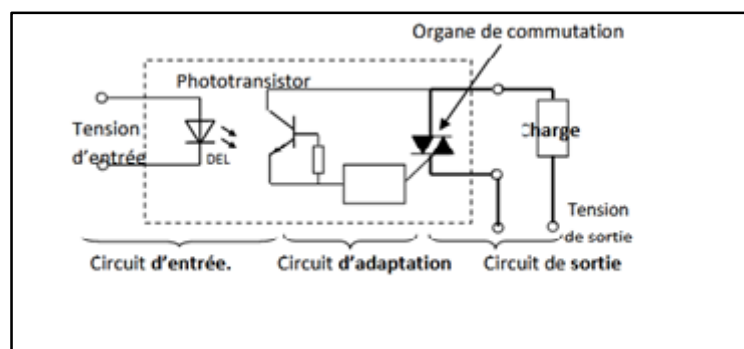


Figure 2.20 Schéma interne d'un relais statique

### 2.5.3 Actionneurs

On distingue plusieurs types d'actionneurs : actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques.

Nous allons s'intéresser par les actionneurs électriques utilisés dans notre système.

#### Actionneurs électriques

Un actionneur est un appareil électromécanique utilisé pour convertir l'énergie qui lui est fournie en un autre, il peut mettre en mouvement un système mécanique à partir d'une commande.

Exemples : Moteur à courant continu – Moteur pas à pas – électrovanne – résistance chauffante.

#### 1- Moteur à courant continu

- Définition

C'est un convertisseur électromécanique qui permet une conversion bidirectionnelle de l'énergie entre les appareils électriques et les équipements mécaniques, il peut fonctionner comme un moteur ou comme un générateur.

Pendant le fonctionnement du moteur, l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique.

Lors du fonctionnement du générateur, l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique. Dans ce cas elle est aussi appelée dynamo.



**Figure 2.21** Moteur à courant continu

- **Loi de Laplace**

Un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force dont le sens est déterminé par la règle des trois doigts de la main droite.

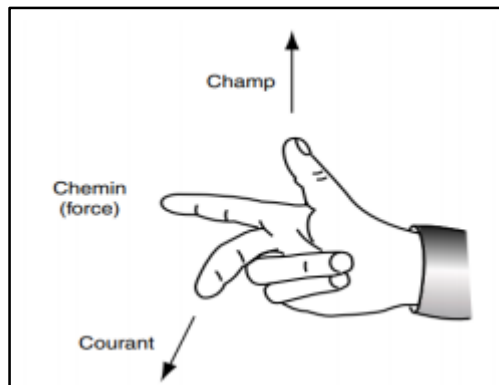


Figure 2.22 La règle de la main droite

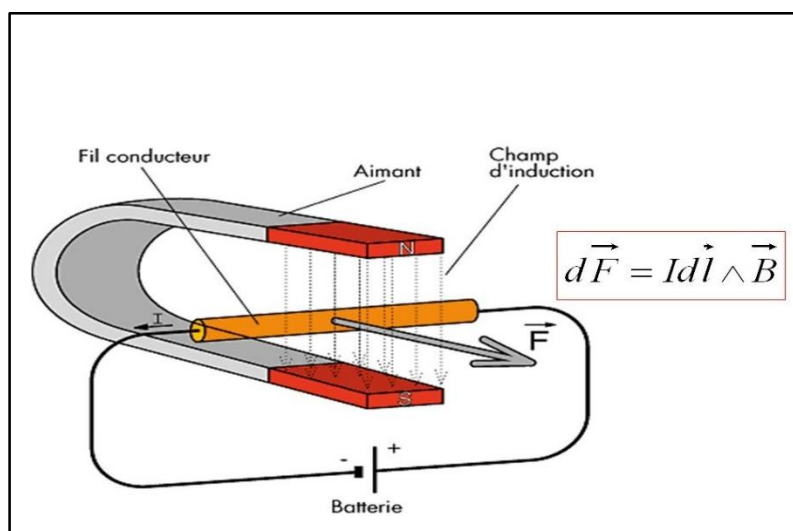


Figure 2.23 Effet du champ magnétique sur le conducteur

- **Constitution**

Le moteur à courant continu est composé de trois parties principales :

- Stator (l'inducteur) : est la partie fixe du moteur, il est formé d'un aimant ou électroaimant.
- Rotor (l'induit) : est la partie tournante du moteur.
- Dispositif collecteur/balais (charbons).

- **Principe de fonctionnement**

Lorsqu'on alimente la bobine d'un inducteur de moteur par un courant continu, il crée un champ magnétique.

Une spire capable de tourner sur un axe de rotation est placée dans le champ magnétique. De plus les deux conducteurs formant la spire sont chacun raccordés électriquement à un demi collecteur et alimentés en courant continu via deux balais frotteur.

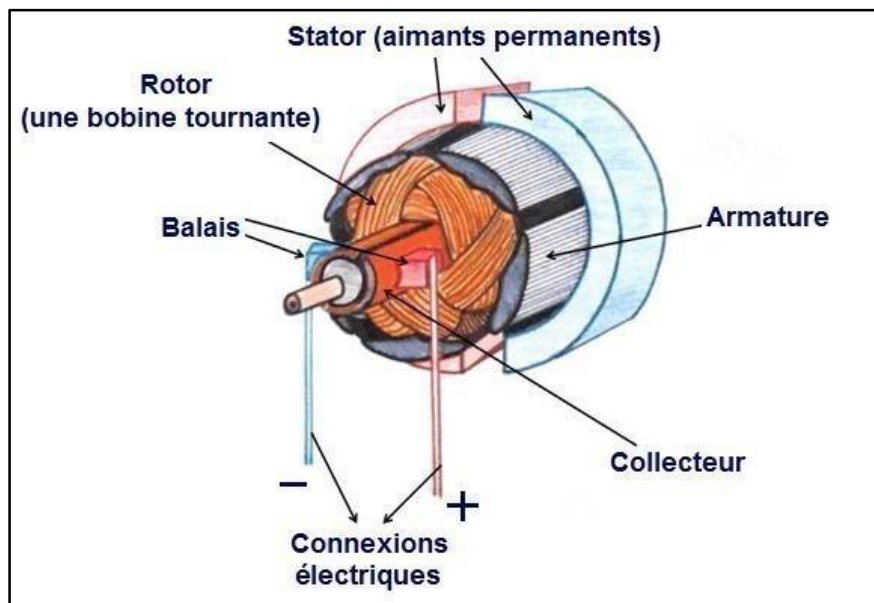


Figure 2.24 Schéma d'un moteur à courant continu

## 2- Moteur pas à pas

- **Définition**

Le moteur pas à pas convertit les impulsions électriques en mouvement angulaire.

Par exemple, un moteur pas à pas de  $1,8^\circ$ , a 200 positions discrètes dans un tour complet de  $360^\circ$ . Étant donné que  $360^\circ$  divisé par 200 équivaut à  $1,8^\circ$ , chaque fois que le moteur reçoit une impulsion, l'arbre du moteur avance de  $1,8^\circ$ .

Un moteur pas à pas de  $1,8^\circ$ , a besoin de 200 impulsions pour faire un tour complet.



Figure 2.25 Moteur pas à pas

On distingue trois types de moteurs pas à pas :

- le moteur à réluctance variable.
- le moteur à aimants permanents.
- le moteur hybride, qui est une combinaison des deux technologies précédentes.

Le moteur pas à pas est composé de deux enroulements (biphasés) excités par un courant continu. Lorsque le courant dans la bobine s'inverse, l'arbre du moteur se déplace d'un pas. En inversant le courant dans chaque enroulement, la position et la vitesse du moteur peuvent être contrôlées facilement et avec précision [10].

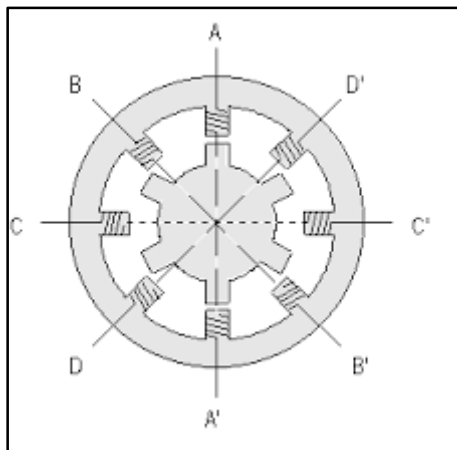


Figure 2.26 Schéma d'un moteur pas à pas

Par conséquent, les moteurs pas à pas sont particulièrement utiles dans de nombreuses applications de contrôle de mouvement. La valeur du pas est déterminée par les caractéristiques de conception du moteur. L'angle de pas le plus courant est de  $1,8^\circ$  (composé

de 200 dents). Il est facile d'obtenir d'autres angles de pas. Le nombre de pas par tour est calculé en divisant  $360^\circ$  par l'angle de pas.

## 2.6 Instrumentation du déchargeur

### 2.6.1 Capteur

Pour la position de travail on a décidé d'utiliser un palpeur, parce que l'arrêt exact du support à cette position est une étape primordiale, pour cela le palpeur peut détecter cette position avec une grande précision.

Pour les extrêmes bas et haut, on a utilisé des fins de courses à galet.

### 2.6.2 Pré-actionneur

- Relais électromécanique

On a utilisé un relais électromécanique pour la commande de l'alimentation du moteur à courant continu de la roue.



Figure 2.27 Relais électromécanique

Caractéristiques :

|                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| tension circuit de commande     | 24 V CC                            |
| tension de coupure              | 12 V - 250 V                       |
| capacité de commutation minimum | 170 mW à 10 mA, 17 V               |
| Endurance mécanique             | 10000000 cycle                     |
| durée de vie électrique         | 100000 cycle pour résistive charge |

Tableau 2.3 Caractéristique du relais électromécanique



- **Driver ST330 V3**

Pour la commande du moteur pas à pas on a utilisé un driver ST330 V3.

Le ST330 est un pilote de moteur pas à pas bipolaire à axe unique compact 3.0A/phase avec entrées STEP et DIRECTION et ENABLE.



**Figure 2.28** Driver ST330 V3

| Entrées | Description   |
|---------|---|
| EN      | Ce signal est utilisé pour couper le courant qui alimente le moteur pas à pas, si EN = 0 le driver coupera le courant d'alimentation du moteur. |
| DIR     | Ce signal est utilisé pour commander la direction de rotation du moteur.  |
| STEP    | Ce signal est utilisé pour envoyer des impulsions vers le moteur, à chaque impulsion le moteur tourne d'un pas.                                 |
| 5 V     | L'entrée de 5 volts sert à l'alimentation du driver   |

**Tableau 2.4** Entrées du driver ST330 V3

### 2.6.3 Actionneur

- **Moteur pas à pas**

On utilisé un moteur pas à pas pour la monte et la descente du support de cartes.



**Figure 2.29** Moteur pas à pas Nema 34

Caractéristiques :

- ✓ Moteur pas à pas NEMA 34.
- ✓ Type : Bipolaire (2 phases).
- ✓ Dimensions hors arbre : 86x86x78mm.
- ✓ Longueur Hors tout (incluant l'arbre): 110mm.
- ✓ Couple de maintien : 47 kg.cm (652 oz.cm - 4,6 N.m).
- ✓ Diamètre de l'arbre : 14mm avec méplat.
- ✓ Longueur de l'arbre : 32mm.
- ✓ Nombre de pas : 200 (pas angulaire de 1,8 ).
- ✓ Connexion : 4 fils.
- ✓ Résistance par phase : 0,46  (Ohm)  10%.
- ✓ Inductance/phase : 4 mH  20%.
- ✓ Courant/phase : 5,5 A par phase.

- **Moteur à courant continu**

Pour tourner la roue, on a utilisé un moteur à courant continu.



**Figure 2.30** Moteur à courant continu 24v

Caractéristiques :

Tension (V) : 24.  
Vitesse (t/mn) : 3000.  
Intensité (A) : 15.  
Couple (Nm) : 0,8.  
Puissance S1 (W) : 250.

Nous avons utilisé une alimentation AC-DC 24V - 2A et 5V pour alimenter le moteur pas à pas et le moteur à courant continu.

Caractéristiques :

- ✓ Tension d'entrée : 110/230 VAC.
- ✓ Puissance : 58 W.
- ✓ Courant de sortie : 2 A.
- ✓ Tension de sortie : 24 VDC.
- ✓ Dimensions : 159mm x 97mm x 38mm.
- ✓ Poids : 570g.

## 2.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé sur la conception architecturale du déchargeur, et nous avons développé la structure mécanique et la partie opérative du déchargeur, ainsi nous avons cité les différents équipements de l'instrumentation utilisés dans la partie opérative du système. Le développement de ce déchargeur va permet de charger environ 300 cartes, ce qui va booster la production de l'usine.

# Chapitre 3

---

## Station de commande du déchargeur

### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons parler sur la partie commande du notre déchargeur, ainsi nous allons parler sur l'automate programmable industriel utilisé pour la commande.

### 3.2 Définition d'un système automatisé

Tout système de production nécessite la présence d'opérateurs humains d'exploitation, de réglage et de maintenance.

Les systèmes de production automatisés impliquent de réduire l'intervention humaine tout au long du processus de fabrication et d'optimiser l'utilisation des matériaux et de l'énergie grâce à l'utilisation de nouvelles technologies.

L'automatisation de la production comprend le transfert de tout une partie des tâches de coordination, précédemment effectuées par des opérateurs humains, vers un ensemble d'objets techniques appelés partie de commande.

### 3.3 Structure d'un système automatisé

Un système de production automatisé se compose généralement d'une partie opération (P.O) et d'une partie commande (P.C) [11].

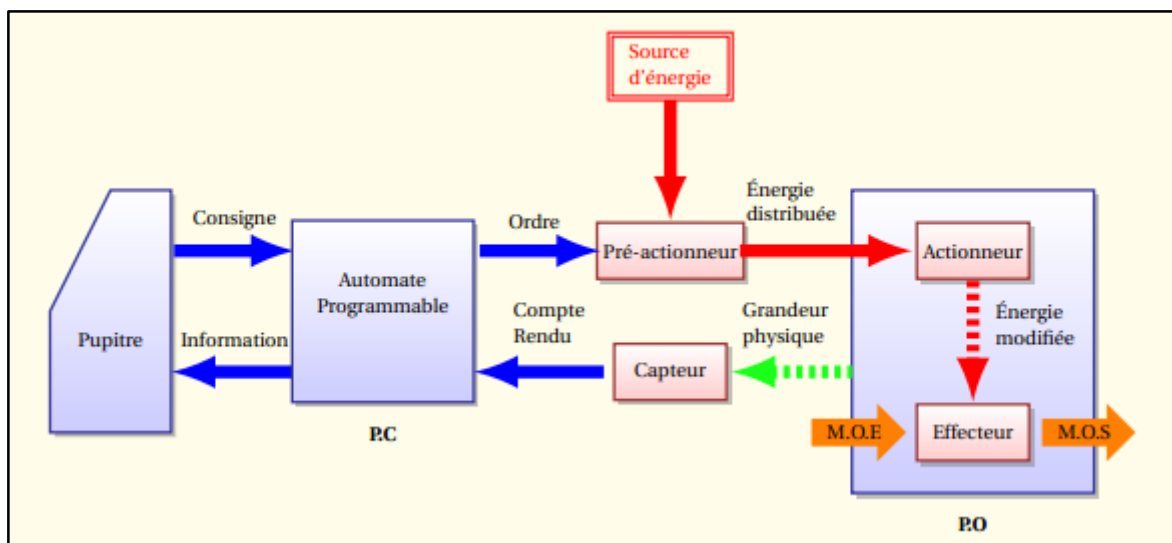


Figure 3.1 Structure d'un système automatisé [11]

### 3.3.1 Partie opérative

Elle se compose de tous les organes physiques de la machine qui interagissent sur le produit afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Elle est formée des pré-actionneurs, les actionneurs et les capteurs.

### 3.3.2 Partie commande

La partie commande ou système de contrôle, désigne l'ensemble des ressources logicielles et informationnelles utilisées pour :

- ✓ Coordonner les actions de suivi de la partie opérationnelle.
- ✓ Surveiller son fonctionnement normal.
- ✓ Gérer la communication avec les autres systèmes.
- ✓ à assurer le traitement des données et des résultats relatifs au procédé, aux matières, d'œuvre, aux temps de production, à la consommation énergétique.

Le processus industriel passe de l'état initial à l'état final à travers une série d'états intermédiaires qui marquent son évolution. Ce développement est surveillé par des capteurs qui renvoient des rapports sur l'état du système. La partie commande traite ces informations et prépare l'ordre renvoyé à l'actionneur.

## 3.4 Station de commande du déchargeur

Pour le contrôle du déchargeur, on a décidé de choisir un API, le problème qu'on a envisagé est que l'API qui est disponible ne possède pas une sortie d'impulsions, qui est très importante pour commander le moteur pas à pas, pour résoudre le problème on avait deux solutions, soit on branche avec l'API un module générateur d'impulsions, ou bien on utilise une autre plateforme qui communique avec l'API pour commander le moteur pas à pas.

Après avoir étudié les deux solutions, on a opté pour la deuxième solution et on a décidé d'utiliser un arduino en parallèle avec l'API.

### 3.4.1 Automate programmable industriel

#### 3.4.1.1 Définition

Un automate programmable industriel (API) est une forme spéciale de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker des instructions et mettre en œuvre diverses fonctions, qu'elles soient de logique, de séquençage, de temporisation, de comptage ou d'arithmétique, pour contrôler l'instruction.

La programmation API consiste principalement à mettre en œuvre des opérations de logique et de commutation. Les dispositifs d'entrée du système, à savoir les capteurs, tels que les commutateurs, et les dispositifs de sortie, tels que les moteurs, les vannes, sont tous connectés à l'API. Ensuite, le contrôleur surveille l'entrée et la sortie conformément aux instructions du programme et exécute les règles de contrôle définies. L'un des principaux avantages des API est que le même contrôleur de base peut être utilisé dans plusieurs systèmes de contrôle [12].

#### 3.4.1.2 Architecture interne

De manière générale, un API est structuré autour de plusieurs éléments de base que sont l'unité de traitement, la mémoire, l'unité d'alimentation, les interfaces d'entrées-sorties, interface de communication et le périphérique de programmation (voir Figure 3.2).

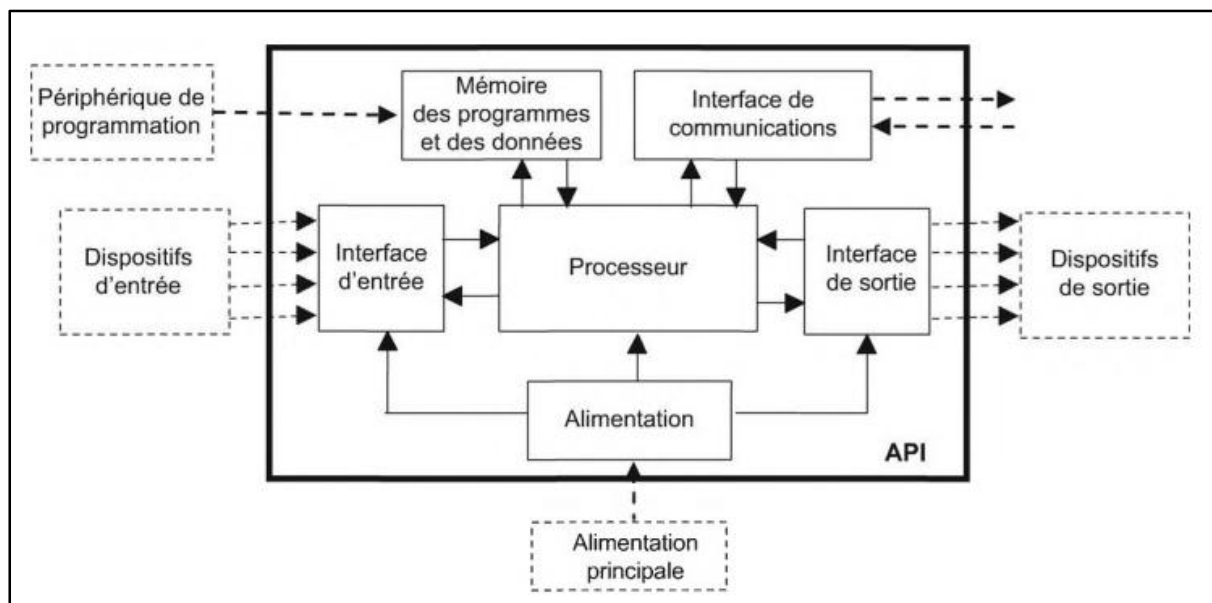


Figure 3.2 Structure d'un API

### 3.4.1.3 Description des éléments d'un API

- **Le processeur** : Le processeur ou unité centrale de traitement (CPU) contient le microprocesseur. Le CPU interprète les signaux d'entrée et effectue les actions de commande conformément au programme stocké en mémoire, en communiquant aux sorties les décisions sous forme de signaux d'action.
- **Unité d'alimentation** : elle est indispensable puisqu'elle convertit une tension alternative en une basse tension continue (5 V) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées-sorties.
- **Le périphérique de programmation** : il est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique, puis transféré dans la mémoire de l'API.
- **La mémoire** : elle contient le programme qui définit les actions de commande effectuées par le microprocesseur. Elle contient également les données qui proviennent des entrées en vue de leur traitement, ainsi que celles des sorties.
- **Les interfaces d'entrées/Sorties** : elles permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations aux dispositifs extérieurs.

### 3.4.1.4 Programmation d'un API

Les programmes utilisés avec les API peuvent être écrits dans différents formats, pour que les ingénieurs ayant peu de connaissances en programmation puissent élaborer des programmes pour les API, le langage à contacts a été conçu. La plupart des fabricants d'automates ont adopté cette méthode d'écriture des programmes. Toutefois, puisque chacun a eu tendance à développer ses propres versions, une norme internationale a été établie pour le langage à contacts. Cette norme, publiée en 1993 par la Commission électrotechnique internationale, est désignée sous la référence CEI 61131-3. La dernière version, qui date de 2013, est une extension qui reste compatible avec la version antérieure.

Les langages de programmation définis par la norme CEI 61131-3 :

- ✓ Le langage à contacts (LADDER).



- ✓ Listes d'instructions.
- ✓ Les graphes de fonction séquentielle (SFC, Sequential Function Charts).
- ✓ Le texte structure.
- ✓ Les diagrammes de schémas fonctionnels.

#### 3.4.1.5 Critères de choix d'un API

Pour choisir un automate programmable industriel, on doit tenir compte de plusieurs critères essentiels :

- ✓ Interfaces de communications intégrées dans le CPU.
- ✓ Nombre d'entrées/sorties intégrées.
- ✓ Fonctions et modules spéciaux intégrées.
- ✓ La disponibilité du CPU et leurs modules d'extensions.

#### 3.4.1.6 Automate programmable utilisé dans le déchargeur

Pour notre système on a choisi un API siemens de la gamme S7-300. Siemens offre une variété de gammes fiables et flexibles, on a opté pour le CPU S7-312C qui répond le mieux à notre besoin en termes de disponibilité et de coût.

Caractéristiques :

La CPU 312C présente les caractéristiques suivantes [13]:

- Microprocesseur : le processeur atteint un temps d'exécution de 100 ns par instruction sur bit.
- Mémoire de travail étendue : la mémoire de travail de 64 Ko (correspond à environ 21 K d'instructions) pour les parties exécutives du programme offre suffisamment d'espace pour le programme utilisateur.
- Souplesse d'extension : max. 8 modules (montage sur 1 rangées)
- Interface multipoint MPI : il est possible d'établir simultanément à travers l'interface MPI intégrée un maximum de 6 connexions vers des S7-300/400 et vers des PG, PC, OP. De ces liaisons, une est réservée d'office pour une console PG et une autre pour un pupitre OP. L'interface MPI permet de réaliser une mise en réseau simple de 16 CPU maximum avec communication par données globales.

- Entrées/sorties intégrées ; 10 entrées TOR (utilisables également pour le traitement des alarmes) et 6 sorties TOR.

### 3.4.2 ARDUINO

#### a Définition

ARDUINO est une carte électronique open source, elle peut être intégrée dans une grande variété de projets à la fois simples et complexes.

Cette carte électronique contient un microcontrôleur qui peut être programmé pour détecter et contrôler des objets dans le monde physique. En raison de sa flexibilité et faible coût, Arduino est devenu un choix très populaire pour les fabricants cherchant à créer des projets électronique.

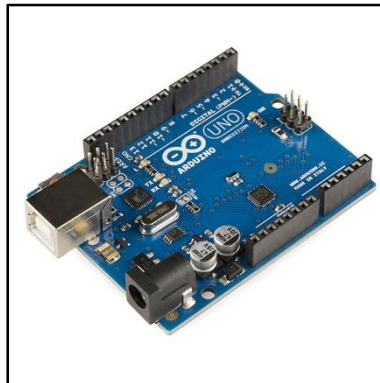


Figure 3.3 Carte ARDUINO UNO

#### b Types d'ARDUINO

Il existe différents modèles de cartes ARDUINO. Chacune a des spécifications qui lui sont propres. Elles offrent donc différents avantages.

Voici dans la liste ci-dessous les principaux modèles de cartes ARDUINO.

- ARDUINO UNO.
- ARDUINO TRE.
- ARDUINO Yun.
- ARDUINO Leonardo.

- ARDUINO Due.
- ARDUINO Mega.
- ARDUINO Ethernet.
- ARDUINO Nano.
- ARDUINO Pro.
- ARDUINO Pro Mini.
- ARDUINO Micro.
- ARDUINO BT.

### **c Programmation d'un ARDUINO**

Le langage de base utilisé dans l'environnement de développement ARDUINO, est le langage de programmation C, l'équipe Arduino a développé la bibliothèque Arduino standard qui fournit un ensemble de fonctions simples qui rendent la programmation de la carte Arduino aussi simple que possible.

Le croquis est un ensemble d'instructions qui indique à la carte quelles fonctions elle doit exécuter. Une carte Arduino ne peut contenir et réaliser qu'un seul croquis à la fois [14].

Chaque croquis Arduino a deux parties principales au programme :

1. void setup () : Configure les choses qui doivent être faites une fois au démarrage et ne se reproduisent plus.
2. void loop () : Contient les instructions qui sont répétées encore et encore jusqu'à ce que la carte soit éteinte.

### **d Critères de choix d'un ARDUINO**

Pour choisir une carte arduino, on doit tenir compte de plusieurs critères essentiels :

- ✓ Nombre des pins digitaux et analogiques de la carte.
- ✓ Le microcontrôleur utilisé dans la carte.
- ✓ La taille de la mémoire du microcontrôleur.
- ✓ Type d'utilisation.
- ✓ L'adaptation de la taille de la carte au projet demandé.

### **e ARDUINO utilisé dans le déchargeur**

Pour le déchargeur on a décidé de choisir l'arduino Mega 2560, C'est une carte d'arduino basé sur le microcontrôleur ATmega2560. Elle dispose de 54 Entrées/Sorties dont 14 PWM (pulse width modulation), elle possède aussi les registres de port qui permettent une manipulation de niveau inférieur et plus rapide des broches E/S du microcontrôleur sur une carte Arduino [15].

Caractéristiques :

- Alimentation : via port USB ou 7 à 12 V sur le connecteur d'alimentation.
- Microprocesseur : ATmega2560.
- Mémoire flash : 256 KB.
- Mémoire SRAM : 8 KB.
- Mémoire EEPROM : 4 KB.
- 54 broches d'E/S dont 14 PWM.
- 16 entrées analogiques 10 bits.
- Intensité par E/S : 40 mA.
- Cadencement : 16 MHz.
- Bus I2C et SPI.
- Gestion des interruptions.
- Fiche USB B.
- Version : Rev 3.
- Dimensions : 107 x 53 x 15 mm.

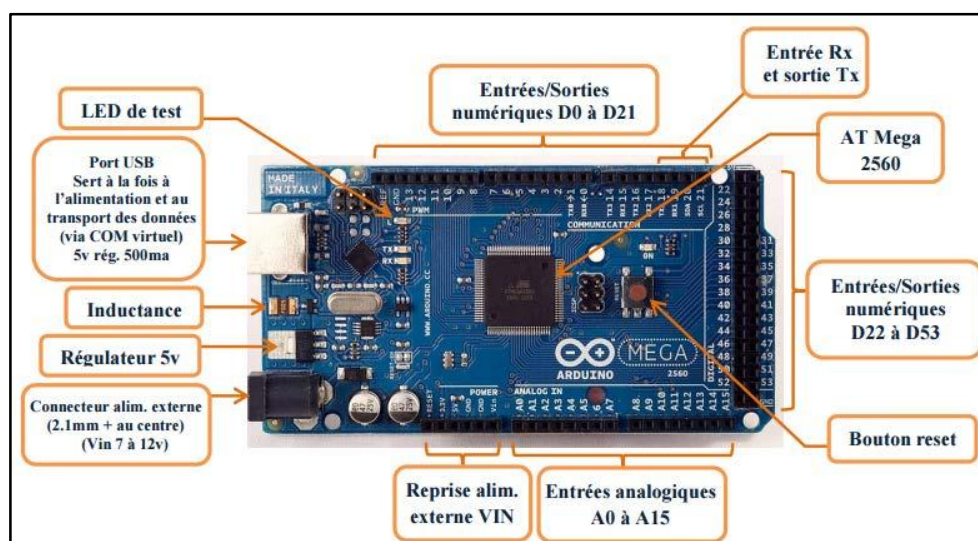


Figure 3.4 Carte ARDUINO MEGA

Pour commander le moteur pas à pas on a besoin d'activer et désactiver les broches ENABLE et DIRECTION du driver très rapidement et simultanément, c'est-à-dire en quelques fractions de microseconde. Les fonctions « `digitalRead()` » et « `digitalWrite()` » ont environ une douzaine de lignes de code, qui sont compilées en quelques instructions machine. Chaque instruction machine nécessite un cycle d'horloge à 16 MHz, ce qui peut s'additionner dans les applications sensibles au temps. L'accès direct au port peut faire le même travail en beaucoup moins de cycles d'horloge.

### **3.4.3 Communication entre l'automate et l'ARDUINO**

Dans la station de commande on a utilisé deux plateformes différentes l'API et l'ARDUINO, ainsi la création d'une communication entre ces deux plateformes est nécessaire, il est possible de faire une communication MODBUS entre un API et un arduino mais le S7-312C ne possède pas une interface pour utiliser le protocole MODBUS, pour résoudre le problème on a utilisé des optocoupleurs PC817 entre les sorties d'API et les entrées de l'arduino.

Comme il y a que trois sorties d'API reliées avec l'arduino, on avait besoin trois optocoupleurs PC817.

#### **a Définition d'un optocoupleur**

Un optocoupleur est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor ou d'une photodiode. Il assure une liaison entre la LED et le phototransistor tout en assurant une isolation électrique entre les deux [16].

#### **b Architecture d'un optocoupleur PC817**

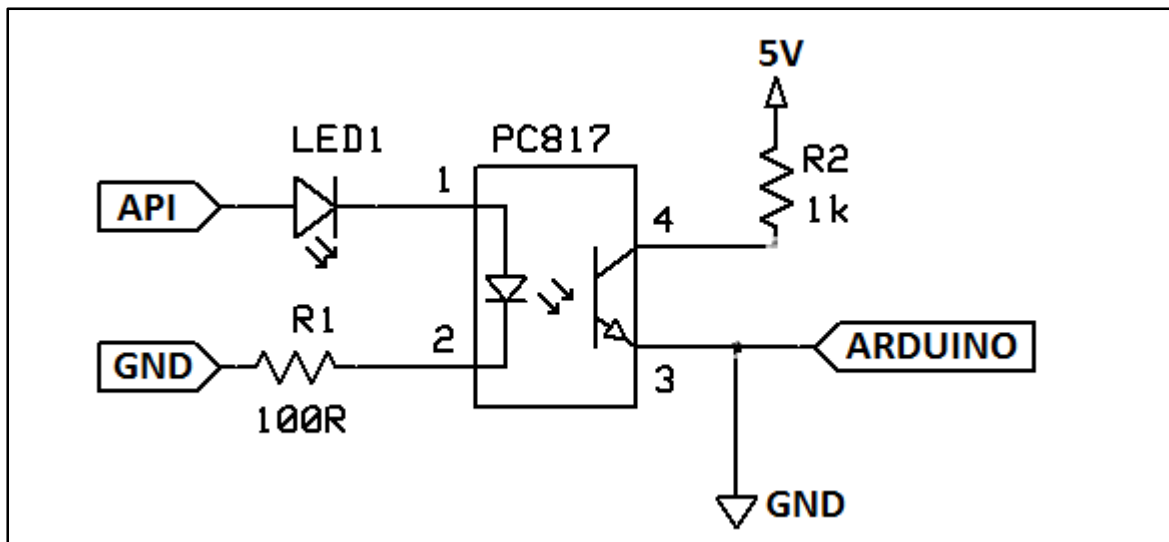


Figure 3.5 Schéma d'un optocoupleur PC817

### c Principe de fonctionnement d'un optocoupleur

Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle émet de la lumière infrarouge dans un boîtier bien hermétique à la lumière. La lumière émise par la LED est captée par le phototransistor qui devient alors passant. On peut donc transmettre un courant électrique tout en isolant électriquement.

## 3.5 Logiciel TIA PORTAL V13

TIA Portal (TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION PORTAL), est un logiciel qui permet de programmer des automates programmable industriels, et de créer la partie de supervision des systèmes automatisés.

L'architecture logicielle est conçue pour être efficace et facile à utiliser. Il convient aux nouveaux utilisateurs ainsi qu'aux utilisateurs expérimentés.

### 3.5.1 Configuration du matériel sous TIA PORTAL

C'est une étape essentielle avant le développement du programme sous TIA PORTAL, elle est pour but de choisir le CPU qu'on va utiliser.

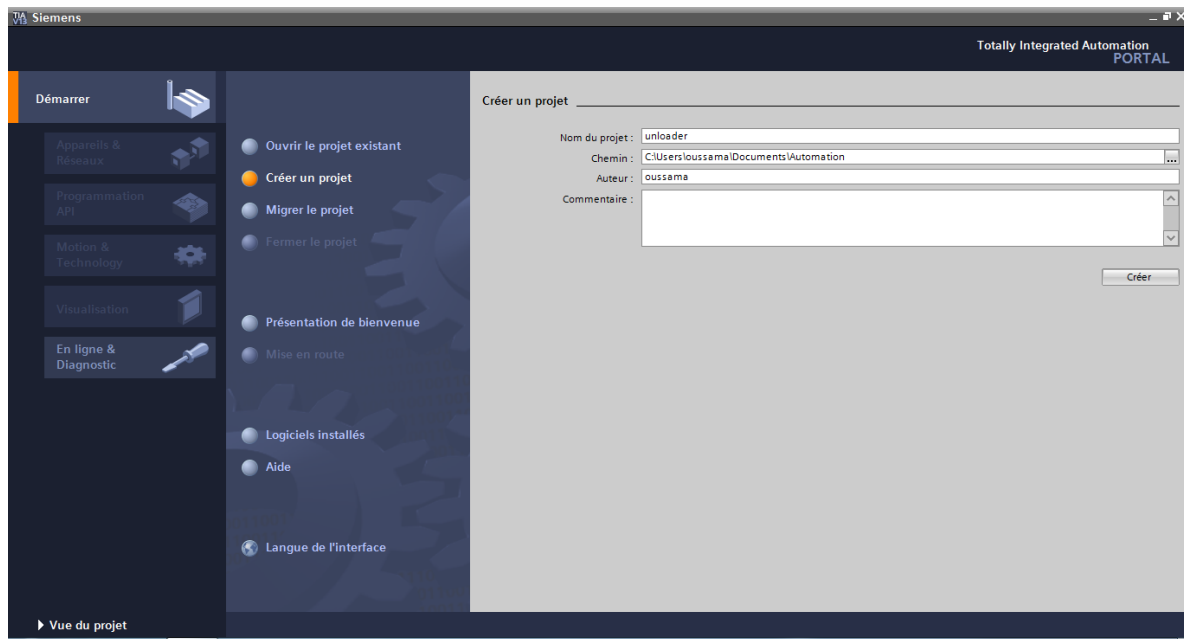


Figure 3.6 Création de projet sur TIA PORTAL

On doit choisir le CPU qu'on va utiliser dans notre déchargeur, qui est le S7-312C.

N° de référence : 6ES7 312-5BE03-0AB0.

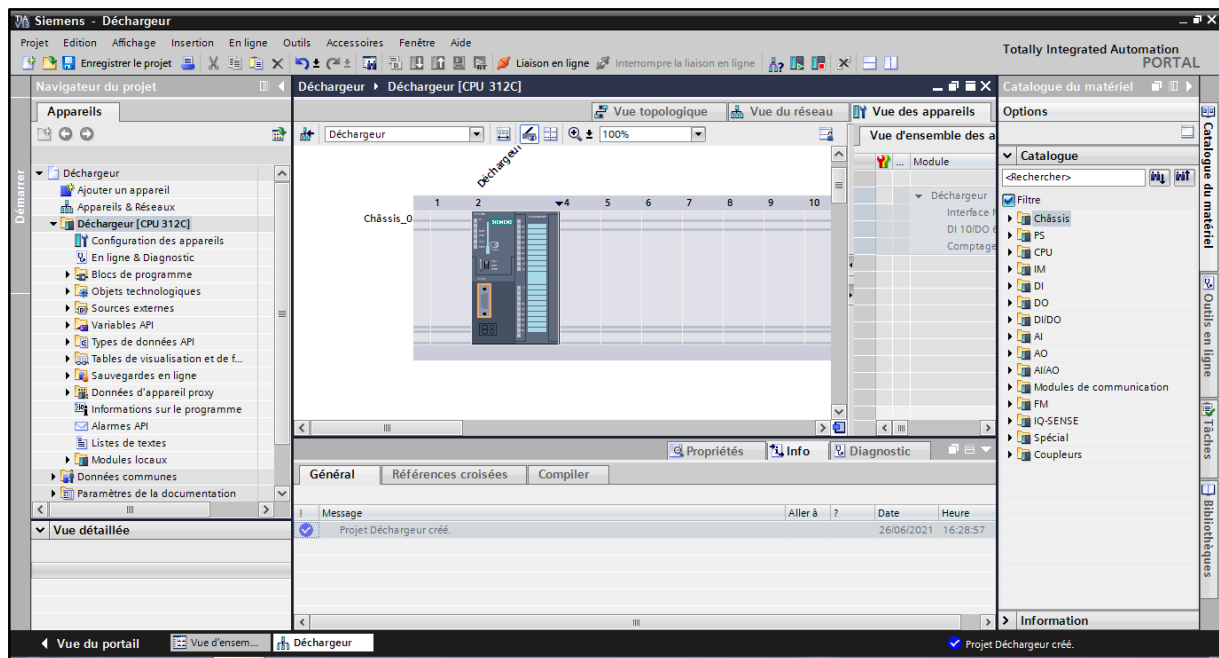


Figure 3.7 Configuration du matériel sur TIA PORTAL

## 3.6 Programme de la commande du système

### 3.6.1 Programmation d'API

Pour la programmation du déchargeur nous avons opté pour le langage à contacts (LADDER), pour sa simplicité, et sa facilité de simulation du programme.

#### a Table de variables

Avant la programmation du système, on doit identifier tout d'abords les entrées et les sorties du système. La déclaration des variables se fait dans la table de variables standard.

|    | Nom             | Type de données | Adresse | Réma... | Visibl...                           | Acces...                            | Commentaire                                 |
|----|-----------------|-----------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1  | AU              | Bool            | %I124.0 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton d'arrêt d'urgence                    |
| 2  | RST             | Bool            | %I124.1 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | reset d'arrêt d'urgence                     |
| 3  | DCY             | Bool            | %I124.2 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche/arrêt                         |
| 4  | SMEMA_B         | Bool            | %I124.3 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | signal smema de la machine en aval          |
| 5  | PALFEUR         | Bool            | %I124.4 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | palpeur pour détecter la présence de la car |
| 6  | FC_BAS          | Bool            | %I124.5 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | fin de course de position basse             |
| 7  | FC_HAUT         | Bool            | %I124.6 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | fin de course de l'extreme haute            |
| 8  | ENABLE          | Bool            | %Q124.0 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | sortie enable                               |
| 9  | ROUE            | Bool            | %Q124.1 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | sortie de démarrage de la roue              |
| 10 | SMEMA           | Bool            | %Q124.2 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | sortie smema                                |
| 11 | DIR             | Bool            | %Q124.3 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | sortie de la direction du moteur            |
| 12 | TM              | Bool            | %Q124.4 |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | sortie type de mouvement (par pas ou nor.   |
| 13 | MO              | Bool            | %M0.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento utilisé pour mémoriser l'état du .. |
| 14 | F               | Bool            | %M0.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento utilisé pour mémoriser l'état de .. |
| 15 | S1              | Bool            | %M0.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento pour désactiver la phase de dé...   |
| 16 | LOAD            | Bool            | %M0.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento utiliser sur l'interface scada pou. |
| 17 | MAGASIN_VIDE    | Bool            | %M0.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento pour alumer l'alarme de magasi      |
| 18 | A               | Bool            | %M0.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento pour mémoriser l'état de mode ..    |
| 19 | M               | Bool            | %M0.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | memento pour mémoriser l'état de mode ..    |
| 20 | ATM             | Bool            | %M0.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | activer mode automatique                    |
| 21 | MAN             | Bool            | %M1.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | activer mode manuel                         |
| 22 | BMRH            | Bool            | %M1.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche rapide vers le haut           |
| 23 | BMRB            | Bool            | %M1.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche rapide vers le bas            |
| 24 | BMPH            | Bool            | %M1.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche par pas vers le haut          |
| 22 | BMRH            | Bool            | %M1.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche rapide vers le haut           |
| 23 | BMRB            | Bool            | %M1.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche rapide vers le bas            |
| 24 | BMPH            | Bool            | %M1.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | bouton marche par pas vers le haut          |
| 25 | MH              | Bool            | %M1.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | moteur marche vers le haut                  |
| 26 | MB              | Bool            | %M1.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | moteur marche vers le bas                   |
| 27 | MHRA            | Bool            | %M1.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 28 | MBRA            | Bool            | %M1.7   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 29 | MHRM            | Bool            | %M2.0   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 30 | MBRM            | Bool            | %M2.1   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 31 | MHPM            | Bool            | %M2.2   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 32 | MHPA            | Bool            | %M2.3   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 33 | S2              | Bool            | %M2.4   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 34 | DMH             | Bool            | %M2.5   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 35 | DMB             | Bool            | %M2.6   |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 36 | NOMBRE_CARTES   | Int             | %MW0    |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| 37 | cartes_chargées | Int             | %MW1    |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |   |

Figure 3.8 Table de variables standard



### 3.6.1.1 Type de blocs de programme

L'automate met à disposition différents types de blocs qui contiennent le programme et les données correspondantes. Selon les exigences et la complexité du processus, il est possible de structurer le programme en différents blocs : OB, FB et FC [17].

1. Les blocs d'organisation - OB : Ils constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Les OB sont programmables par l'utilisateur, ce qui permet de déterminer le comportement de la CPU.

Les OB sont appelés par le système d'exploitation en liaison avec les événements suivants :

- ✓ Comportement au démarrage.
- ✓ Exécution cyclique du programme.
- ✓ Exécution du programme déclenchée par des alarmes (cyclique, processus, diagnostic,...).
- ✓ Traitement des erreurs.

Pour que le traitement du programme démarre, le projet doit posséder au moins un OB cyclique (par exemple l'OB 1).

2. Les fonctions – FC : Ce sont des blocs de code sans mémoire. Les données des variables temporaires sont perdues après l'exécution de la fonction.
3. Les blocs fonctionnels – FB : Ce sont des blocs de code qui mémorisent durablement leurs paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement de blocs.

L'utilisation de ces différents blocs permet plusieurs structures du programme.

- ✓ Programmation linéaire.
- ✓ Programmation structuré.
- ✓ Programmation segmenté.

Nous avons opté pour la programmation segmenté, en programmation segmenté l'OB1 appel des blocs de fonctions FC l'un après l'autre.

Nous avons créé trois blocs de fonction FC.

1. FC1 : bloc de démarrage, il contient le programme qu'on doit exécuter une seule fois, lors de la phase du démarrage de la machine.
2. FC2 : bloc de Mode automatique, il contient le programme qui gère la machine automatiquement.
3. FC3 : bloc de Mode manuel, il contient le programme qui permet à l'opérateur de manipuler le déchargeur manuellement.

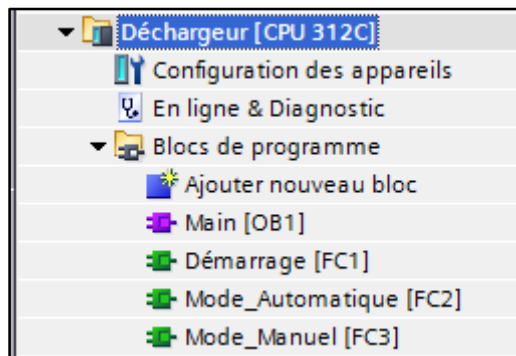


Figure 3.9 Liste de blocs de fonction

### 3.6.2 Programmation d'ARDUINO

L'arduino dans la station de commande a une seule tâche, il doit seulement commander le moteur pas à pas selon les ordres venants de l'API.

#### a Liste de variables d'entrées-sorties

|         |       | Numéro   | Intitulé | description   |
|---------|-------|----------|----------|---|
| ENTRES  |       | 2        | intPin   | pin d'interruption (compteur rapide)  |
|         |       | 6        | TM       | type de mouvement<br>1 : par pas<br>0 : mouvement rapide  |
|         |       | 7        | DIR      | Direction<br>0 : sense haut<br>1 : sense bas  |
|         |       | 5        | ENABLE   | le mode de la pin 5 est INPUT_PULLUP<br>en lire l'entree 5 l'etat de l'entree sera<br>enregistrer dans le variable EN |
| SORTIES |       |          |          |   |
|         |       | 4        | STEP     | Sortie d'impulsions (980HZ) pour<br>commander le moteur pas à pas<br>brancher avec le pin STEP du Driver              |
|         | PORTB | PB0 (53) |          | le bit 0 du port B configuré pour<br>commander le enable du driver  |
|         |       | PB1 (52) |          | le bit 1 du port B configuré pour<br>commander la direction du driver   |
|         |       |          |          |   |
|         |       |          |          |   |

Figure 3.10 Liste d'entrées-sorties de l'arduino

Les signaux d'entrée TM, DIR, et ENABLE sont des sorties d'API et leur fonction est de donner l'ordre à l'arduino de contrôler le moteur avec une direction et un type de mouvement déjà définis par l'API.

**b Organigramme de programme d'arduino**

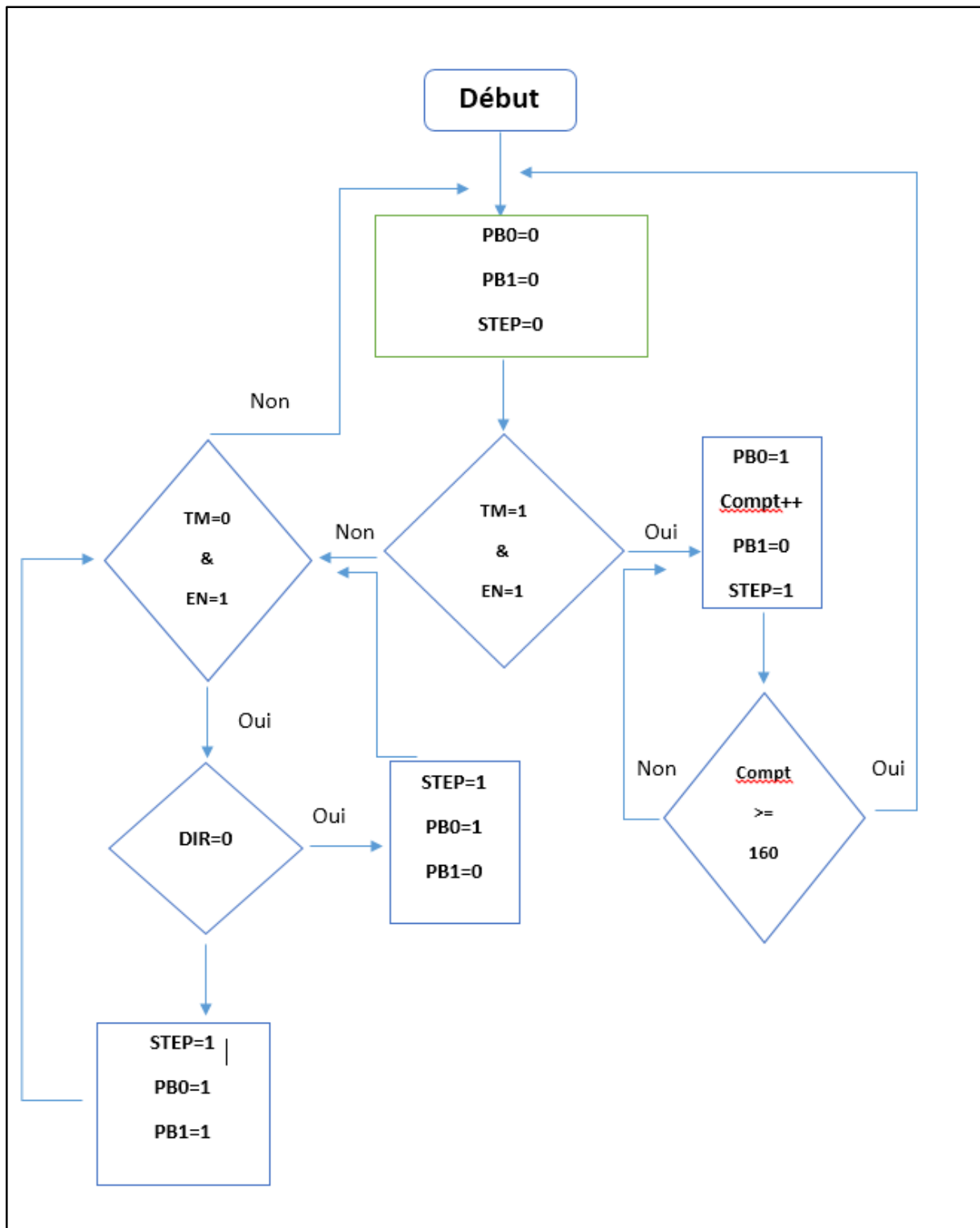


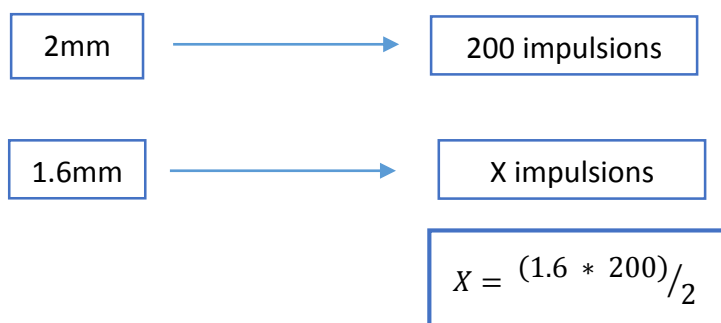
Figure 3.11 Organigramme du programme d'arduino

L'épaisseur d'une carte PCB est 1.6mm, à chaque fois l'API demande à l'arduino de commander le moteur pour monter d'un pas de 1.6 mm, il allume la sortie des impulsions et

il lance le comptage rapide via les entrées d'interruptions, le compteur doit compter 160 impulsions pour que le moteur s'arrête.

Le pas de vis de l'axe fileté utilisé est 2 mm, le pas angulaire du moteur est 1.8°, donc chaque 200 impulsions le moteur fait un tour, ainsi un tour signifie que le support se monte d'un pas de 2mm.

On fait un petit calcul pour trouver le nombre d'impulsions nécessaires pour monter d'un pas de 1.6mm.



Donc il faut 160 impulsions, pour monter d'un pas de 1.6mm.

### 3.7 Partie de supervision

La supervision est une technologie industrielle utilisée pour surveiller et contrôler les processus de fabrication automatisés. La supervision consiste en la collecte des données (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de contrôle des processus qui sont généralement confiés à l'automate programmable.

#### 3.7.1 Système SCADA

Un système de surveillance industrielle qui traite de grandes quantités de données de mesure en temps réel et contrôle à distance les équipements. Toute application qui reçoit des données d'exploitation du système pour contrôler et optimiser le système est une application SCADA.

### 3.7.2 WINCC professionnel

WINCC est le logiciel phare de Siemens pour la création d'interfaces homme-machine sur des panneaux à écran tactile (IHM) ou des écrans. La dernière version de WINCC a été intégrée dans TIA Portal.

Le système de base WINCC Professional est conçu pour être technologiquement, modulaire et extensible de manière flexible. Il permet à la fois des applications mono-utilisateur en ingénierie mécanique et des solutions multi-utilisateurs complexes, ou même des systèmes distribués en ingénierie d'usine [18].

### 3.7.3 Création du système SCADA

#### a) Configuration de la liaison API/WINCC

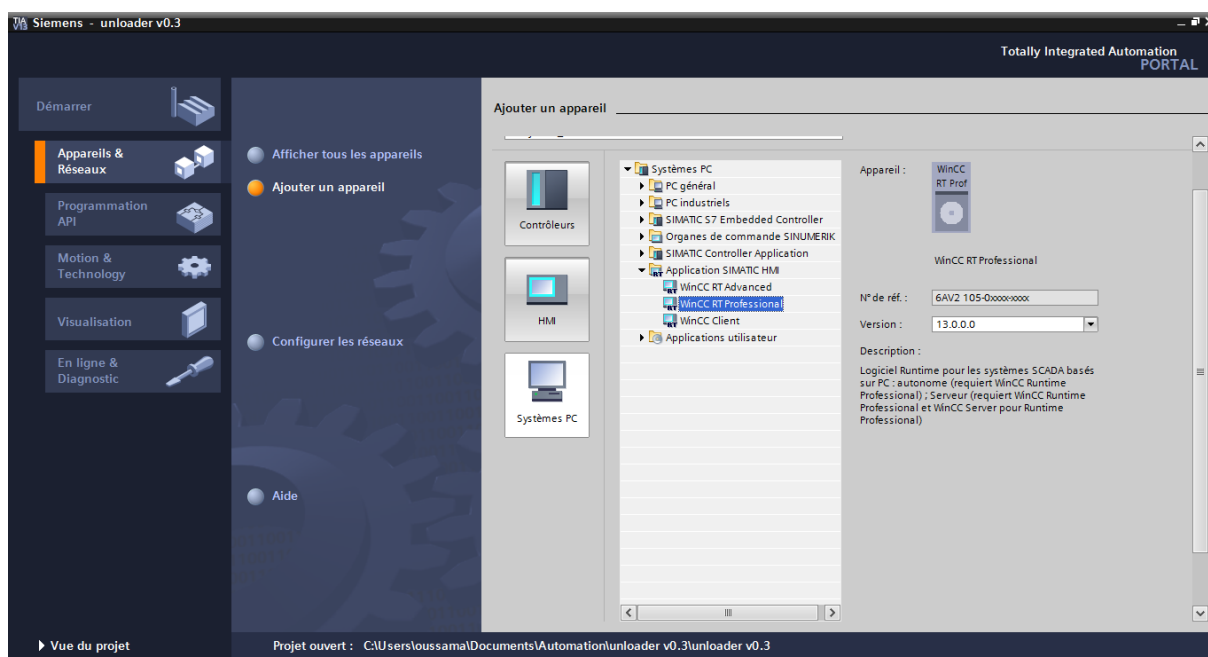
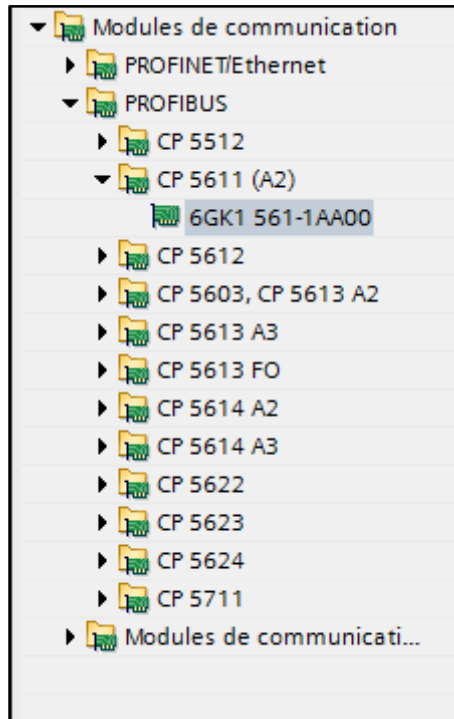


Figure 3.12 Création du WINCC professionnel

Après la sélection du WINCC RT Professionnel, on doit établir la liaison entre le WINCC et le CPU d'api s7-312C.

Pour établir cette liaison, on doit ajouter un module de communication pour la station PC SIMATIC.



**Figure 3.13** Module de communication CP 5611

On a choisir le module CP 5611 (A2), en utilisant ce module on est capable de créer un réseau MPI entre les deux appareils.

- Spécifications techniques [19] :
  - ✓ Taux de transfert : 9.6 Kbps ~ 12 MBPS, correspondant à la distance de communication maximale de la norme PROFIBUS.
  - ✓ Interface : connexion PROFIBUS/MPI/PPI.
  - ✓ Tension d'isolement : 1000VDC.
  - ✓ Depuis la protection contre les surintensités de récupération : les ports RS485 peuvent supporter une tension jusqu'à 60 v causée par une surintensité.
  - ✓ Connecter PG/PC : emplacement standard PCI2.1.
  - ✓ Tension Standard : + 5VDC.
  - ✓ Consommation électrique : 2.0 W.

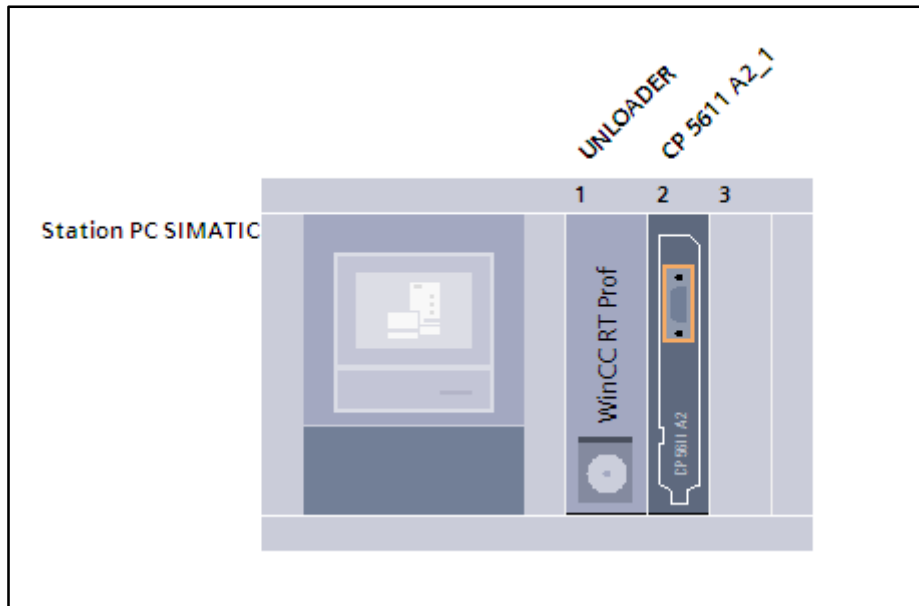


Figure 3.14 Vue de la station PC SIMATIC

Après le choix du module de communication, c'est le temps d'établir la communication entre les deux appareils.

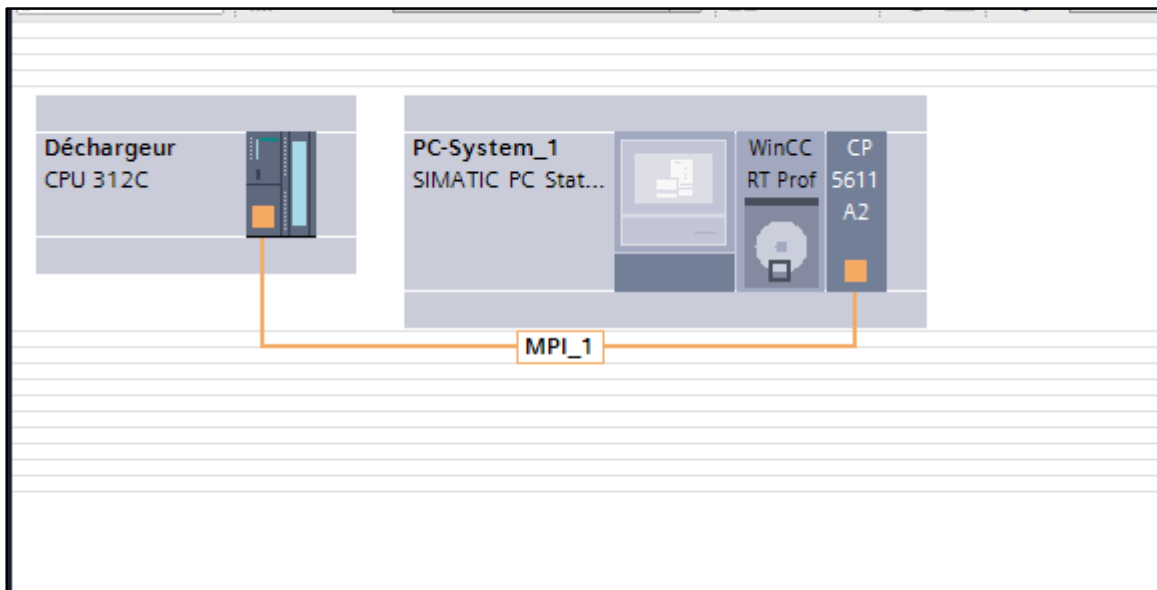


Figure 3.15 Réseaux MPI

**b) Création de la vue**

Après la configuration de la liaison, maintenant on doit créer la vue qui va apparaître à l'opérateur.



Le rôle de la supervision du déchargeur est d'offrir la possibilité à l'opérateur pour changer le mode de fonctionnement, du mode manuel vers le mode automatique et vice versa. Aussi elle est pour but de compter et d'afficher le nombre de cartes dans le magasin, ainsi elle contient les lampes d'alarmes.

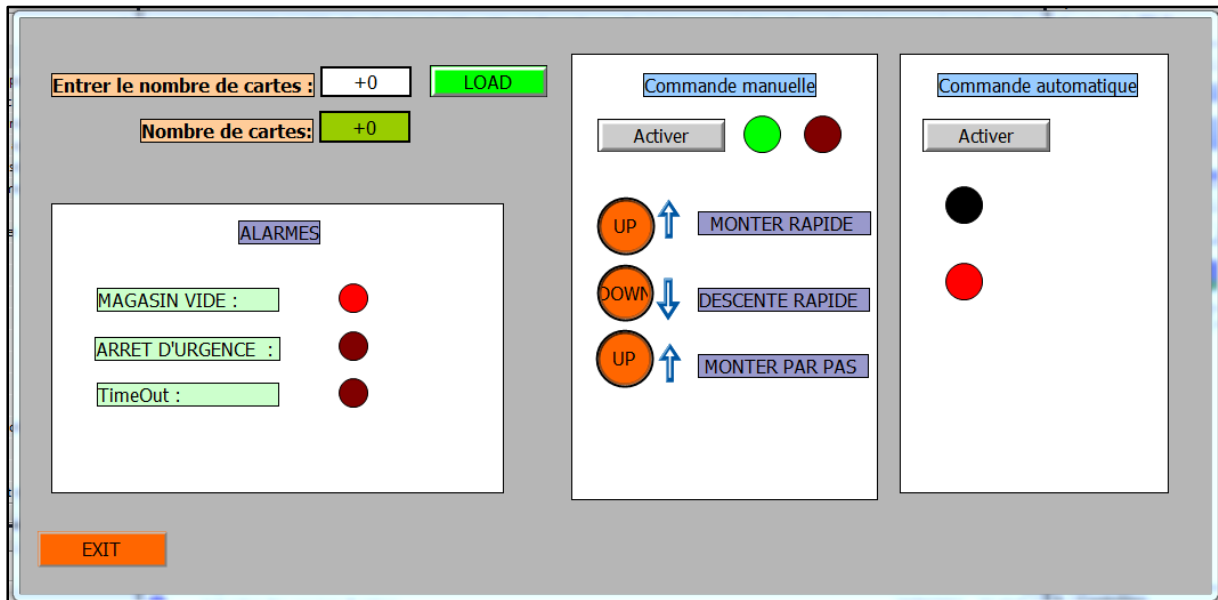


Figure 3.16 Création de la vue

### 3.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons choisi la station de commande de notre système, ainsi nous avons développé le programme qui gère la machine. Après la création du programme nous avons créé une solution pour surveiller et contrôler le système par un système SCADA.

## Conclusion générale

---

L'automatisation permet d'augmenter les cadences de production. L'automatisation devient incontournable pour la réalisation de tâches simples, en moyenne et grande série. Ce qui explique le fort taux d'automatisation dans les industries de l'électroménager ou de l'automobile entre autres.

Le projet s'inscrit dans ce contexte et a pour but de développer un nouveau système qui charge les cartes PCB dans la ligne de production SMT située à BOMARE COMPANY. Les objectifs principaux de ce projet sont d'Effectuer la conception, et la mise au point d'un nouveau système déchargeur de la ligne de production SMT, dont le cahier des charges devra répondre aux contraintes techniques, environnementales, financières, et pédagogiques, et en corrigeant tous les causes de dysfonctionnement et les inconvénients du déchargeur actuellement à BOMARE.

BOMARE COMPANY a lancée un projet de développer d'un nouveau système qui charge les cartes PCB dans la ligne de production SMT. Ce projet qui a duré six mois, a permis d'étudier le fonctionnement d'une ligne de production SMT, ainsi de découvrir un nouveau protocole de communication qui est le protocole SMEMA. L'étude de ces éléments a permis aussi l'élaboration d'un cahier de charges fonctionnelles d'un nouveau système déchargeur adapté à l'environnement spécifique de l'atelier.

Le développement du déchargeur a été réalisé suivant ce cahier de charges, et il a abouti à un système et une simulation qui ont démontrés que le déchargeur est opérationnel et réalise les fonctions souhaités.

Sur un plan plus personnel, ce projet nous a permis de consolider et de développer nos connaissances techniques sur les API, la carte ARDUINO et le monde industriel en particulier. La programmation des automates, la réalisation de structure mécanique ont été un défi pour nous. Nous n'avons compris sa complexité que lorsque nous avons approfondi nos connaissances sur ce projet. Ce projet a également été l'occasion pour nous d'échanger nos idées et le résultat de notre travail avec de nombreux spécialistes.

### Bibliographie

[1] : BOMARE COMPANY. (s.d.). Récupéré sur bomarecompany.com:

<https://www.bomarecompany.com/about.php>

[2] : BOMARE COMPANY Récupéré sur fr.linkedin.com/company/bomarecompany

[3] : Stream systeme Récupéré sur streamsystem.com

[4] : [https://streamsystem.com/activite\\_mondiale.php](https://streamsystem.com/activite_mondiale.php)

[5] : <https://www.dzadvisor.com/listing/sarl-bomare-company-stream-system-11794>

[6] : kickmaker.fr: <https://www.kickmaker.fr/blog/ligne-smt/#assemblage-pcb-smt>

[7] : SMEMA Interface Standard 1.2 Récupéré sur :

<http://www.dynamixtechnology.com/docs/smema1.2.pdf>

[8] : IPC-SMEMA-9851 Récupéré sur :

<http://ocmmanufacturing.com/wp-content/uploads/2016/01/IPC-SMEMA-9851.pdf>

[9] : <https://www.renishaw.fr/fr/quest-ce-quun-palpeur--32937>

[10] : <http://moteurindustrie.com/moteurs-pas-a-pas/technique/51-le-moteur-pas-a-pas-a-reluctance-variable-.html>

[11] : Livre Automatismes final Récupéré sur :

<https://fdocuments.fr/document/automatismes-final.html>

[12] : Livre Bolton, William Charles Souldard, Hervé, Automates programmables industriels - Dunod, L'Usine nouvelle (2015)

[13] : [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/8860591/att\\_105768/v1/HB\\_CPU312I\\_FM\\_bis\\_318-2DP\\_F.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/8860591/att_105768/v1/HB_CPU312I_FM_bis_318-2DP_F.pdf)

[14] : <https://www.makerspaces.com/wp-content/uploads/2017/02/Arduino-For-Beginners-REV2.pdf>

## Bibliographie

---

[15] : <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>

[16] : [Paul Horowitz & Winfield Hill](#), Traité de l'électronique analogique et numérique, Elektor/Publitronic, Roissy 1996, ([ISBN 978-2-86661-071-5](#)), Vol 2, Chapitre 9

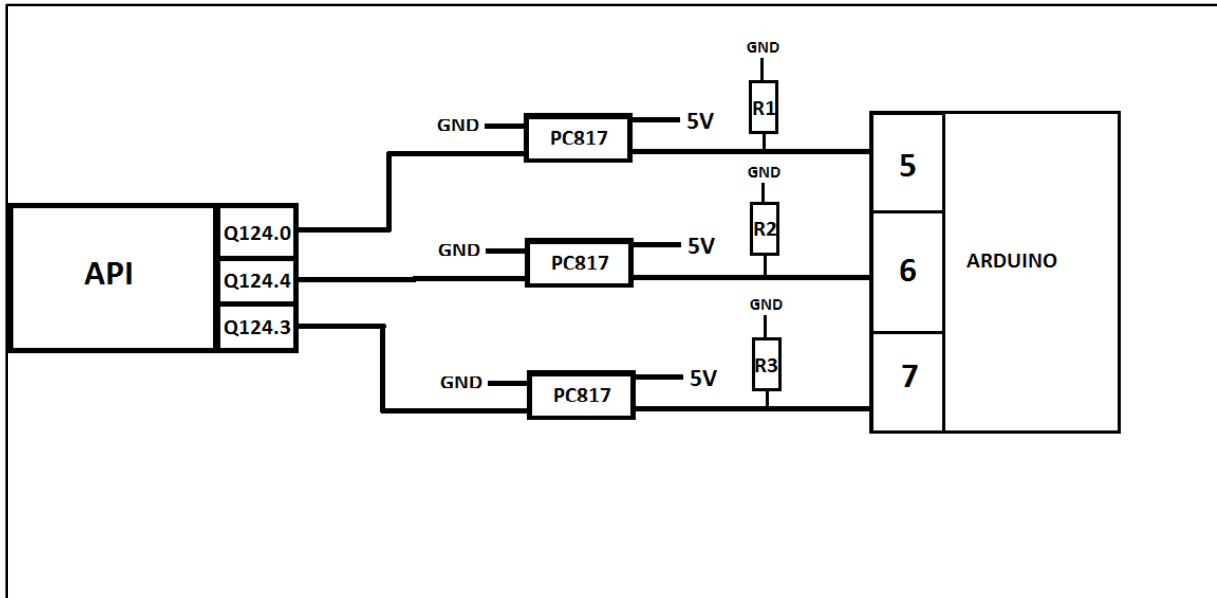
[17] : [https://fliphtml5.com/iukdm/hqyh/basic#google\\_vignette](https://fliphtml5.com/iukdm/hqyh/basic#google_vignette)

[18] : <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/scada/simatic-wincc-professional-rt.html>

[19] : <https://www.datasheetarchive.com/cp%205611%20a2-datasheet.html>

Annexes

Câblage entre l'API et l'ARDUINO



Câblage entre l'ARDUINO et le driver ST330

