

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Automatique

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en automatique

Conception d'une machine d'assemblage automatique

Zineb FELOULI
Abdelhakim OUBRAHAM

Sous la direction de **M. Omar STIHI**

Présenté et soutenu publiquement le (09/09/2018)

Composition du jury :

| | | |
|-----------|-------------------------|---------------------|
| Président | M. R. ILLOUL | ENP |
| Promoteur | M. Y. GUEDDOUCHE | BMS ELECTRIC |
| Encadreur | M. O. STIHI | ENP |
| Examineur | M. D. SAIDI | ENP |

ENP 2018

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Automatique

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en automatique

Conception d'une machine d'assemblage automatique

Zineb FELOULI
Abdelhakim OUBRAHAM

Sous la direction de **M. Omar STIHI**

Présenté et soutenu publiquement le (09/09/2018)

Composition du jury :

| | | |
|-----------|-------------------------|---------------------|
| Président | M. R. ILLOUL | ENP |
| Promoteur | M. Y. GUEDDOUCHE | BMS ELECTRIC |
| Encadreur | M. O. STIHI | ENP |
| Examineur | M. D. SAIDI | ENP |

ENP 2018

ملخص

تحسنت أتمتة العمليات الصناعية بشكل ملحوظ هذا القطاع في العقود الأخيرة. ويمكن الآن أن يعهد العمل الذي يتطلب عملاً يدوياً إلى آلات فعالة بشكل لا يصدق. ونتيجة لذلك، فإن معظم شركات التصنيع تتطلع الآن إلى أتمتة عمليات إنتاجها. من أجل تحقيق هذا النوع من المشاريع، فإن الشركات لديها الخيار للقيام بذلك بأنفسها أو تختار الدخول في شراكة مع شركة تكامل (شركة هندسية، مكتب تصميم، استشارات، جامعة...). وفي هذا السياق، نشأت شراكة بين الشركة الجزائرية شرض زلتر ومدرسة العلوم التطبيقية الوطنية. طلبت الشركة المتخصصة في تصنيع المعدات الكهربائية من المدرسة أن تعمل على أتمتة طريقة إنتاجها. المشروع المقدم هو تصنيع آلة التجميع الأوتوماتيكية التي ستحل في نهاية الأمر محل إجراءات التجميع اليدوي التي يتم تنفيذها حالياً، والتي تولد الكثير من المشاكل الفنية واللوجستية للشركة. وهذا يؤخرها في أهدافها الإنتاجية ويعوق زخمها في التنافس. تتبع هذه الوثيقة دراستنا لتصميم الماكينة، بالإضافة إلى الجوانب المختلفة لإدراكها.

Abstract

Industrial process automation has significantly improved this sector in recent decades. Work that once required manual labor can now be entrusted to incredibly efficient machines. As a result, most manufacturing companies are now looking to automate their production processes.

For the realization of this kind of project, companies have the choice to do it themselves or choose to enter into a partnership with an integrator (engineering company, design office, consulting, university ...). It is in this context that a partnership between the Algerian company BMS Electric and the national polytechnic school was born. The company, specialized in the manufacture of electrical equipment has solicited the school to automate its mode of production.

The project presented is the manufacture of an automatic assembly machine that will eventually replace the manual assembly procedure currently being implemented, which generates a lot of technical and logistical problems for the company. This delays it in its production objectives and hinders its momentum of competitiveness. This document traces our study for the design of the machine, as well as the different aspects of its realization.

Key words : Automation, Automatic machine, assembly process.

Résumé

L'automatisation des procédés industriels a considérablement améliorée ce secteur au cours des dernières décennies. Les travaux qui nécessitaient autrefois du travail manuel peuvent maintenant être confiés à des machines incroyablement efficaces. Par conséquent, la plupart des sociétés manufacturières cherchent aujourd'hui à automatiser leurs processus de production.

Pour la réalisation de ce genre de projet, les entreprises ont le choix de le faire elles-mêmes ou choisir d'engager un partenariat avec un intégrateur (société d'ingénierie, bureau d'étude, conseil, université...). C'est dans ce contexte qu'un partenariat entre l'entreprise Algérienne BMS Electric et l'école nationale polytechnique est né. L'entreprise, spécialisée dans la fabrication d'appareillage électrique a sollicité l'école pour automatiser son mode de production.

Le projet présenté est la fabrication d'une machine d'assemblage automatique qui remplacera à terme la procédure d'assemblage manuelle mise en œuvre actuellement, et qui génère beaucoup de problème de type technique et logistique à l'entreprise. Ce qui la retarde dans ses objectifs de production et la freinent dans son élan de compétitivité. Le présent document retrace notre étude pour la conception de la machine, ainsi que les différents aspects de sa réalisation.

Mots clés : Automatisme, Machines automatiques, Processus d'assemblage,

A nos parents

REMERCIEMENTS

Avant tous, nous remercions Dieu, le tout puissant de nous avoir donnés le courage, la patience et la force durant toutes ces années d'étude. Nous remercions aussi nos parents, qui nous ont soutenus tout au long de nos études.

Les travaux présentés dans cette thèse ont été effectués au sein de l'entreprise BMS ELECTRIC.

Nous remercions notre encadrant, Monsieur Omar STIHI et notre promoteur Monsieur Yazid GUEDDOUCHE pour leurs conseils et leurs soutiens tout au long de la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements vont aussi à toute l'équipe de BMS ELECTRIC.

Nous tenons à remercier vivement Monsieur Rachid ILLOUL, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, pour nous avoir faits l'honneur d'accepter d'examiner ce travail et de présider le jury.

Que Monsieur Djamel SAIDI, Maître de Conférences à l'ENP, trouve ici l'expression de nos sincères remerciements pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de l'examiner.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

Table des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

| | |
|---|-----------|
| Introduction générale | 11 |
| 1 présentation du projet et du contexte | 13 |
| 1.1 introduction | 13 |
| 1.2 Contexte | 13 |
| 1.3 Le projet | 14 |
| 1.4 Le produit | 15 |
| 1.5 Le cahier des charges | 16 |
| 1.6 conclusion | 16 |
| 2 État de l'art sur les machines d'assemblage automatique | 17 |
| 2.1 Introduction | 17 |
| 2.2 Histoire | 17 |
| 2.3 Généralité sur les procédés d'assemblage | 18 |
| 2.3.1 Machine mono-poste et machine multi-station | 19 |
| 2.3.2 Les différentes configurations des machines d'assemblage multi-stations | 20 |
| 2.3.3 Choix entre la table rotative et la table linéaire | 21 |
| 2.4 Étude des machines d'assemblage automatique selon le formalisme SADT | 22 |
| 2.4.1 Description d'un processus d'assemblage | 22 |
| 2.4.2 Description des fonctions | 23 |
| 2.5 Conclusion | 27 |
| 3 Solution proposée | 28 |
| 3.1 introduction | 28 |
| 3.2 Division du processus d'assemblage en deux | 28 |
| 3.3 conclusion | 29 |
| 4 configuration de la machine | 30 |
| 4.1 introduction | 30 |
| 4.2 Configuration de la machine | 30 |
| 4.3 Séquence d'assemblage | 30 |
| 4.4 Porte-pièces | 31 |
| 4.5 Disposition des stations et Contrôle qualité | 34 |
| 4.6 Conclusion | 35 |
| 5 Analyse fonctionnelle solutions Techniques | 36 |
| 5.1 Introduction | 36 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.2 | Transfert des portes-pièces entre les stations | 37 |
| 5.3 | Stockage et distribution du bornier et du contact terre | 40 |
| 5.4 | Transport du bornier et du contact terre, des stations à la table d'assemblage | 41 |
| 5.5 | Sertissage de l'assemblage | 42 |
| 5.6 | conclusion | 44 |
| 6 | Conception Mécanique de la Machine | 45 |
| 6.1 | Introduction | 45 |
| 6.2 | Station 01 | 45 |
| 6.3 | Station 02 et 04 | 49 |
| 6.4 | Station 05 | 49 |
| 6.5 | Station 06 et 07 | 52 |
| 6.6 | Station 08 | 55 |
| 6.7 | Conclusion | 57 |
| 7 | Commande de la machine | 58 |
| 7.1 | Introduction | 58 |
| 7.2 | Choix de l'automate | 58 |
| 7.3 | Commande de la table tournante | 59 |
| 7.3.1 | câblage | 60 |
| 7.3.2 | Paramétrage | 63 |
| 7.4 | Commande du moteur pas à pas | 66 |
| 7.4.1 | Câblage | 66 |
| 7.4.2 | Paramétrage et programmation | 68 |
| 7.5 | commande de la sertisseuse | 69 |
| 7.6 | Le Homing | 70 |
| 7.7 | dimensionnement des protections | 71 |
| 7.7.1 | Protection contre les courts-circuits | 71 |
| 7.7.2 | Protection contre les surcharges | 72 |
| 7.7.3 | Protections des équipements de la machine | 72 |
| 7.7.4 | Calibre des disjoncteur | 73 |
| 7.8 | L'écran de contrôle et de supervision | 74 |
| 7.9 | Grafcet | 78 |
| 7.10 | conclusion | 83 |
| | Conclusion générale | 84 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Avantages et inconvénients des systèmes mécaniques à came | 25 |
| 2.2 | Avantages et inconvénients des systèmes servomoteurs | 26 |
| 2.3 | Avantages et inconvénients des systèmes pneumatiques | 26 |
| 6.1 | Bilan du matériel de la station 01 | 46 |
| 6.2 | Bilan du matériel des stations 02 et 04. | 49 |
| 6.3 | Bilan du matériel utilisé a la station 05 | 50 |
| 6.4 | Bilan matériel nécessaire à la conception de la station | 55 |
| 6.5 | Bilan du matériel de la station 08 | 55 |
| 7.1 | réglage du paramètre PUL/REV | 69 |
| 7.2 | consommation énergétique des différents dispositifs de la machine | 73 |

Table des figures

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Structure du document | 12 |
| 1.1 | quelques produits commercialisés par BMS Electric | 14 |
| 1.2 | fiche électrique mâle (modèle D071) | 15 |
| 1.4 | composants constitutifs de la fiche | 15 |
| 1.5 | Cahier des charges | 16 |
| 2.1 | machine d'assemblage monoposte | 19 |
| 2.2 | Table d'assemblage rotative | 20 |
| 2.3 | Table d'assemblage linéaire | 21 |
| 2.4 | Table d'assemblage hybride | 21 |
| 2.5 | description fonctionnelle d'une machine d'assemblage | 22 |
| 2.6 | bol vibrant + chemin linéaire vibrant | 24 |
| 2.7 | assemblage synchronisé en ligne | 25 |
| 2.8 | chrono-gramme des opérations d'assemblage | 25 |
| 2.9 | système de transfert par came | 26 |
| 2.10 | système de transfert pneumatique | 27 |
| 3.1 | Assemblage produit par la première machine | 28 |
| 3.2 | assemblage produit par la deuxième machine | 29 |
| 3.3 | Produit fini | 29 |
| 4.1 | cavité du porte-mécanisme chargé d'accueillir le bornier. | 31 |
| 4.2 | partie fixe du porte-pièces | 32 |
| 4.3 | partie mobile du porte-pièces | 32 |
| 4.4 | porte-pièces en position de repos | 32 |
| 4.5 | porte-pièces en position d'insertion | 32 |
| 4.6 | Positionnement du bornier | 33 |
| 4.7 | Bornier en position | 33 |
| 4.8 | Positionnement du porte-mécanisme | 33 |
| 4.9 | Action sur la partie mobile pour insérer le bornier | 33 |
| 4.10 | Bornier correctement inséré | 33 |
| 4.11 | deux porte-pièces en juxtaposition | 34 |
| 4.12 | espace dédié à l'opérateur | 34 |
| 4.13 | la séquence des opérations d'assemblage sur la machine | 35 |
| 5.1 | | 36 |
| 5.2 | | 37 |
| 5.3 | came globoïde | 37 |
| 5.4 | loi de mouvement trapézoïdale modifiée | 37 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.5 | Chaîne de transmission mécanique | 38 |
| 5.6 | mouvement engendré par une rotation de l'arbre d'entrée de la came | 38 |
| 5.7 | Uklip af User tablen i Databasen | 38 |
| 5.8 | | 40 |
| 5.9 | bol vibrant | 40 |
| 5.10 | | 41 |
| 5.11 | bras manipulateur pour le positionnement du bornier et du contact terre | 42 |
| 5.12 | | 42 |
| 5.13 | Diagramme contrainte-déformation d'un matériau solide | 43 |
| 5.14 | effort appliqué sur la tête du bornier | 44 |
| 6.1 | Vue globale de la première station | 45 |
| 6.2 | Vue détaillée de la première station | 47 |
| 6.3 | Vue de près de la première station | 47 |
| 6.4 | séquence des opérations effectuées sur la première station | 49 |
| 6.5 | Vue globale de la station 5 | 50 |
| 6.6 | Vue de près de la station 5 | 51 |
| 6.7 | vue globale des stations de sertissage | 52 |
| 6.8 | effort appliqué sur la tête du bornier pour la déformer. | 52 |
| 6.9 | sertisseuse | 53 |
| 6.10 | Etapas de operation de sertissage | 54 |
| 6.11 | Station d'éjection | 55 |
| 6.12 | Première capture de la machine | 56 |
| 6.13 | Seconde capture de la machine | 56 |
| 6.14 | troisième capture de la machine | 56 |
| 7.1 | Le FX3U-80MT | 58 |
| 7.2 | Le FX1N-14MT | 59 |
| 7.3 | AV5-H-4T 0.75G/1.5L | 60 |
| 7.4 | Schéma électrique de l'entraînement de la table tournante. | 61 |
| 7.5 | détail du câblage des entrées Multifonctionnelles Xi | 62 |
| 7.6 | principe d'un variateur de vitesse | 62 |
| 7.7 | principe de freinage par résistance | 63 |
| 7.8 | panneau de contrôle | 63 |
| 7.9 | profil de mouvement trapézoïdale. | 65 |
| 7.10 | Le système servo-stepper | 66 |
| 7.11 | schéma électrique de commande du servo-stepper | 67 |
| 7.12 | détail du câblage des entrées du Driver avec l'automate | 68 |
| 7.13 | utilisation de l'instruction PLSY | 69 |
| 7.14 | Commande de la sertisseuse | 70 |
| 7.15 | homing de la table tournante | 71 |
| 7.16 | homing de la première articulation du bras | 71 |
| 7.17 | schéma de dimensionnement des protections | 73 |
| 7.18 | Page d'accueil | 74 |
| 7.19 | Page du mode automatique | 74 |
| 7.20 | Page du mode manuel | 75 |
| 7.21 | Contrôle manuel de la station 1 | 75 |
| 7.22 | Contrôle manuel de la station 5 | 76 |
| 7.23 | Contrôle manuel de la station 6 | 76 |

| | | |
|------|---|----|
| 7.24 | Contrôle manuel de la station 7 | 76 |
| 7.25 | Contrôle manuel de la station 8 | 77 |
| 7.26 | Contrôle manuel de la table | 77 |
| 7.27 | Contrôle manuel du stepper de la station 01 | 77 |
| 7.28 | Paramétrage du mode automatique | 78 |
| 7.29 | Grafcet de la machine | 79 |
| 7.30 | Grafcet du système de distribution des borniers | 80 |
| 7.31 | Grafcet du système de distribution des contact terre | 80 |
| 7.32 | Grafcet du manipulateur de la station 01. pour la condition M8029.NOT(X0) voir la partie commande du stepper. | 81 |
| 7.33 | Grafcet du manipulateur de la station 05. pour la condition M8029.NOT(X1) voir la partie commande du stepper. | 82 |
| 7.34 | Grafcet de contrôle de la sertisseuse à la station 06 | 83 |
| 7.35 | contrôle de la station d'éjection | 83 |

Introduction générale

Introduction générale

La technologie d'automatisation industrielle s'est améliorée considérablement au cours des dernières décennies. Les travaux qui nécessitaient autrefois du travail manuel peuvent maintenant être confiés à des robots incroyablement efficaces. Non seulement ces machines automatisées peuvent faire le travail plus vite que les ouvriers, mais elles le font avec plus de précision et de cohérence que les techniques manuelles ne peuvent espérer égaler.

Aujourd'hui, la plupart des sociétés manufacturières cherchent à automatiser leurs processus de production. Cependant, pour garantir une introduction réussie de ces machines, il importe de maîtriser les technologies d'automatisations, et de suivre un processus structuré, garant de succès.

Pour la réalisation de ce genre de projet, les entreprises ont le choix de le faire elles-mêmes si elles disposent des ressources et des compétences en interne. Elles peuvent également choisir d'engager un partenariat avec un intégrateur (société d'ingénierie, bureau d'étude, conseil, université...) pour bénéficier au maximum des compétences d'un point de vue technique, économique et humain.

C'est dans ce contexte qu'un partenariat entre l'entreprise Algérienne BMS Electric et l'école nationale polytechnique est né.

L'entreprise, spécialisée dans la fabrication d'appareillage électrique s'est présentée à l'école et a proposé une collaboration visant à automatiser son mode de production.

Le projet présenté est la fabrication d'une machine d'assemblage automatique qui remplacera à terme la procédure d'assemblage manuelle mise en œuvre actuellement, et qui génère beaucoup de problème de type technique et logistique à l'entreprise. Ce qui la retarde dans ses objectifs de production et la freinent dans son élan de compétitivité.

Ce partenariat a été mis en œuvre dans le cadre des projets de fin d'études des étudiants du département d'automatique. Et ce travail représente notre contribution à cette collaboration.

Le présent document retrace notre étude pour la conception de la machine, ainsi que les différents aspects de sa réalisation.

Ce mémoire est organisé en sept chapitres, **le premier** est consacré à la présentation du projet, son origine et son but. Conjointement, il fixe le cadre dans lequel s'est déroulée la conception, et énonce le cahier des charges fixé par la société.

Un état de l'art des machines d'assemblages automatiques comprenant une analyse multicritère de ces systèmes ainsi qu'une étude fonctionnelle a été réalisée au **deuxième chapitre**.

Le troisième chapitre marque le début de la résolution du problème à proprement parlé. Une proposition concernant la division du processus d'assemblage en deux parties a été présentée et adoptée.

Une étude globale de la machine comportant sa configuration, une analyse fonctionnelle des besoins, ainsi qu'un examen des solutions techniques capables d'y répondre a été réalisée **au quatrième et cinquième chapitre**.

Une représentation en 3 dimensions de la machine a ensuite été réalisée sous le logiciel SolidWorks. Et présentée **au sixième chapitre**.

Les fonctions d'alimentation, de puissance et de contrôle, de la machine ont été traités **au septième chapitre**. Un Grafset a aussi été dressé. Il permet d'illustrer de manière claire le fonctionnement du système.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale résumant tous les résultats obtenus.

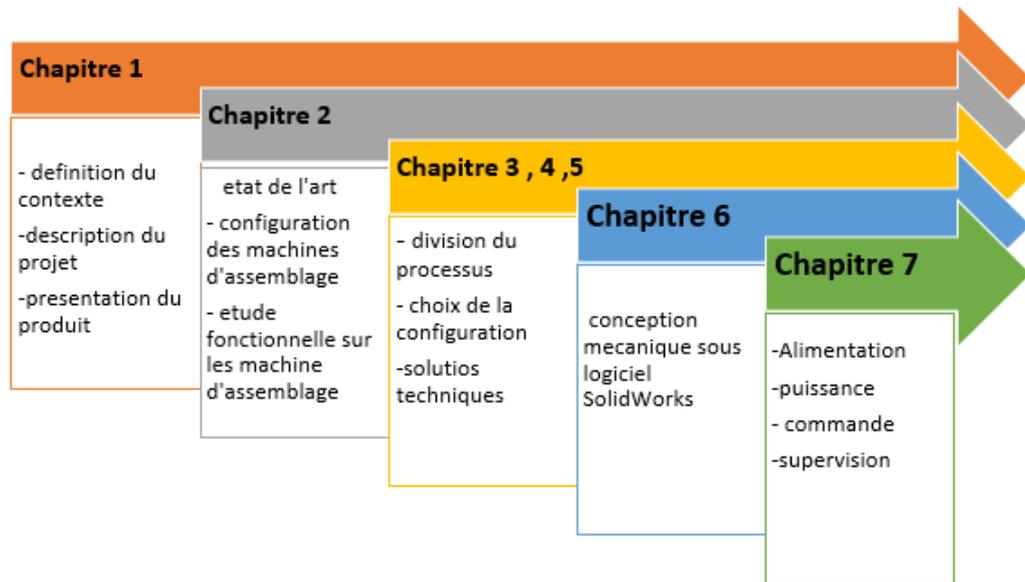


FIGURE 1 – Structure du document

Chapitre 1

présentation du projet et du contexte

1.1 introduction

Ce chapitre comporte une présentation du projet et du contexte, ainsi qu'une copie du cahier des charges donné par la société.

1.2 Contexte

Le projet porté par ce travail de fin d'études est le témoin d'une progression dans le monde de l'industrie en Algérie. Plus particulièrement, il est représentatif d'une évolution dans le système de production de la société BMS Electric.

Définition

Automatisation : l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non Seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.[8]

Dans le contexte actuel de compétitivité mondiale, les industriels sont de plus en plus contraints par la modernisation de leurs outils de production. L'automatisation s'est ainsi naturellement imposée pour les productions en grandes séries durant lesquelles le travail à réaliser est répétitif et/ou les temps de cycle sont primordiaux. C'est dans l'optique de s'adapter à ces changements dans les méthodes de production, et de rester compétitive que ce projet porté par la société BMS Electric est né.

Le but de cette société est de réussir une automatisation complète de ses processus de fabrication, pour être en adéquation avec les grands volumes de production exigés par le marché. C'est pourquoi, elle a profité de l'opportunité générée par ce travail de fin d'étude pour l'automatisation du procédé d'assemblage d'un de leurs produit fard qui est jusqu'ici assembler manuellement.

BMS Electric est une société algérienne créée en 2001, spécialisé dans la fabrication des appareillages électriques et accessoires. Avec une capacité globale de production de 130.000 appareils par jour. Elle fournit une gamme variée de produits certifiés par un laboratoire international pour leurs qualités. Elle s'est très rapidement promue au rang de leader au niveau national couvrant 90% du marché, et exportant dans plusieurs pays étrangers. Elle est aussi Complètement indépendante dans la fabrication de ses appareils, car elle assure seule tout le processus de fabrication, elle dispose pour ce faire de chaînes modernes conçues spécialement pour l'injection plastique, le moulage, le séchage et toutes les opérations annexes jusqu'à la finition et l'assemblage du produit. La

figure 1.1 illustre quelques produits commercialisés par la société.[10]



FIGURE 1.1 – quelques produits commercialisés par BMS Electric

1.3 Le projet

Les consignes du projet sont simples : automatiser une opération de production qui consiste à assembler les différentes pièces d'une fiche électrique male que commercialise la société.

La technique d'assemblage mise en œuvre actuellement pour ce produit est manuelle, et génère beaucoup de problèmes de type technique et logistique parmi lesquels on peut citer :

- Un taux de production insatisfaisant
- Un coût de production élevé lié à la main d'œuvre
- Nombre important de pièces défectueuses
- Contrôle de qualité insatisfaisant
- Des problèmes de gestion de la main d'œuvre comme l'absentéisme...etc

Les avantages que peut apporter une automatisation sont nombreux on peut citer :

- La réduction des coûts de production : un retour sur investissement rapide permet de compenser les coûts initiaux d'installation.
- Optimisation des temps de cycle des pièces : La machine peut fonctionner plus longtemps et plus rapidement, ce qui augmente les taux de production.
- Amélioration de la fiabilité : les tâches effectuées sur une machine automatisée sont précises et reproductibles à l'identique, ce qui assure que tous les produits sont fabriqués avec les mêmes spécifications et qu'ils auront la même qualité.
- Demeurer compétitif : la réduction des délais de livraison et les coûts de production sont des éléments

qui attirent les clients. L'automatisation permet, justement, d'atteindre un rapport qualité/prix très avantageux.

1.4 Le produit

Le produit à assembler est la fiche électrique mâle 2p+t 16A (2 pôles + terre, 250V/16 A). Il s'agit du modèle D071 de la série Douille Fisler que commercialise la société. représentée à la figure 1.2.



FIGURE 1.2 – fiche électrique mâle (modèle D071)

Elle est constituée de six pièces unitaires représentées à la figure 1.4

1. Un bornier
2. Un port-mécanisme
3. Deux broches de contact
4. Un serre-câble
5. Un contact terre
6. Un boîtier



(a) Bornier



(b) port-mécanisme



(c) broches de contact



(a) serre-câble



(b) contact terre



(c) boîtier

FIGURE 1.4 – composants constitutifs de la fiche

1.5 Le cahier des charges

Le cahier des charges synthétisant le but du projet et déterminant les éléments nécessaires à l'élaboration de la solution qui nous été remis par la société BMS Electric. est représenté a la figure 1.5

Généralement le cahier des charges représente le contrat de conception. Mais dans ce projet, ce document n'est pas aussi primordial que dans d'autres situations. Car le directeur technique chargé du suivie du projet restera en constante interaction avec nous pendant toute la durée du développement du système. Ce cahier des charges peut donc être modifié sans problème s'il juge que cela ne correspond plus exactement à ses besoins, ou si d'autre considérations rentrent en compte lors de la conception.

Cahier de Charge machine

Assemblage automatique

La machine automatique dont on souhaite le développement dans le cadre du partenariat BMS / école polytechnique est destinée à l'assemblage de l'article nommé fiche male D071.

Par souci de fiabilité maximum, le porte mécanisme et le boitier sont destinés à un assemblage manuel, en vue de leurs formes imposantes et complexes.

Le produit peut être assemblé sur une ou plusieurs machines (au maximum 3 machines).

Une machine doit obéir aux spécifications suivantes :

- Cadence de production 15pcs/min
- Surface occupée 4 mètre carrée au plus
- Nombre d'opérateur 1
- Simplicité d'emploi et entretien

FIGURE 1.5 – Cahier des charges

1.6 conclusion

L'objectif du projet est la réalisation d'une machine d'assemblage semi-automatique, mixant des dispositifs d'automatisation et des manipulateurs humains, avec un taux de production de 20 pièces par minute, et une surface qui n'excède pas 4 mètre carré.

Chapitre 2

État de l'art sur les machines d'assemblage automatique

2.1 Introduction

Ce chapitre est une étude sur les différents procédés d'assemblage mis en œuvre actuellement en industrie. Pour une meilleure compréhension de ces systèmes, un comparatif entre les différentes configurations existantes a été réalisée ainsi qu'une étude fonctionnelle détaillant les solutions techniques les plus répondues.

2.2 Histoire

La chaîne de montage a longtemps été considérée comme l'une des plus grandes innovations du 20ème siècle. Cela a façonné le monde industriel avec une telle force que les entreprises qui n'ont pas adopté cette pratique ont rapidement disparu. Ceci a été l'un des facteurs clés ayant contribué à l'intégration de l'automobile dans la société américaine.[9]

Le concept de la première chaîne de montage

Avant la révolution industrielle, les produits manufacturés étaient généralement fabriqués à la main, il était nécessaire qu'un artisan soit expert dans tous les aspects de la fabrication et de l'assemblage. Chaque expert crée ses propres parties de l'objet avec des outils simples, puis il les regroupe pour compléter le produit final.

Dès le 12ème siècle, les ouvriers de l'Arsenal de Venise ont produit des navires en les déplaçant dans un canal où ils étaient équipés de nouvelles pièces à chaque arrêt. Au cours de sa période la plus fructueuse, l'Arsenal vénitien pouvait compléter un navire chaque jour.

Eli Whitney et pièces interchangeables

Avec le début de la révolution industrielle, les machines ont commencé à exécuter des tâches qui nécessitaient autrefois des mains humaines. Avec l'utilisation de machines, des usines se sont installées pour remplacer les petites boutiques artisanales. Ce changement a été rendu possible par le concept de pièces interchangeables, une innovation conçue par Eli Whitney.

Le concept de pièces interchangeables a fait son apparition dans l'industrie des armes à feu lorsque le gendarme français Honoré Leblanc a préconisé l'utilisation de pièces de pistolet normalisées. Avant cela, les armes à feu étaient fabriquées individuellement à la main, de sorte que chaque arme était unique et ne pouvait pas être facilement réparée si elle était cassée. Un autre artisan européen avait des idées similaires. L'ingénieur naval anglais Samuel Bentham, a utilisé des pièces uniformes dans la production de poulies en bois pour les navires. Mais Ce n'est que lorsque Eli Whitney a introduit l'idée aux États-Unis que la pratique a pris son envol. Il a pu utiliser une importante main-d'œuvre non qualifiée et un équipement standardisé pour produire un grand nombre de pièces

identiques à moindre coût et rapidement. Il a également rendu la réparation et le remplacement de pièces plus facile.

Ransom Olds

Ransom Olds a créé et breveté la chaîne de montage en 1901. Le passage à ce processus a permis à son constructeur automobile d'augmenter sa production de 500% en un an. Le modèle Curved Dash a pu être produit à un taux exceptionnellement élevé de 20 unités par jour. La marque Oldsmobile avait alors la possibilité de créer un véhicule avec un prix bas, un assemblage simple et des fonctionnalités élégantes. Leur voiture était la première à être produite en grande quantité. La méthode d'assemblage Olds a été la première à être utilisée dans l'industrie automobile et a servi de modèle à Henry Ford.

Henry Ford

Henry Ford a amélioré le concept de la chaîne de montage en utilisant les plates-formes mobiles d'un système de convoyeur. Dans ce système, le châssis du véhicule était remorqué par une corde qui le déplaçait de station en station afin de permettre aux travailleurs de monter chaque pièce. En utilisant cette méthode, le modèle T pourrait être produit toutes les quatre-vingt-dix minutes, ou totaliser près de deux millions d'unités dans l'une de leurs meilleures années. Souvent crédité comme le père de la chaîne de montage, il serait plus approprié de l'appeler le père de la production de masse automobile

La production de masse et l'ère robotique

Au cours des années 1950 et 1960, des ingénieurs du monde entier ont expérimenté la robotique comme moyen de développement industriel. General Motors a installé son propre bras robotique pour aider à la chaîne de montage en 1961.

En 1969, Victor Scheinman, ingénieur à Stanford, a créé le Stanford Arm, un robot à 6 axes capable de déplacer et d'assembler des pièces en continu. Cette invention a étendu l'utilisation du robot d'une manière qui continue à être appliquée dans un assemblage moderne. À l'usine Philips Electronics aux Pays-Bas, la production est complétée par un certain nombre de bras de robot affectés à des tâches spécifiques.

Aujourd'hui, la robotique atteint un niveau de sophistication complètement nouveau. Des entreprises comme Rethink Robotics s'efforcent de développer des robots de fabrication adaptatifs capables de fonctionner à côté des humains ; Ces robots contribueraient à améliorer l'efficacité et à augmenter la productivité. En particulier, Rethink Robotics travaille à rendre leurs robots peu coûteux et conviviaux. Le robot Baxter de Rethink Robotics, lancé à l'origine en 2012, est constamment mis à niveau.

Unbounded Robotics a récemment lancé un robot appelé UBR-1, avec manipulation, intelligence et mobilité pour moins de 50 000 dollars. Il est proposé aux universités en tant que plateforme de recherche, similaire à Baxter, mais mobile. Le robot à un bras peut effectuer des tâches à taille humaine et propose des logiciels avancés et du matériel de pointe.

Il est évident que la robotique a déjà et continuera certainement à avoir une place dans le monde de la fabrication dans le futur, sinon dans d'autres domaines de la vie. Avec l'augmentation de la technologie que nous voyons chaque année, il y a de grandes choses à voir dans le domaine de la robotique dans un avenir proche.

2.3 Généralité sur les procédés d'assemblage

Le terme assemblage automatisé fait référence à l'utilisation de dispositifs mécanisés et automatisés pour effectuer les différentes tâches d'assemblage dans une chaîne ou une cellule d'assemblage.

Un système d'assemblage automatisé exécute une séquence d'opérations d'assemblage pour combiner plusieurs composants en une seule entité. Cette entité peut être un produit final ou un sous-ensemble dans un produit plus grand. Dans de nombreux cas, l'entité assemblée consiste en une pièce de base à laquelle d'autres composants

sont attachés. Les composants sont joints l'un après l'autre (généralement), et fixé entre eux de différentes façons. A la suite de ses opérations l'assemblage est terminé et le produit est retiré de la machine.

2.3.1 Machine mono-poste et machine multi-station

On retrouve deux grandes catégories de machine d'assemblage en industrie la machine mono poste, et la machine multi-station

Machine mono poste

Dans la machine d'assemblage monoposte. Les opérations d'assemblage sont effectuées sur une pièce de base en un seul endroit. Le cycle de fonctionnement type implique la mise en place de la pièce de base en position stationnaire sur le poste de travail, suivie de l'ajout de composants à la base. Et enfin le retrait de l'assemblage terminé de la station. Une application importante de l'assemblage à poste unique est la machine d'insertion de composants, largement utilisée dans l'industrie électronique pour alimenter des composants sur des cartes de circuits imprimés. Pour les assemblages mécaniques, la cellule monoposte est parfois sélectionnée comme application d'assemblage robotique de configuration. Les pièces sont introduites dans la station unique et le robot les ajoute à la pièce de base et effectue les opérations de fixation. Comparé aux autres types de systèmes, le système à une seule station est intrinsèquement plus lent, car toute les tâches d'assemblage y sont effectuées et une seule unité assemblée est complétée à chaque cycle. Ce système est illustré à la figure 2.1.

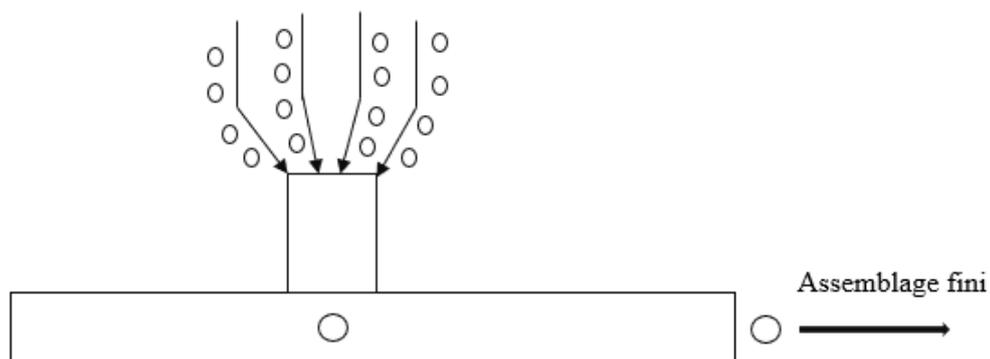


FIGURE 2.1 – machine d'assemblage monoposte

Machine multi-station

elle est composée de plusieurs stations, disposé d'une façon circulaire ou linéaire, un porte pièce sur lequel l'assemblage est réalisé, est transférée de station en station.

L'opération typique sur une station de travail consiste en l'ajout et/ou l'assemblage d'un composant dans un assemblage existant. L'assemblage existant est constitué d'une partie de base et des composants assemblés aux stations précédentes.

Les composants ajoutés doivent être de taille et de forme uniformes et orientés de manière cohérente. Lorsqu'un composant qui ne répond pas à cette description est joint, la station peut se bloquer. Lorsque cela se produit, le système entier s'arrête jusqu'à ce que le problème soit corrigé.

Ainsi, en plus des autres défaillances mécaniques et électriques qui interrompent le fonctionnement d'une chaîne de production, le problème des composants défectueux est celui qui affecte spécifiquement le fonctionnement d'un système d'assemblage automatique multi-stations.

En comparaison avec une machine d'assemblage monoposte avec le même nombre de tâches d'assemblage, un

système d'assemblage multi-stations à tendance à avoir un taux de production supérieure mais une efficacité de disponibilité inférieure.

Ce genre de système peut être complètement ou partiellement automatique, en effet Certaines opérations manuelles sont trop difficiles ou trop coûteuses à automatiser. Il n'est donc pas rare de trouver sur une même machine d'assemblage, des stations automatique et d'autre manuelle.

Pour finir, on peut dire que la machine multi-stations convient aux applications à haute production et longues séries de production.

2.3.2 Les différentes configurations des machines d'assemblage multi-stations

Il existe différentes configurations de machine d'assemblage. Ces configurations diffèrent par la manière dont sont disposé les stations d'assemblage. Ainsi Une machine d'assemblage en ligne est une machine dans laquelle les différentes pièces sont transférées en ligne le long d'une glissière droite, et une machine rotative est une machine dans laquelle les pièces sont transférées selon une trajectoire circulaire.

Avec les machines rotatives, le système de transfert ramène tour à tour l'assemblage sous les différentes stations, et l'assemblage du produit final est achevé pendant un tour de table. Ainsi, à la station appropriée, un produit terminé peut être retiré de la machine après chaque incrément de la table.

La machine d'assemblage en ligne fonctionne sur un principe similaire mais, dans ce cas, un produit terminé est retiré de la fin de la ligne après chaque pas. Il faut alors prévoir de renvoyer les empreintes vides au début de la ligne. Ce retour peut nécessiter un système adapté et peut aussi être réalisé sur le plan horizontal. Ce type de retour est plus simple mais nécessite une plus grande surface au sol. Il présente l'inconvénient que l'accès au différent postes de travail peut être difficile, cette configuration est appelée hydrique, car elle est entre le rotatif et le linéaire. Les différentes configurations citées sont illustrées par les figures 2.2 2.3 2.4.

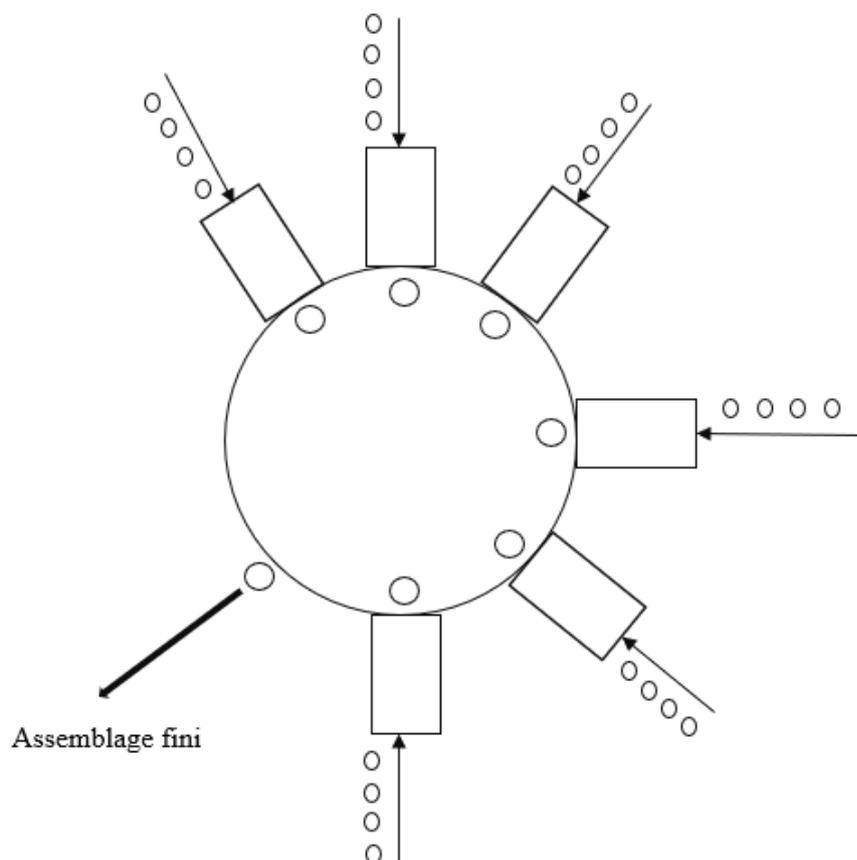


FIGURE 2.2 – Table d'assemblage rotative

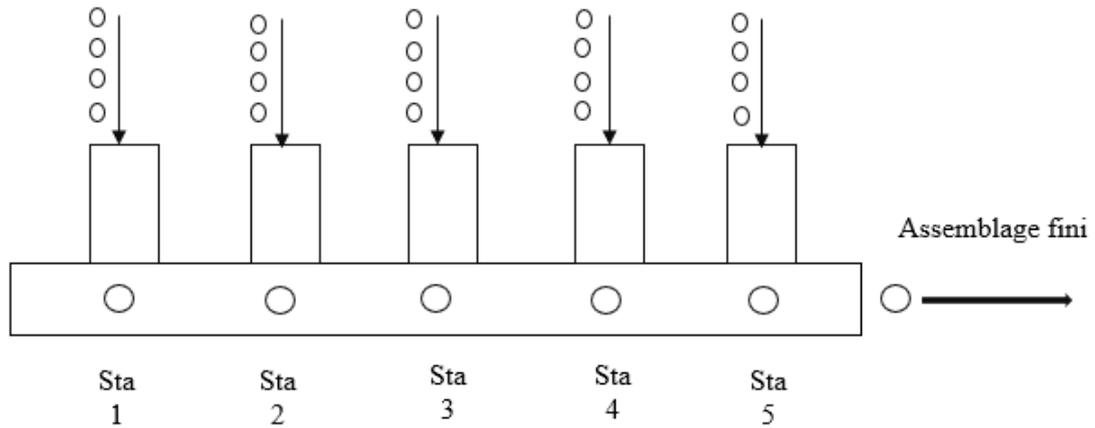


FIGURE 2.3 – Table d'assemblage linéaire

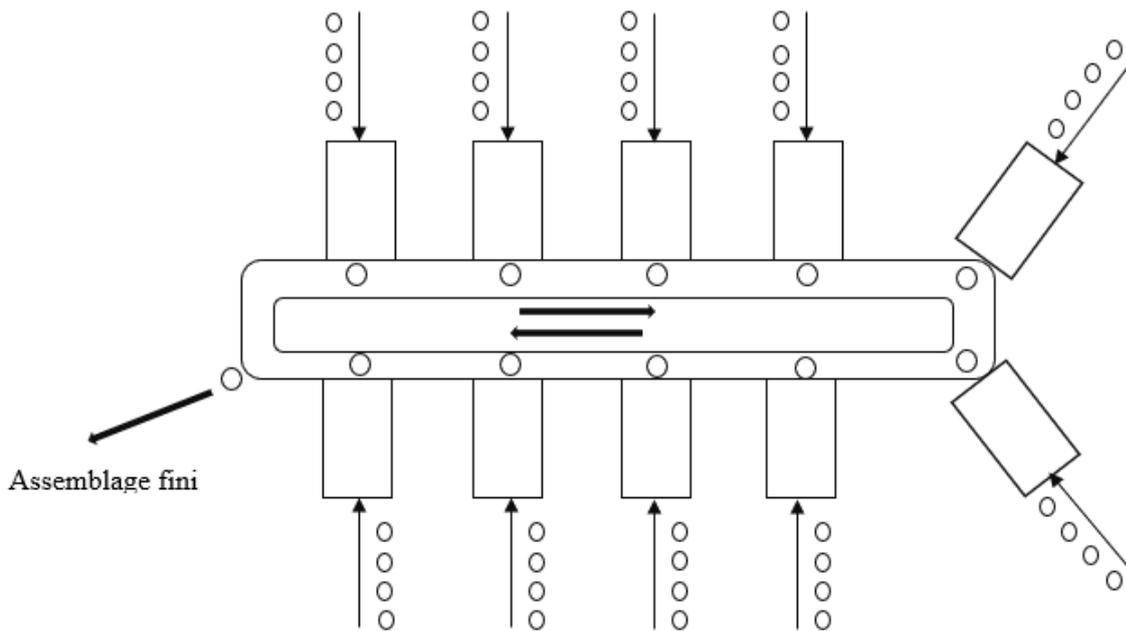


FIGURE 2.4 – Table d'assemblage hybride

2.3.3 Choix entre la table rotative et la table linéaire

Le choix entre la table linéaire ou rotative pour une application d'assemblage automatisée dépend principalement de la disponibilité de l'espace dans l'usine. Si l'atelier a des allées étroites par exemple, alors un système linéaire est probablement ce qui s'insère le mieux. Si en revanche on désire minimiser l'espace qu'occupera la machine, alors les systèmes rotatifs sont généralement plus compacts et seront mieux adaptés.

La plupart des produits assemblés sur des tables rotatives sont petits avec chaque tâche dans le processus d'assemblage prenant juste quelques secondes. En effet, une tâche complexe ou qui dure longtemps aura probablement besoin d'être supervisée ou assistée par un opérateur et le produit peut parfois même avoir besoin d'être testé à la sortie d'une station ce qui est ardu à réaliser dans une machine rotative contrairement à un convoyeur linéaire où l'opérateur est en face de la station en question et le produit est facilement accessible.

Les indexeurs rotatifs sont aussi préférables lorsque la machine à un petit nombre de stations. En général, les systèmes rotatifs sont préférables pour des assemblages simples de huit pièces ou moins sur 12 à 16 stations. Trente est approximativement le nombre maximum de stations à avoir sur un système rotatif avant qu'il ne devienne extrêmement grand et trop lourd.[6]

2.4 Étude des machines d'assemblage automatique selon le formalisme SADT

SADT (Structured Analysis and Design Technique) est une méthode ou un langage pluridisciplinaire de spécification fonctionnelle de systèmes. Cette méthode est souvent employée au préalable à la réalisation du schéma directeur. Pour mieux connaître la situation existante et dégager les fonctions souhaitées du système à concevoir. L'accent est porté sur la spécification des fonctions que le système doit remplir. Dans ce qui suit, une description du processus d'assemblage automatique est réalisée avec la méthode SADT. Le but est d'offrir une vision globale et synthétique du système en effectuant une analyse fonctionnelle et en ne retenant que les informations jugées essentiel à la compréhension.

2.4.1 Description d'un processus d'assemblage

Comme expliqué précédemment, dans une machine d'assemblage automatique, les différentes opérations de montage sont généralement effectuées sur des postes de travail distincts, disposés dans un ordre correspondant à la succession voulue des opérations. L'assemblage passe alors de station en station, et à la fin de la séquence, le produit fini est éjecté de la machine. Généralement dans une machine d'assemblage on retrouve :

- Un nombre de porte-pièce (sur les quels l'assemblage sera réalisé) au moins égale au nombre de station de la machine.
- Un dispositif de transfert sur et précis qui ramène les portes-pièces chargés de l'assemblage d'une station à une autre.
- Un dispositif d'alimentation et de distribution fiable, qui alimente les différentes stations en pièces unitaire et assure ainsi la continuité du processus.
- Dispositifs d'assemblages, selon la nature de l'assemblage (visseuse, sertisseuse. . .)item

Pour résumé, le bon déroulement d'une séquence et la fiabilité d'une machine d'assemblage reposent sur le bon déroulement des fonctions suivantes : Alimenter, Assembler, transférer. Comme illustré à la figure 2.5

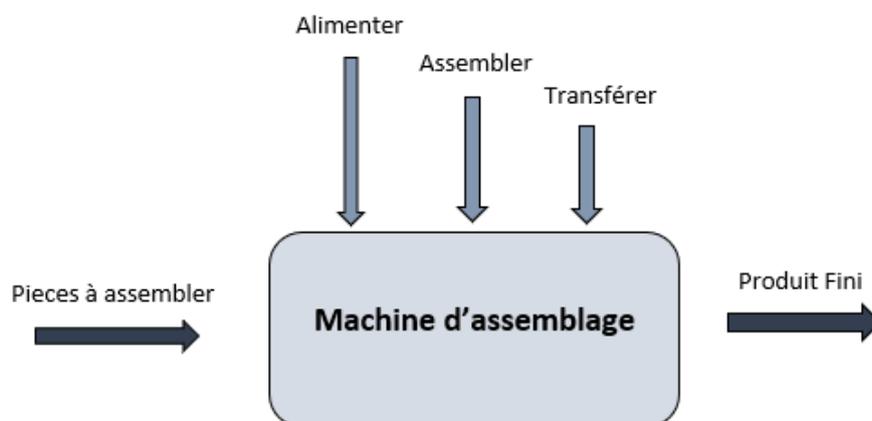


FIGURE 2.5 – description fonctionnelle d'une machine d'assemblage

2.4.2 Description des fonctions

Fonction Alimenter

Pour un bon fonctionnement et une autonomie de la machine, les différentes pièces à assembler sont stockées pas loin de leurs stations d'assemblages respectives, La quantité de composants stockés doit être calculée pour minimiser les manutentions tout en évitant les ruptures de stocks. Les pièces doivent ensuite être distribuées vers la station d'assemblage une à une, d'une façon régulière et a une fréquence fixe et doivent être toutes dans une seule et même configuration choisie préalablement.

La fonction alimenter permet donc de stocker les composants, puis d'en extraire un du lot et de le présenter dans une orientation permettant ensuite sa manipulation.

Le moyen le plus répandu en industrie pour effectuer cette tâche est le bol vibrant (bowl feeder en anglais) représenté à la figure 2.6, c'est le moyen d'alimentation des machines et d'orientation des pièces le plus utilisé dans l'assemblages. Il est utilisé pour :

- Sélectionner les pièces qui sont dans la bonne configuration
- Orienter les pièces qui ne sont pas dans la bonne configuration pour les arrangées.
- Distribuer les pièces bien orientées à la machine.
- Donner un sens au flux des pièces
- Démêler, relâcher et faciliter la circulation des pièces qui ont tendance à s'emboîter ou à s'emmêler

Fonctionnement : Ces bols sont munis d'un système électromécanique leurs permettant de vibrer à des fréquences désirées. Et d'un chemin hélicoïdal sur leurs parois. Ils sont composés de deux parties distinctes dont la base vibrante et la cuve. Les pièces à arranger sont mises en vrac dans la cuve. La vibration et les différentes forces agissant sur les pièces; comme la force centrifuge engendrent un mouvement de rotation de ces dernières. Cette rotation leurs permet de remonter le long du chemin hélicoïdal. Tout au long du chemin, elles rencontrent des butées et des obstacles grâce auxquels les pièces dans la bonne configuration sont sélectionnées et les autres sont soit réorientées vers la bonne configuration soit retombent dans le bol.

Généralement, à leurs sorties du bol, elles rencontrent un autre chemin linéaire vibrant. Ce chemin n'est généralement qu'une extension permettant d'amener les pièces à l'endroit désiré, mais ils peuvent aussi, selon les cas, permettre de les réarranger selon une autre configuration (faire une réorientation par exemple).

La facilité avec laquelle les pièces sont orientées et sélectionnées dépend de leurs configurations et de la localisation de leurs centres de gravité. Quand les pièces tombent facilement dans une position donnée, même si ce n'est pas la position désirée, c'est assez simple de les réorientées vers la bonne position soit dans le bol lui-même soit à la sortie du bol. La limite de ce dispositif est quand la pièce n'est pas symétrique et possède un centre de gravité situé de telle sorte que les pièces n'adoptent pas une attitude prédominante lorsqu'elle se déplace vers le haut.

Les critères importants à prendre en compte pour la sélection et le choix du bol sont le diamètre, la direction de la vibration (clockwise, counterclockwise), le type de chemin (unique, double ...)

Pour chaque pièce qu'on voudra distribuer il faudra un bol conçu spécialement pour elle. Il n'y a pas de méthode spécifique pour le développement de ce genre de bol, cela repose plutôt sur de l'expérimentation et de l'observation et exige beaucoup d'habileté et d'imagination.[12]

De nombreuses entreprises sont spécialisées dans la fabrication de ces bols on peut en citer : VIBRA-TECH, INDUSTRIAL ROBOTICS AUTOMATION, DALAUDIERE FRANKEN, ICM INGENIOUS CREATIVE MACHINES.



FIGURE 2.6 – bol vibrant + chemin linéaire vibrant

Fonction assembler

C'est la fonction qui réalise l'assemblage (la liaison mécanique) entre les pièces. On distingue différents types d'assemblage, un assemblage peut être permanent dans le sens où pour supprimer la liaison, il est nécessaire de déformer ou de détruire au moins une des pièces formant l'assemblage, comme il peut être démontable, c'est-à-dire que la liaison est conçue de manière à être démontée sans détérioration importante des pièces, qui peuvent être généralement réutilisées pour recréer un assemblage. Un assemblage peut aussi être direct lorsqu'il ne nécessite aucune pièce intermédiaire, la forme des pièces en contact suffit pour la réalisation de celui-ci, ou indirect, lorsqu'une ou plusieurs pièces intermédiaires sont utilisées. On peut citer : Le sertissage, Le clinchage, Rivet, visage. ...

Fonction transférer

Il existe deux modes de transfert entre station : Le mode synchrone et le mode asynchrone.

Dans le mode asynchrone, le transfert des produits d'un poste de travail à un autre est indépendant des opérations qui s'y déroulent : les opérations de transfert ne sont pas synchronisées avec la fin de toutes les opérations. C'est le type de transfert qui correspond à la réalisation de produits dont les différentes opérations s'effectuent à des cadences très différentes.[11]

Dans le mode synchrone, Les produits présents à chaque poste de travail sont traités de façon simultanée, avant d'être transférés simultanément aussi vers le poste suivant. La cadence de production est en général très élevée, bien que conditionnée par la cadence de l'opération la plus lente. Il est donc préférable d'équilibrer les temps opératoires de chaque poste afin de réduire les temps d'attente et de tendre vers un flux continu. Le principal inconvénient de cette implantation réside dans les pannes et arrêts que peuvent subir les postes de travail. En effet, toute la production est stoppée en cas de problème survenant à l'un des postes de travail.

Les figures 2.7 et 2.8 illustrent une implantation d'un transfert synchronisé. Dans cette chaîne à 5 stations, à chaque pas qu'effectue le convoyeur, les 5 opérations sont effectuées simultanément sur 5 différents sous assemblage et un produit totalement assemblé est récupéré. Étant donné que le transfert est synchronisé avec la fin de toutes les opérations, c'est la station de cadence la plus lente (station 4) qui dicte le moment du transfert.[11]

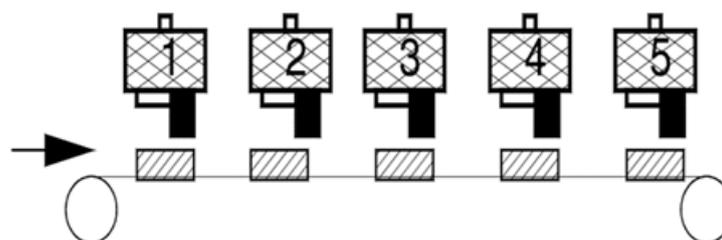


FIGURE 2.7 – assemblage synchronisé en ligne

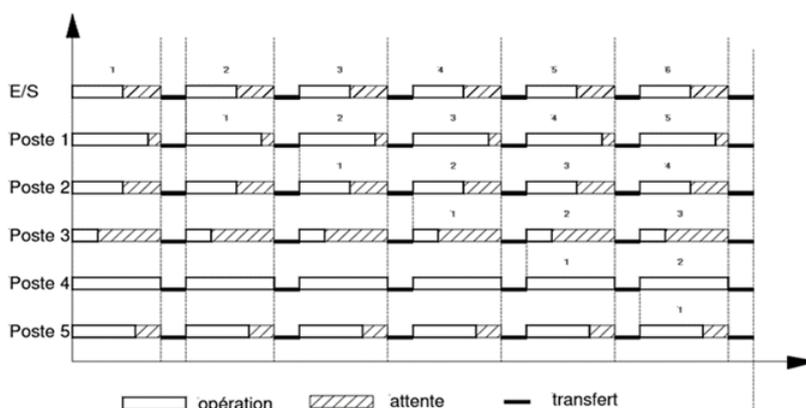


FIGURE 2.8 – chrono-gramme des opérations d’assemblage

Le mécanisme qui permet d’obtenir ce mode de transfert avec une grande précision et une grande stabilité est appelé « système d’indexage ». Il existe au moins trois types de systèmes d’indexation entre lesquels le concepteur peut choisir : Entraînement par système à Came, entraînement par servomoteur, et entraînement pneumatique.[4]

Les systèmes mécaniques à came : Les indexeurs à cames représenté à la figure 2.9 sont des mécanismes omniprésents utilisés depuis de nombreuses décennies. Il s’agit d’un arbre à came entraîné par un moto-réducteur commandé par son variateur de fréquence. La came est usinée de manière à garantir que lorsque l’arbre à came effectue une rotation complète, la table avance d’une position et reste dans cette position un laps de temps. Ce laps de temps, appelé temps de repos ou « dwell time », est ce qui transforme le mouvement continue du moto-réducteur en un mouvement d’indexation.[4]

Les systèmes à came conviennent parfaitement aux applications qui indexeront toujours le même angle puisque ce dernier n’est pas réglable sur de tel système. Ils sont aussi capables d’opérer avec une grande précision, à des vitesses élevées, et peuvent entraîner de lourdes charges.[4]

| Avantages | Inconvénients |
|--|---------------------------------|
| Un bon contrôle de la dynamique du système (Vitesse d’indexation, temps de repos...) | Relativement chère |
| Très grande précision | Angle d’indexation non réglable |
| Peut entraîner de lourdes charges | |
| Robuste et durable | |

TABLE 2.1 – Avantages et inconvénients des systèmes mécaniques à came



FIGURE 2.9 – système de transfert par came

Les systèmes servomoteurs : Une table entraînée par un servomoteur entièrement programmable est une autre option courante. Le cas où cette option est avantageuse est quand un modèle flexible de mouvement est nécessaire. Un exemple serait une machine sur laquelle deux produits doivent être assemblés mais nécessitant un indexage différent. [4]

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| Angle, Vitesse, accélération et sens de rotation complètement programmable | Relativement complexe et chère |
| Un bon contrôle de la dynamique du système | Doit être protégé des environnements défavorables en raison de la sensibilité des systèmes électroniques |
| Flexible | Nécessite de la maintenance |

TABLE 2.2 – Avantages et inconvénients des systèmes servomoteurs

Les systèmes pneumatiques : L'indexage se fait parfois aussi par un système pneumatique comme celui illustré à la figure 2.10

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| Prix très abordable en comparaison avec les deux systèmes précédents | Aucun contrôle sur la dynamique du système |
| Très simple à maintenir | Pas flexible, aucune programmation |
| Robuste et durable | |
| Peut s'employer dans des environnements difficiles | |

TABLE 2.3 – Avantages et inconvénients des systèmes pneumatiques

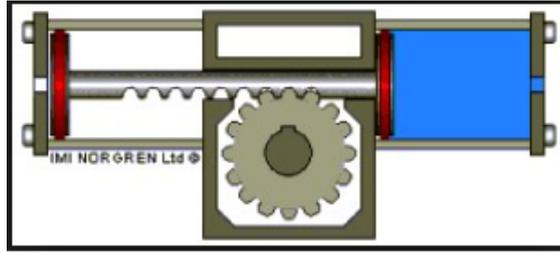


FIGURE 2.10 – système de transfert pneumatique

2.5 Conclusion

Cette étude descriptive et comparative nous a aidé a avoir une vision plus claire sur les systèmes d'assemblage automatique et les différentes technologies mises en jeu lors de leurs réalisations.

Chapitre 3

Solution proposée

3.1 introduction

Ce chapitre représente le premier pas vers la résolution du problème. Il décrit notre première proposition qui concerne la division de la séquence d'assemblage et ses différents avantages.

3.2 Division du processus d'assemblage en deux

Après cette étude consacrée aux machines d'assemblages et grâce à de nombreuses visites effectuées en usine, qui nous ont permis d'avoir une meilleure appréhension de l'environnement de travail de la machine. On a convenu que la meilleure solution pour réussir l'automatisation du procédé en respectant le cahier des charges est de diviser la séquence d'assemblage en deux parties. Et d'assembler la pièce sur deux machines distinctes. Une première machine aura pour fonction d'assembler le bornier, la lame de contact, ainsi que le porte-mécanisme. On appellera assemblage 1 la pièce qu'elle va produire. Figure 3.1



FIGURE 3.1 – Assemblage produit par la première machine

La deuxième machine, assemblera l'assemblage 1 de la première machine, les broches de contact, et le serre-câble. Figure 3.2



FIGURE 3.2 – assemblage produit par la deuxième machine

L'assemblage est ensuite finalisé avec l'insertion du produit délivré par cette deuxième machine dans le boîtier (Cette fonction sera réalisée manuellement) Le produit fini est illustré à la figure 3.3



FIGURE 3.3 – Produit fini

La division du processus procure de nombreux avantages :

D'abord en termes de place, une machine pour assembler les 5 pièces aura une taille importante, prendra beaucoup trop de place à l'atelier et ne respectera pas les limites imposées par le cahier des charges. Deux petites machines seront plus compactes et plus simples à placer.

Ajouter au fait qu'une machine qui assemblera toutes les pièces nécessitera un nombre important de stations, en vue des nombreuses tâches qu'elle devra effectuer, elle sera donc encombrée et cela rendra le travail d'inspection compliqué, l'accès aux différentes parties de la machine difficile et la maintenance lente.

Un autre avantage qui a beaucoup compté lors de ce choix, est celui cité dans l'état de l'art sur les machines multi-stations, et leurs pannes. C'est un point très important, qui touche directement le taux de production. En effet en cas de panne d'une station ou d'un nombre de stations, c'est tout le processus d'assemblage qui sera handicapé avec une seule et même machine. Contrairement au cas où le processus est divisé en 2. Dans ce cas, la panne ne touche pas tout le processus, elle ne met hors service qu'une seule machine, la tâche qu'effectue cette machine peut être réalisée manuellement pour assurer la continuité de la production en attendant que la panne soit réglée.

3.3 conclusion

Cette proposition qui a été acceptée et validée par le directeur technique, qui nous a attribué la conception et la réalisation de la première machine.

Chapitre 4

configuration de la machine

4.1 introduction

Cette partie marque le début de la conception de la machine. Une vue générale de la structure et du modèle adopté est dépeinte. Ainsi que la séquence d'assemblage choisie.

Composants devant être assemblés par cette machine : bornier, contact terre et porte mécanisme.

La fonction d'assemblage et de fixation exigée : sertissage.

4.2 Configuration de la machine

Rappelons que le positionnement du porte mécanisme se fera manuellement à cause de sa forme complexe, difficile à automatiser.

En vue du nombre réduit de composants à assembler, et se basant sur l'étude réalisée dans l'état de l'art, le choix d'une machine d'assemblage multi-stations à table rotative, s'est imposé naturellement.

On peut distinguer trois opérations de base s'effectuant sur la machine : Le positionnement des composants sur le porte-pièces fixé sur la table, le sertissage de l'assemblage et l'éjection du produit. Ces trois tâches s'exécutent à des cadences très proches (de 1 à 2 secondes chacune). Les temps opératoires de chaque station étant donc équilibrés, le transfert synchrone entre stations est celui qui garantit la meilleure productivité à la machine.

La machine sera alors dotée d'une table rotative, avec un système de transfert synchrone. Le nombre de stations nécessaire, ainsi que la forme du porte-pièces seront à déterminer après l'élaboration de la séquence d'assemblage.

4.3 Séquence d'assemblage

La séquence d'assemblage joue un rôle clé dans la détermination de la qualité du produit assemblé et des problèmes de conception du processus d'assemblage (besoins en fixation, le nombre d'étapes d'assemblage...) une mauvaise affectation des opérations aux stations peut entraîner des difficultés d'assemblage, des étapes supplémentaires ou encore un temps mort non justifié et donc des coûts supplémentaires inutiles pour chacun des produits assemblés. L'évaluation de la séquence se base sur divers critères[13] :

- Cinématique : les mobilités des composants et, en conséquence, les directions d'assemblage, etc.
- Géométrique : l'accessibilité, la planification des trajectoires, l'absence de collisions entre le composant manipulé et un obstacle/environnement extérieur, etc.,
- Technologique : la nature des contacts entre les composants (le sertissage, nécessité de la déformation afin de monter une pièce), l'utilisation d'outils spéciaux de montage.

- Ergonomique : la manutention (la masse des composants, leur forme, etc.), la sécurité pour l'opérateur, la visibilité de l'opération, les contraintes de maintenance, etc.

On a cherché à générer la séquence d'assemblage optimale, en tenant compte des critères cités. Ainsi après plusieurs tentatives et plusieurs essais, la solution retenue est la suivante :

1. Positionnement du bornier.
2. Positionnement du porte-mécanisme.
3. Positionnement du contact terre.
4. Sertissage.
5. Éjection.

4.4 Porte-pièces

Après avoir généré la séquence d'assemblage et l'ordre des opérations sur la machine, on peut concevoir le porte-pièces adapté à l'application. Son rôle est d'accueillir les pièces à assembler et de les maintenir en leur offrant une bonne stabilité tout au long du processus d'assemblage. Plusieurs contraintes et problématiques se sont posées à nous lors de la conception de cet élément aussi essentiel que critique. En effet la forme des composants, et les différentes manipulations nécessaires à leurs assemblages ont nécessités la conception d'un système mécanisé, comportant deux pièces distinctes.

Selon la séquence d'assemblage choisie, le premier composant qui sera positionner sur le porte-pièces est le bornier, le second est le porte-mécanisme. La lame de terre quant à elle s'insère directement sur le porte-mécanisme. La principale difficulté rencontrée concerne l'assemblage du bornier et du porte-mécanisme. Car ce dernier nécessite l'insertion de la tête du bornier (qui est de forme cylindrique) à l'intérieur d'une cavité prévu à cet effet sur le porte-mécanisme. Figure 4.1

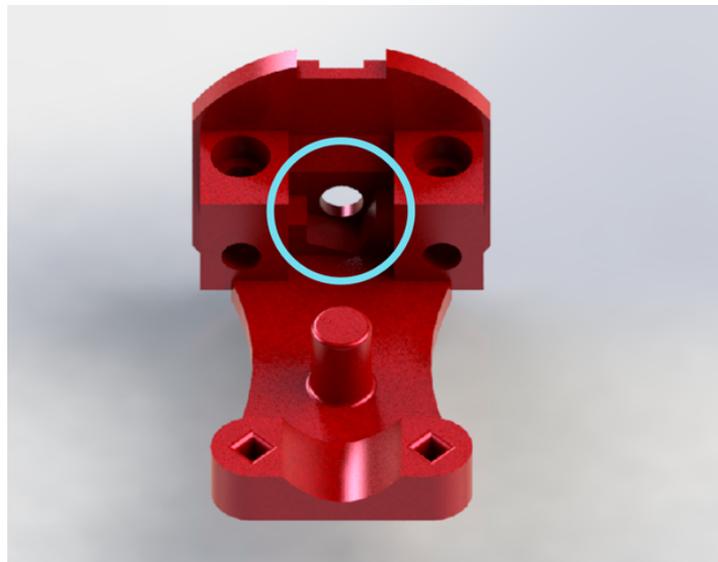


FIGURE 4.1 – cavité du porte-mécanisme chargé d'accueillir le bornier.

Selon la séquence d'assemblage prévue, le positionnement du porte-mécanisme se fera sur le porte-pièce préalablement chargé du bornier. Le positionnement devra ainsi inclure l'insertion de la tête du bornier à l'intérieur de la cavité.

Réussir une telle manœuvre nécessite beaucoup de précision et de finesse. Rappelons que le positionnement du porte-mécanisme n'est pas automatisé, cette tâche étant attribuée à un opérateur. La précision que nécessite cette tâche nous a contraint à penser à un système qui soulagera l'opérateur, et nous garantira une meilleure fiabilité. Ainsi avec le système prévu, l'opérateur aura pour simple fonction le positionnement du porte mécanisme sur le porte pièce. La délicate tâche de l'insertion sera effectuée mécaniquement à l'aide d'un système prévu à cet effet.

Le porte-pièces imaginé est composé de deux pièces distinctes. La première est fixe (figure 4.2), et sert à accueillir le porte-mécanisme. La deuxième est mobile (figure 4.3) et est prévue pour supporter le bornier. Cette dernière coulisse à l'intérieur de la pièce fixe entre deux états. Un état bas (état de repos), et un état haut (état d'insertion). Notons que la distance entre les deux états est de quelques millimètres.

En position de repos, la pièce mobile est tirée vers le bas grâce un ressort de rappel (figure 4.4) C'est dans cette configuration que tous les composants sont positionnés sur le porte-pièces. La partie mobile est ensuite poussé vers sa position haute à la station de sertissage, la où on a besoin d'insérer le bornier dans le porte-mécanisme. Un vérin placé à cette station directement sous le porte-pièces se charge de pousser la partie mobile vers le haut, la figure 4.5 montre le porte pièce dans sa position haute. La séquence complète d'assemblage est représentée aux figures 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10

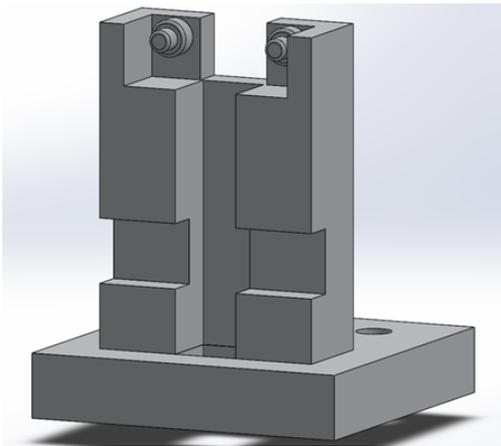


FIGURE 4.2 – partie fixe du porte-pièces

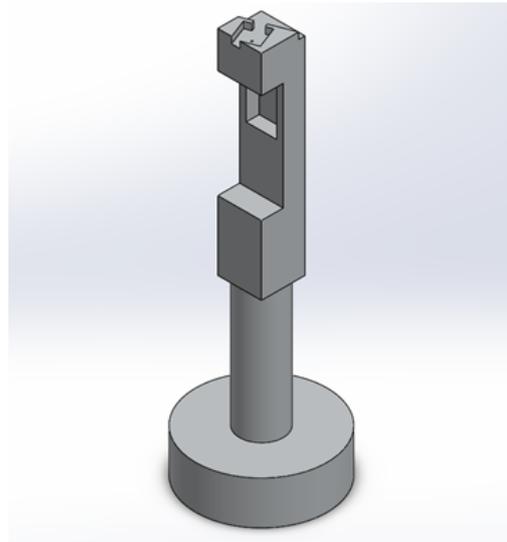


FIGURE 4.3 – partie mobile du porte-pièces

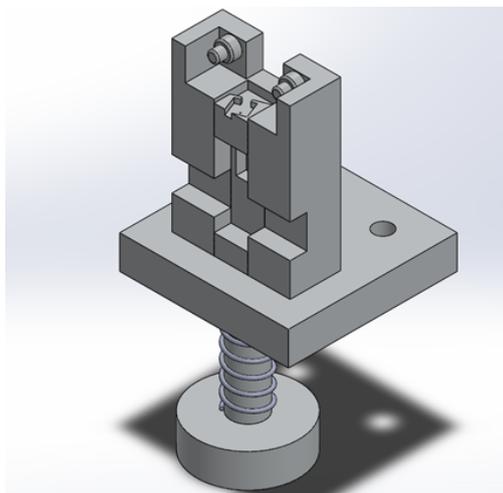


FIGURE 4.4 – porte-pièces en position de repos

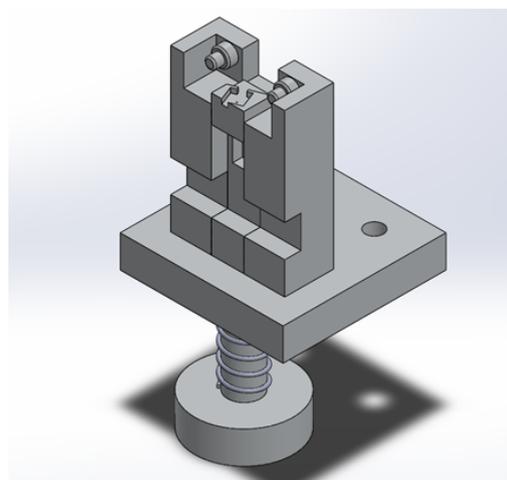


FIGURE 4.5 – porte-pièces en position d'insertion

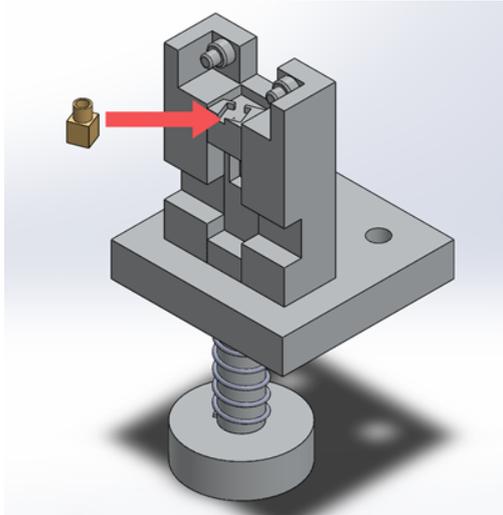


FIGURE 4.6 – Positionnement du bornier

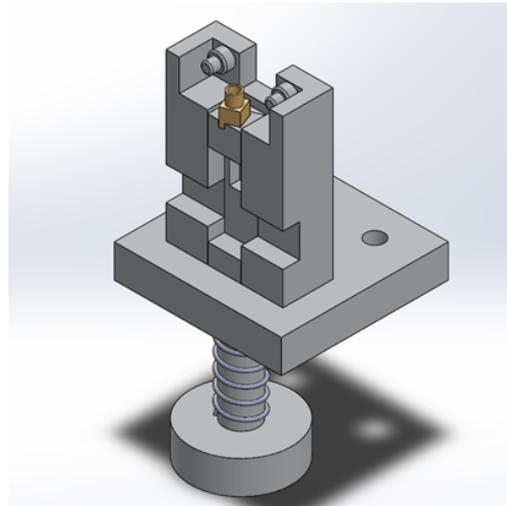


FIGURE 4.7 – Bornier en position

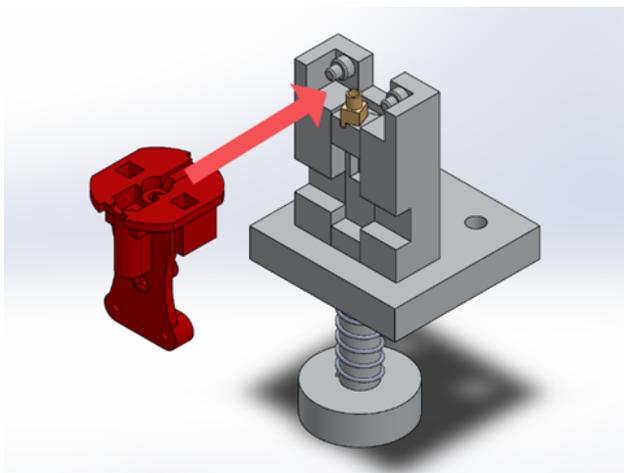


FIGURE 4.8 – Positionnement du porte-mécanisme

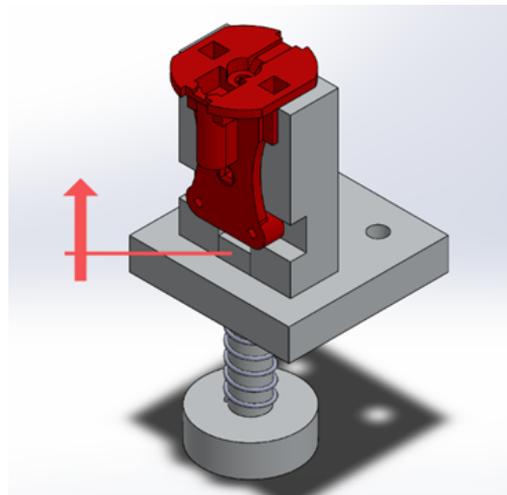


FIGURE 4.9 – Action sur la partie mobile pour insérer le bornier

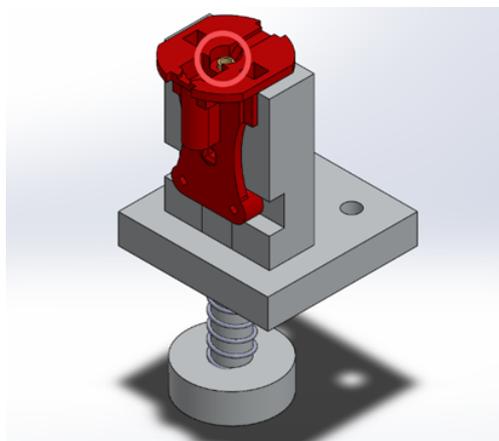


FIGURE 4.10 – Bornier correctement inséré

Enfin, pour augmenter en production, nous avons envisager d'assembler deux pièces au même temps. Ainsi a chaque cycle de la machine deux pièces sont assemblées, et ceci en mettant en juxtaposition deux porte-pièces

(Figure 4.11) et en doublant les tâches à chaque station.

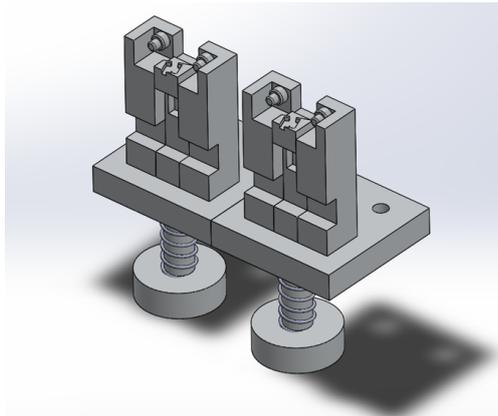


FIGURE 4.11 – deux porte-pièces en juxtaposition

4.5 Disposition des stations et Contrôle qualité

Au sein de la machine, il doit y avoir un contrôle qualité complet et permanent de l'assemblage en cours. La totalité des fonctions effectués doivent être contrôlés pour vérifier si l'assemblage a été bien réalisé et si le produit fini est bon ou défectueux. Pour ce faire un nombre important de capteurs ont été mis en place dans la machine. Ces capteurs ont pour mission de surveillé le bon positionnement des composants sur le porte-pièces.

Le control qualité de l'assemblages comprend alors :

- Le contrôle de présence du bornier sur le porte-pièces
- Le contrôle de présence du porte-mécanisme sur le porte-pièces
- Le contrôle de présence de la lame de contact sur le porte-mécanisme

Le contrôle de ces fonctions est effectué sur la station même où elles sont réalisées quand leurs configurations le permettent. Comme c'est le cas pour le contrôle de la lame de contact. Ou sinon sur une station spécialement dédiée (Cas du bornier et du porte mécanisme). Deux stations de contrôle vont alors être ajoutées à la machine.

Pour le choix de leurs dispositions un facteur supplémentaire a été pris en compte. Il s'agit du facteur ergonomique. En effet rappelons que le porte-mécanisme sera positionné par un opérateur humain. Il est donc essentiel de lui prévoir assez d'espace opérationnelle afin d'améliorer son confort, sa sécurité et sa productivité.

On a alors décidé de positionner les deux stations de contrôle qui sont les moins encombrantes autour de l'opérateur pour lui procurer le plus d'espace possible. (Figure 4.12)

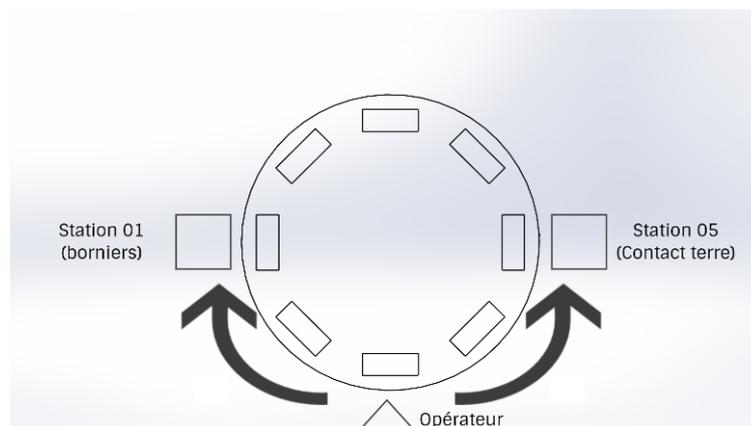


FIGURE 4.12 – espace dédié a l'opérateur

La machine comporte aussi deux postes de sertissage, le premier poste est chargé de sertir l'assemblage réalisé sur le premier porte-pièces, et le deuxième poste est destiné au deuxième assemblage. La machine comportera

en tout 8 stations (Figure 4.13), disposées selon l'ordre suivant :

- Station 1 : positionnement des deux bornier
- station 2 : contrôle de présence des deux bornier
- station 3 : positionnement des deux portes-mécanisme
- station 4 : contrôle de présence des portes-mécanisme
- station 5 : contrôle positionnement du contact terre
- station 6 : sertissage du premier assemblage
- station 7 : sertissage du deuxième assemblage
- station 8 : éjection des deux pièces assemblés

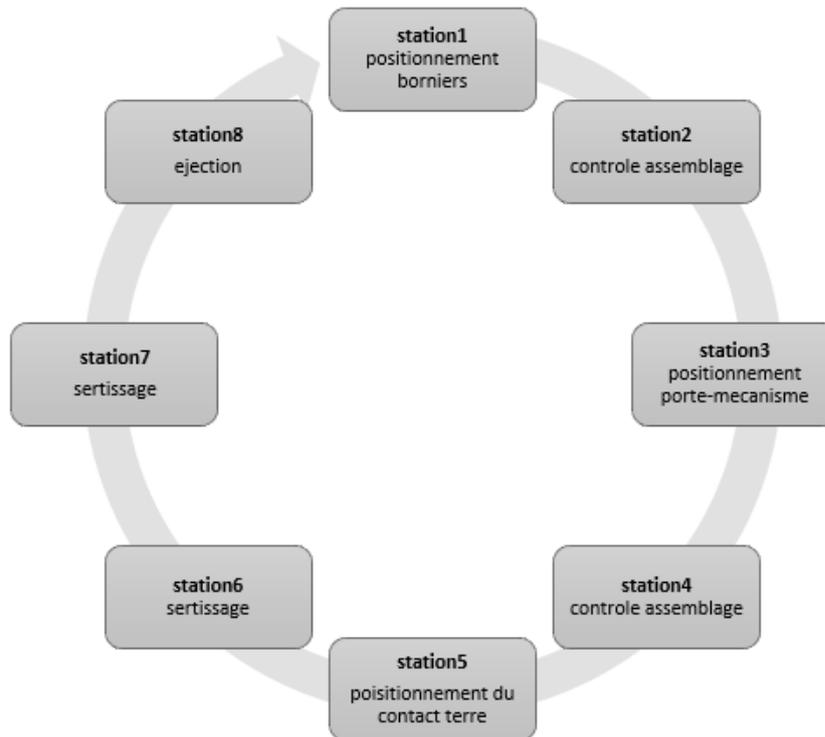


FIGURE 4.13 – la séquence des opérations d'assemblage sur la machine

4.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a fixé la structure générale de la machine. Le choix retenu est le choix d'une table rotative, à transfert synchrone. Comprenant 8 stations dont deux stations dédiées au contrôle qualité.

Chapitre 5

Analyse fonctionnelle solutions Techniques

5.1 Introduction

Ce chapitre liste les fonctions qui devront être satisfaites par le système, et les solutions techniques envisagées pour y répondre. Notons qu'en pratique, certains choix sont interdépendants. On peut facilement imaginer que la façon dont on gère l'arrivée des pièces va influencer la manière dont elles seront manipulées et, conséquemment, influencer le type d'effecteur à utiliser.

Le chapitre précédent décrit l'architecture générale de la machine, à partir de ce chapitre on peut constituer un cahier des charges fonctionnel, formulant le besoin en termes de fonctions attendues sur la machine pour réaliser la tâche d'assemblage.

Quatre fonctions de base ont été extraites de l'analyse fonctionnelle :

- Transfert des portes-pièces entre les stations
- Stockage et distribution du bornier et du contact terre
- Transport du bornier et du contact terre, des stations à la table d'assemblage
- Sertissage de l'assemblage

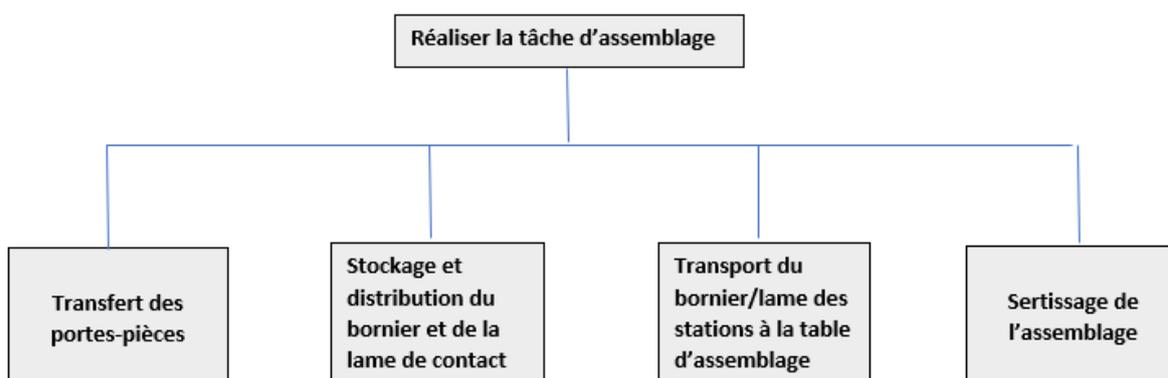


FIGURE 5.1

5.2 Transfert des portes-pièces entre les stations

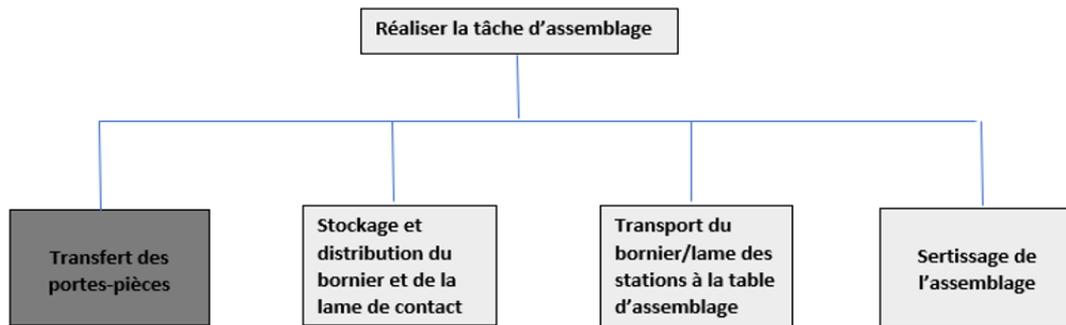


FIGURE 5.2

Une table d'indexage à cam de huit stations, initialement disponible à l'usine nous été fourni par l'entreprise. Pour confirmer sa compatibilité avec notre application. On va calculer la charge dynamique de la table chargée des portes-pièces à partir des masses et des accélérations. Celle ci ne doit en aucun cas dépasser le couple maximum que peut supporter la cam .

caractéristiques du mouvement

Il s'agit d'une table index rotative avec un transfert a came globoïde (figure 5.3), entraînée par un moteur triphasé asynchrone d'une puissance de 0.25Kw, accompagné d'un réducteur à vis sans fin et d'une courroie. La came est usinée avec une loi de mouvement trapézoïdale modifiée représentée à la figure 5.4, avec un coefficient d'accélération $Ca = 4.89$.



FIGURE 5.3 – came globoïde

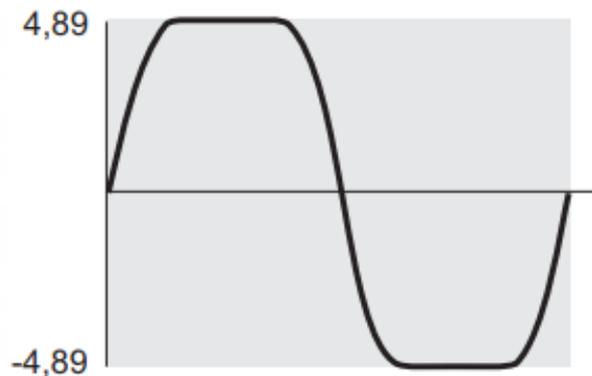


FIGURE 5.4 – loi de mouvement trapézoïdale modifiée

Sachant que la vitesse nominale du moteur est de 1350 RPM. Que le rapport de réduction du réducteur à vis sans fin est de 25, et celui de la courroie de 1.5. Un calcul simple permet alors de déduire les différentes vitesses de rotation. On retrouve alors une vitesse de 36 RPM à l'entrée de l'arbre de la came. Comme représentée à la figure 5.5



FIGURE 5.5 – Chaîne de transmission mécanique

Le cycle complet de l'entraînement de la table index est formé par le transfert d'une station à la suivante et une temporisation à chaque station. Il est généralement produit dans une rotation complète de l'arbre à cames d'entrée.

L'angle d'indexation est l'angle de rotation de l'arbre à cames en entrée, qui déplace l'arbre de sortie d'une station à l'autre.

L'angle d'indexation de l'arbre d'entrée de la cam utilisée est de 90°

L'angle correspondant à la zone de repos est donc de 270° . Comme illustré à la figure 5.6

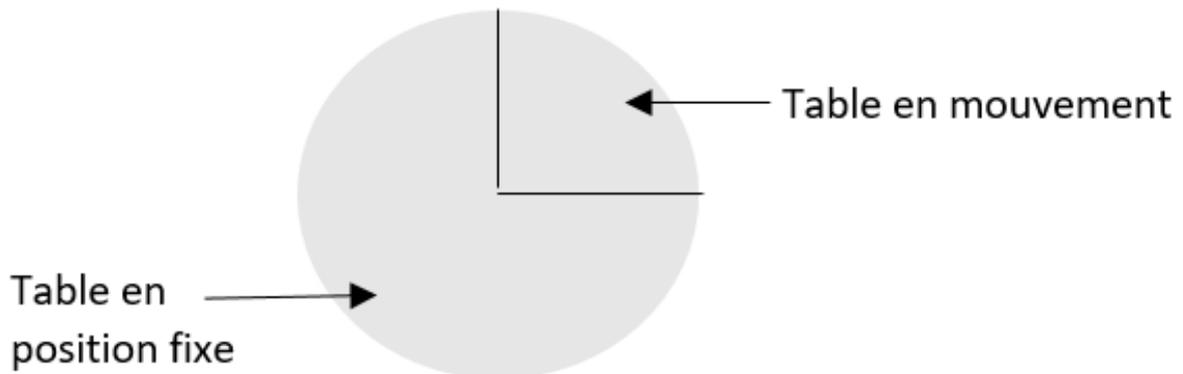


FIGURE 5.6 – mouvement engendré par une rotation de l'arbre d'entrée de la came

Caractéristiques de la table

Nombre de stations : 8

Diamètre de la table (D) : 450 mm

Épaisseur de la table (Y) : 20 mm

Matériau constitutif de la table : Acier

Longueur, Largeur, hauteur d'un porte-pièces (a)(b)(c) :

60 mm/50 mm/100 mm

Matériau du porte-pièces : Aluminium

Distance entre les portes-pièces et le centre de la table

(R) : 170mm

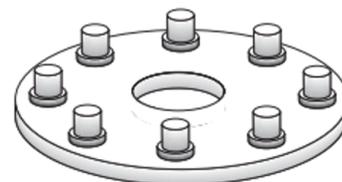


FIGURE 5.7 – Uklip af User tablen i Databasen

Le nombre d'arrêt de la table index est de huit, correspondant aux nombres de station de la machine. La table fera alors un déplacement de $H = \frac{2\pi}{8} = 0.78rad$ à chaque index.

Calcul des moments d'inertie

table Index :

La masse volumique de l'acier est : $\rho = 0.00785g/mm^3$, La masse de la table est alors de :

$$M_T = \frac{\pi}{4} D^2 Y \rho_{Acier} = 24969.83g = 24.97Kg$$

Sont moment d'inertie est donc de :

$$I_m = \frac{1}{2} M_T \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 0.6317Kg.m^2$$

Porte-pièces : La masse volumique de l'aluminium est : $\rho = 0.00274g/mm^3$, La masse des portes-pièces reunis est alors de :

$$M_p = 8.a.b.c.\rho_{Al} = 6576g = 6.576Kg$$

Le moment d'inertie des portes pièces est de :

$$I_p = M_p.R^2 = 0.2Kg.m^2$$

Le moment d'inertie total est de :

$$I = I_T + I_p = 0.6317 + 0.2 = 0.8317Kg.m^2$$

Calcul du couple d'inertie de la table

Comme déjà mentionné, l'angle d'indexage de l'arbre d'entrée est de 90° . Ce dernier tourne à une vitesse de 36 RPM. Le temps d'indexage est alors de :

$$t_{index} = \frac{90}{360} \frac{60}{36} = 0.41s$$

L'accélération maximale de la table, calculée à partir des équations fournies par le constructeur de la came est alors de :

$$\alpha = \frac{H}{t_{index}^2} Ca = 22rad/s^2$$

Le couple d'inertie est alors de :

$$T = I.\alpha = 19Nm$$

Le couple d'inertie de la table est inférieur au couple maximum que peut supporter la cam qui est de $48N.m$. Cette table peut donc être utilisée pour notre application.

5.3 Stockage et distribution du bornier et du contact terre

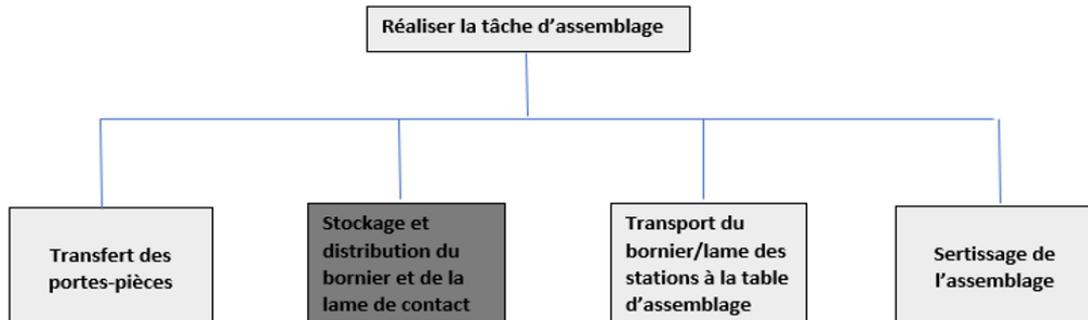


FIGURE 5.8

Le système qui va assurer la fonction de stockage et de distribution des pièces unitaires à la machine est le bol vibrant (bowl feeder). Son principe de fonctionnement est décrit dans l'état de l'art.

Étant donné que le porte-mécanisme sera positionné manuellement, les pièces qui nécessitent ce système de stockage et de distribution sont, le bornier et la lame de contact. La machine inclura alors deux bols vibrants et deux chemins vibrants.

Rappelons qu'il n'y a pas de méthode spécifique pour le développement de ce genre de bol, cela repose plutôt sur de l'expérimentation et de l'observation.

La configuration du bornier, et la localisation de son centre de gravité nous ont permis de modifier un bol existant, pour qu'il réponde à l'application. (Figure 5.9)

Par contre la forme complexe de la lame de contact, nous a contraints à faire appel à une société spécialisée dans la fabrication de ces bols pour la réalisation de ce dernier.



FIGURE 5.9 – bol vibrant

5.4 Transport du bornier et du contact terre, des stations à la table d'assemblage

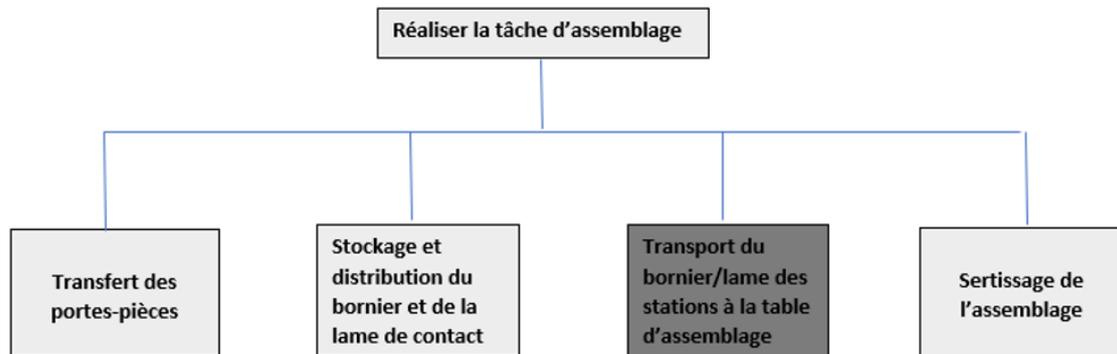


FIGURE 5.10

Une fois les pièces distribuées vers les stations à l'aide du bol et du chemin vibrants, un système capable de les transporter sur la table rotative d'assemblage est nécessaire. Pour cela on a conçu un bras manipulateur standard adapté aussi bien au transport du bornier qu'au transport de la lame de contact.

Le bras manipulateur qu'on a conçu est un robot planaire à deux articulations prismatiques, représenté à la figure 5.11 . La course de la première articulation est réglable et est assurée par une vis sans fin entraînée par un moteur pas à pas. La seconde articulation n'est pas réglable, son mouvement est assuré par un vérin pneumatique double effet d'une course de 50mm. Enfin, une pince pneumatique à deux doigts pour agripper les pièces est placée à l'extrémité de la seconde articulation. Notons que la seule différence entre le bras placé dans la station du bornier et celui de la station de la lame réside dans ces doigts de pince.

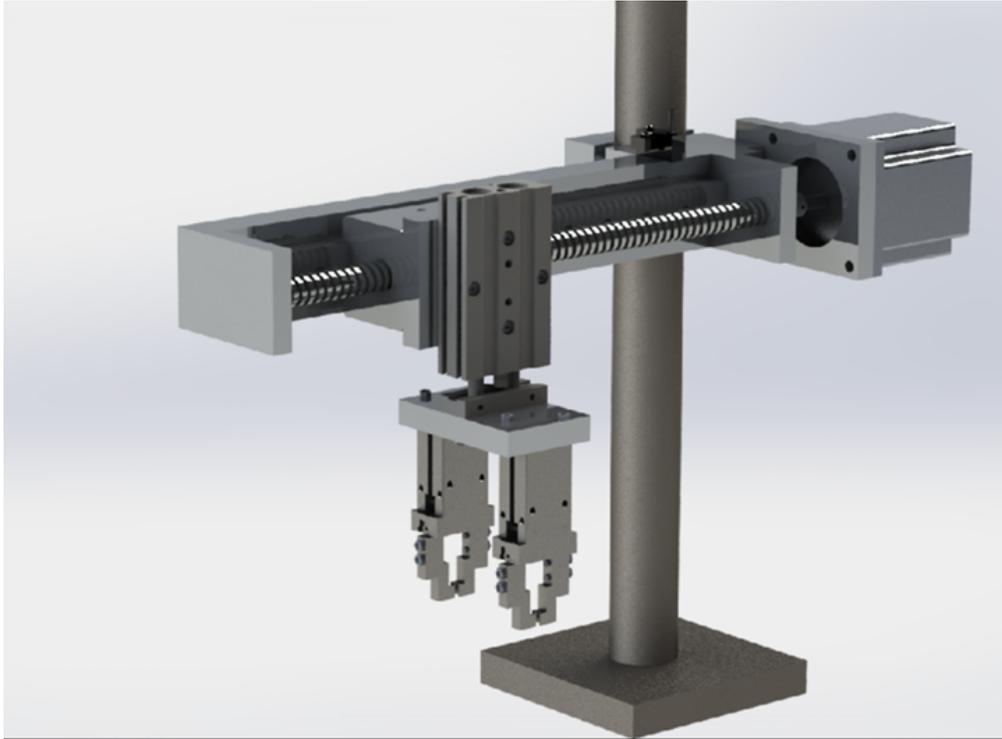


FIGURE 5.11 – bras manipulateur pour le positionnement du bornier et du contact terre

5.5 Sertissage de l'assemblage

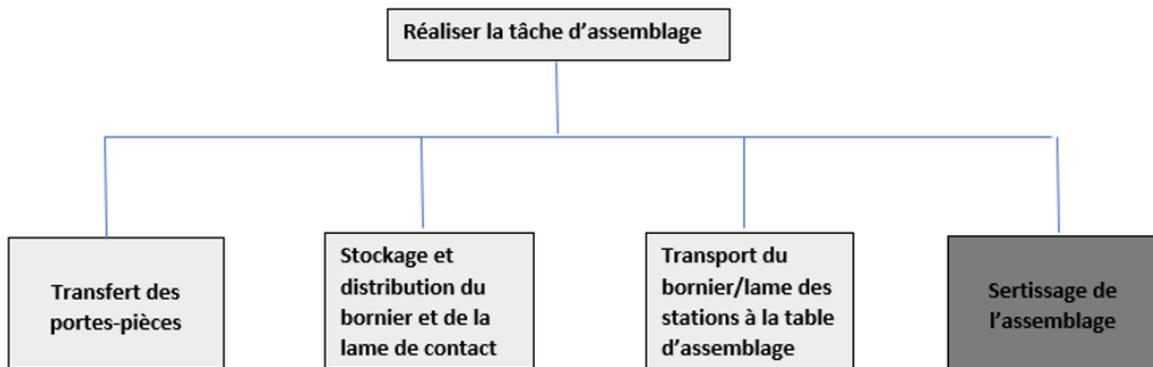


FIGURE 5.12

La fonction d'assemblage exigée pour cette machine est le sertissage. C'est un procédé d'assemblage par déformation. Il consiste à appliquer une force sur le bord d'une pièce pour le rabattre contre une autre pièce. Ce procédé est une alternative aux techniques classiques d'assemblage comme le soudage, ce qui évite d'avoir une zone affectée thermiquement. Les assemblages par sertissage sont des assemblages indémontables.

Le calcul de la force à appliquer sur un matériau pour le déformer sans le briser nécessite l'étude de la résistance de ce matériau.

Les matériaux à l'état solide soumis à une contrainte de force, passent par trois phases selon l'intensité de cette contrainte. Phase élastique, phase plastique, rupture. Figure 5.13

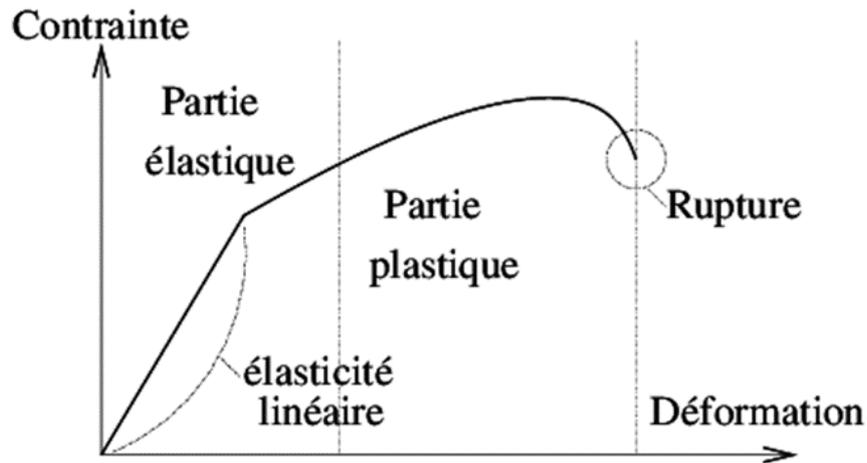


FIGURE 5.13 – Diagramme contrainte-déformation d'un matériau solide

La force provoque initialement une déformation élastique du matériau (partie élastique). Cette déformation élastique est réversible, si la contrainte est annulée, le matériau revient instantanément à sa forme initiale. Cette déformation élastique est suivie d'une déformation irréversible (permanente) appelée déformation plastique (partie plastique), puis vient la rupture qui est évidemment irréversible.

Afin de caractériser ces comportements, le matériau est soumis à un test dit de traction : on exerce une force de traction sur un barreau de dimension standardisée. Cette traction provoque la déformation du barreau (un allongement dans ce cas) jusqu'à la rupture avec l'augmentation progressive de la force.

En enregistrant la force de traction appliquée et l'allongement progressif du barreau on obtient le diagramme contrainte-déformation précédemment présenté. La contrainte est la force qui agit sur une unité de surface du matériau ($\sigma = \frac{F}{S}$) et elle se mesure en pascal. La déformation est le rapport de l'allongement à la longueur initiale ($\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$). Le procédé de sertissage consiste alors à déformer la pièce plastiquement. Connaissant la courbe contrainte-déformation spécifique au matériau constitutif de la pièce, la géométrie de la pièce, et le type de contrainte que l'on va exercer sur la pièce (traction, torsion, flexion...), on peut déterminer la force nécessaire avec laquelle la sertisseuse doit agir.

Calcul de la contrainte nécessaire pour notre application : Pour notre application, le sertissage aura pour effet de rabattre les bords de la tête du bornier, sur la partie centre du contact terre.

Pour notre application, le sertissage aura pour effet de rabattre les bords de la tête du bornier, sur la partie centre de la lame de contact.

La sertisseuse utilisée est une presse pneumatique qui exerce un effort de compression uni-axiale sur la tête de forme cylindrique du bornier pour la déformer. C'est-à-dire que la force est appliquée perpendiculairement à la section de celle-ci comme illustré à la figure 5.14. Pour faciliter la déformation, l'outil de sertissage est mis en rotation par un moteur asynchrone ce qui provoque un échauffement du bornier par friction.

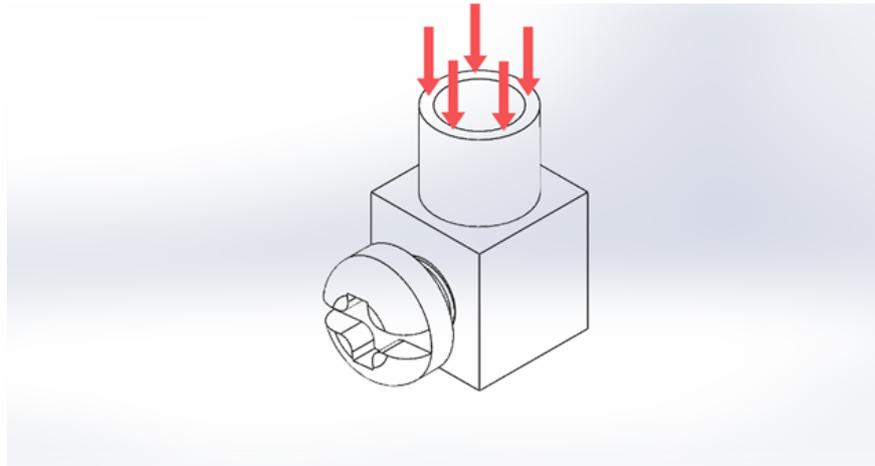


FIGURE 5.14 – effort appliqué sur la tête du bornier

Le bornier est constitué de laiton (CuZn38Pb2). Pour ce matériau, la contrainte limite d'élasticité (contrainte à partir de laquelle le matériau commence à se déformer plastiquement) est de 290 MPa.

La tête cylindrique du bornier a un rayon externe de 2mm et un rayon interne de 1.5mm. La surface sur laquelle la contrainte de compression est appliquée est donc de :

$$S1 = 4\pi - 2.25\pi = 5.5\text{mm}^2$$

La force avec laquelle doit agir la sertisseuse sur le bornier pour le déformer est donc de :

$$F \geq P * S = 290 * 5.5 = 1595\text{N}$$

Le rayon du piston de la sertisseuse est de 30mm. Sa surface est donc de :

$$S2 = 2827\text{mm}^2$$

La pression avec laquelle le piston de surface S2 doit être poussé pour produire la force F nécessaire à la déformation est donc de :

$$P \geq 1595/2827 = 0,564\text{MPa} = 5.64\text{bar}$$

La pression d'emploi sera alors de 6bar.

5.6 conclusion

la liste des fonctions et des solutions techniques étant définie, une conception globale de la machine est maintenant possible.

Chapitre 6

Conception Mécanique de la Machine

6.1 Introduction

Ce chapitre est dédié à la présentation de la machine. Il inclut une description détaillée de chaque station, ainsi qu'un bilan du matériels utilisés. La conception de la machine a été réalisée avec l'outil de dessins 3D Solid-Works.

6.2 Station 01

La première station est dédiée au positionnement des deux borniers sur les deux portes-mécanismes d'assemblage. Une vue globale de la station est représentée à la figure 6.1. Et un bilan du matériel utilisé est dressé au tableau 6.1

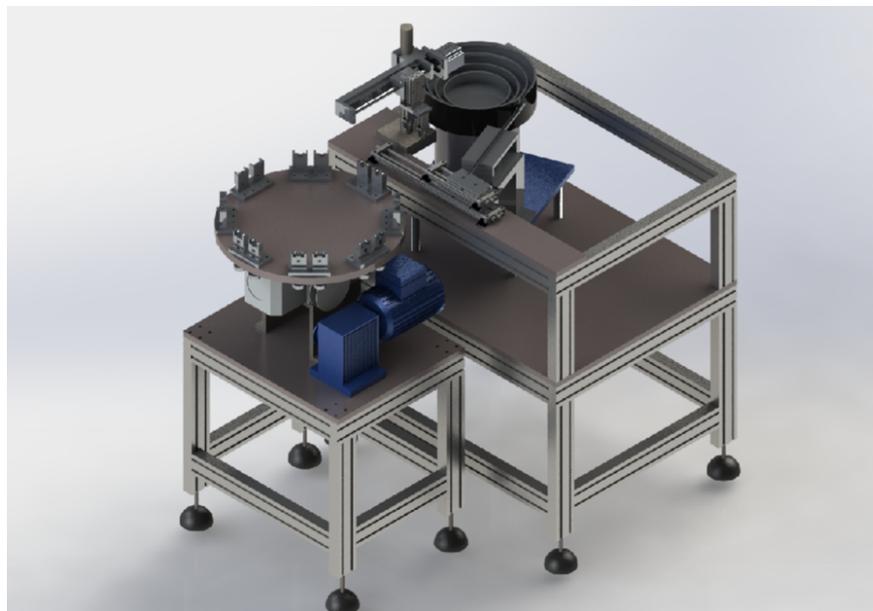


FIGURE 6.1 – Vue globale de la première station

| Le dispositif | Son rôle dans la station |
|--|--|
| Un bol et un chemin linéaire vibrants | Système de Stockage et alimentation en bornier |
| trois vérin à double guidage | Deux d'entre eux constituent le Système de distribution de borniers au manipulateur. Le troisième entraîne la seconde articulation du bras manipulateur. |
| Deux pinces pneumatiques | Constituent l'outil du bras manipulateur |
| Moteur pas à pas | Entraînement de la première articulation du bras manipulateur. |
| Cinque distributeurs 5/2, monostable, à commande électrique 24VDC. | Contrôle des actionneurs pneumatiques (vérins à double guidage et pinces) |
| Deux relais électromagnétiques 24VDC | Activer/désactiver le bol et le chemin vibrants |
| Stepper driver | Contrôle du moteur pas à pas |
| 2 variateurs d'intensité monophasés | Contrôle du bol et du chemin vibrants |
| Capteur photo-électrique en barrage | Détection de la présence de bornier à la sortie du chemin vibrant |
| sept capteurs de proximités à effet hall | Détection de la fin de course des vérins et des pinces pneumatiques |
| Switch de fin de course mécanique | Homing du bras manipulateur |

TABLE 6.1 – Bilan du matériel de la station 01

Fonctionnement

Comme expliqué dans la partie précédente, le système de stockage et de distribution en bornier de cette première station est le bol et le chemin vibrant. Le bol est destiné à stocker les lots de bornier en vrac, à les orienter puis les distribuer sur le chemin vibrant dans une seule configuration, et à un flux régulier. Deux capteurs de présence sont installés pour le contrôle de ce dispositif. L'un à la sortie du bol, et le deuxième à la sortie du chemin. Ces deux capteurs vont servir à donner une information de présence ou d'absence de bornier et ainsi permettre la commande (mise en marche/arrêt) du bol et du chemin.

À la sortie du chemin vibrant les borniers sont alors correctement orientés (vis du bornier en avant) et doivent maintenant être récupérés, puis transportés de la station à la table d'assemblage à l'aide du bras manipulateur. Une telle manipulation nécessite de la précision et de la stabilité, il est donc pas recommandé de récupérer les borniers directement sur le chemin vibrant qui est en constante vibration.

L'alternative trouvée est l'utilisation d'un porte-pièces intermédiaire chargé d'accueillir les borniers à leurs sorties du chemin vibrant. La stabilité offerte par ce second porte-pièces permettra au bras manipulateur d'effectuer sa tâche avec le maximum de fiabilité.

Pour éviter toute manœuvre supplémentaire sur le manipulateur, on a respecté la distance entre les deux portes-pièces de la machine lors de la conception du porte-pièce intermédiaire, de cette manière, le manipulateur les récupère et les positionne tel qu'ils sont.

À la sortie du chemin vibrant, le porte-pièces intermédiaire accueille d'abord le premier bornier. La bonne insertion de ce dernier est détectée par un capteur photo-électrique monté en barrage. Le porte-pièces intermédiaire est ensuite translaté à l'aide d'un vérin à double tige sur lequel il est superposé, pour accueillir le second bornier. L'ensemble (vérin à double tige + porte-pièces intermédiaire) est à son tour translaté à l'aide d'un second vérin à double tige vers le manipulateur. Une fois les borniers à la portée du bras manipulateur, ce dernier les récupère et les insère dans les porte-pièces de la machine. Les figures 6.2 et 6.3 représentent des vues détaillées de cette première station et des différents dispositifs cités. Et la figure 6.4 illustre les séquences d'opérations décrites.

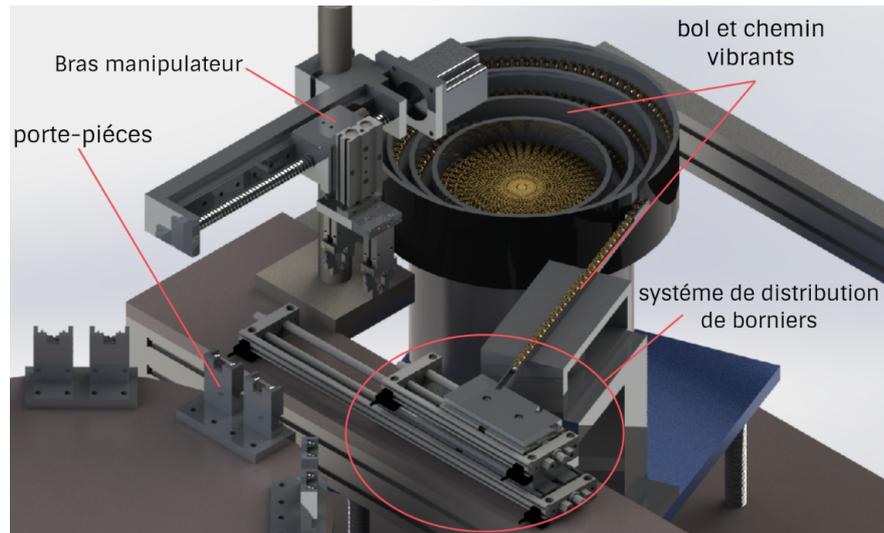


FIGURE 6.2 – Vue détaillée de la première station

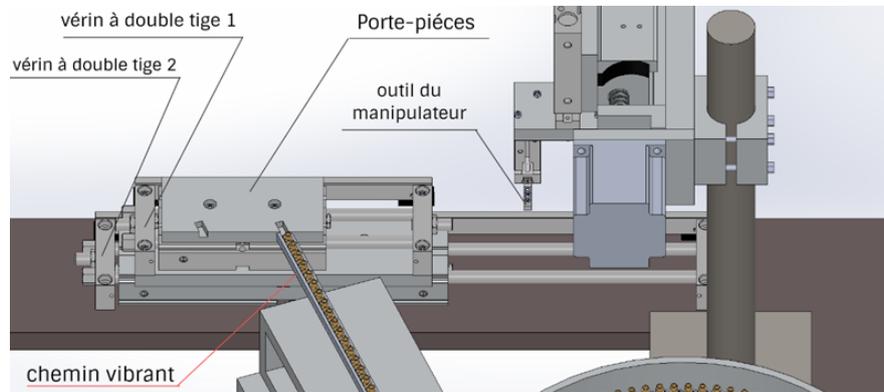
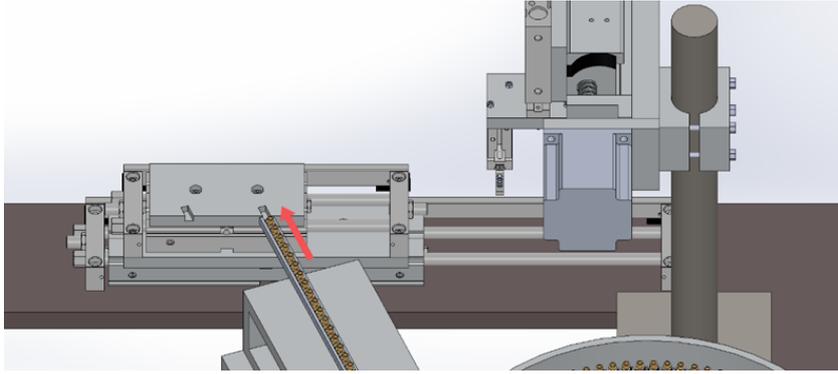
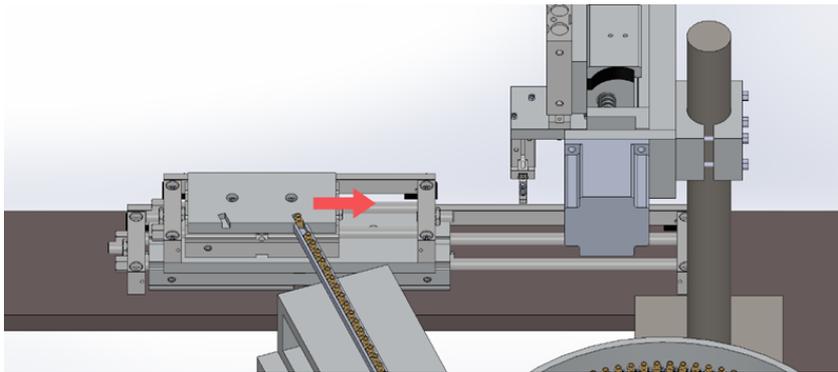


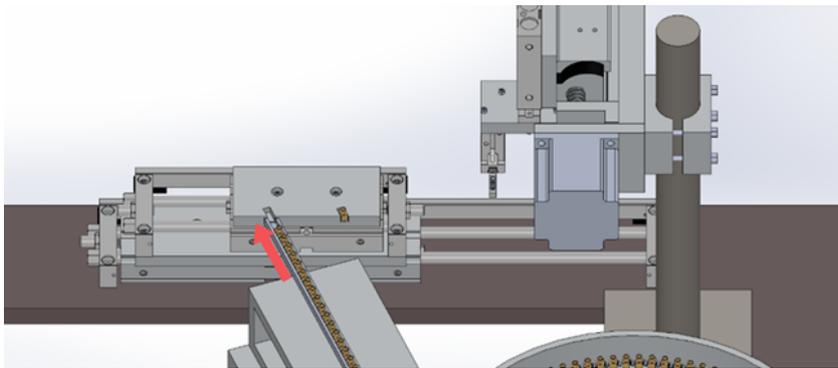
FIGURE 6.3 – Vue de près de la première station



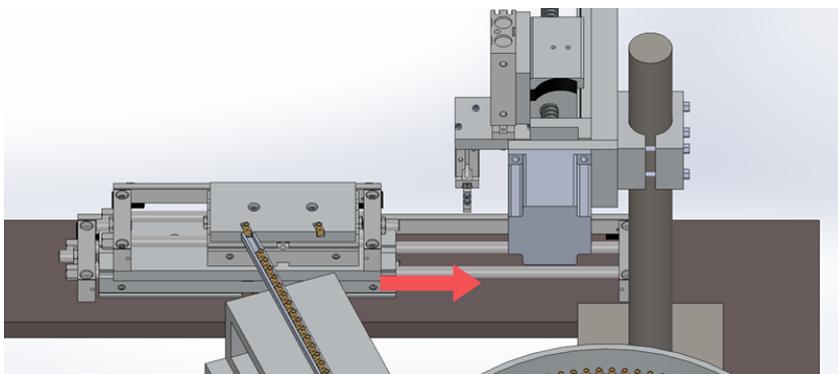
Etape 01 : Insertion du premier bornier sur le porte-pièces intermédiaire



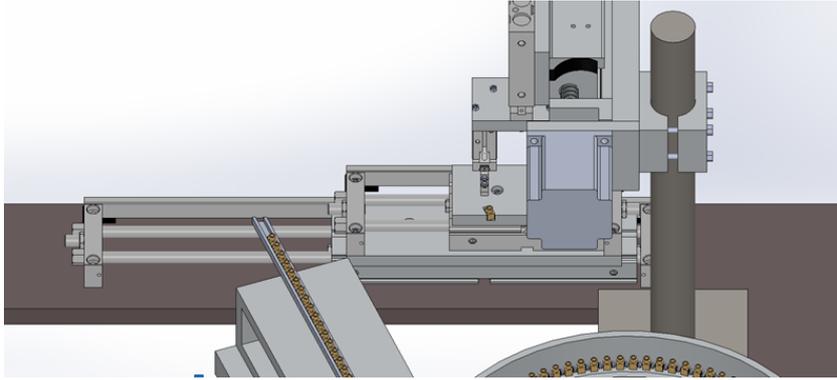
Etape 02 : Translation du Porte pieces intermédiaire pour accueillir le second bonier.



Etape 03 : Insertion du second bornier sur le Porte pieces intermédiaire.



Etape 04 : Translation du Porte pieces intermédiaire vers le bras manipulateur.



Etape 5 : borniers à la portée du bras manipulateur

FIGURE 6.4 – séquence des opérations effectuées sur la première station

6.3 Station 02 et 04

Ces deux postes de travail sont des postes de contrôle seulement comme expliquée à la partie précédente.

Ainsi dans le second poste, Deux capteurs photo-électrique montés en barrage détectent la présence/absence des borniers sur les porte-pièces. Dans le quatrième poste, deux capteurs de proximité capacitifs détectent la présence/absence des porte-mécanismes. S'il s'avère qu'une pièce n'a pas été correctement inséré alors la suite d'opérations sur le porte-pièces correspondant ne sera pas exécutée, et l'assemblage sera considéré défectueux. Un bilan du matériel utilisés est dressé au tableau 6.2.

TABLE 6.2 – Bilan du matériel des stations 02 et 04.

| Dispositif | Son rôle dans la station |
|---|--|
| Deux capteurs photo-électrique en barrage | Détection de la présence/absence des borniers sur les porte-pièces |
| deux capteurs de proximité capacitifs | Détection de la présence/absence des porte-mécanismes sur les porte-pièces |

6.4 Station 05

La station 5 est dédiée au positionnement des deux contacts terre sur les portes-mécanisme de la table d'assemblage.

Cette station est identique dans sa conception à la première station. On retrouve donc exactement les mêmes séquences d'opérations. Les seules différences qu'on retrouve sont dans les porte-pièces intermédiaires et les doigts de pinces du manipulateur qui sont adaptés à la forme du contact terre. Enfin, la vérification du bon positionnement du contact de terre se fait sur la station même contrairement au premier poste. Cette station est illustrée aux figures 6.5 et 6.6.

Concernant le bilan du matériel nécessaire (tableau 6.3), on reprendra celui de la station une en y ajoutant seulement deux capteurs de proximité à fibre optique pour la détection de présence des contacts de terre sur les portes-mécanisme.

| Le dispositif | Son rôle dans la station |
|---|--|
| Un bol et un chemin linéaire vibrants | Système de Stockage et alimentation en contact de terre |
| trois vérin à double guidage | Deux d'entre eux constituent le Système de distribution de contact de terre au manipulateur. Le troisième entraine la seconde articulation du bras manipulateur. |
| Deux pinces pneumatiques | Constituent l'outil du bras manipulateur |
| Moteur pas à pas | Entrainement de la première articulation du bras manipulateur. |
| Cinque distributeurs 5/2, monostable, à commande électrique 24V DC. | Contrôle des actionneurs pneumatiques (vérins à double guidage et pinces) |
| Stepper driver | Contrôle du moteur pas à pas |
| 2 variateurs d'intensité monophasés | Contrôle du bol et du chemin vibrants |
| Capteur photo-électrique en barrage | Détection de la présence de contact terre à la sortie du chemin vibrant |
| sept capteurs de proximités à effet hall | Détection de la fin de course des vérins et des pinces pneumatiques |
| Switch de fin de course mécanique | Homing du bras manipulateur |
| deux capteurs de proximité à fibre optique | Détection de la présence des contacts de terre sur les porte-mécanismes. |

TABLE 6.3 – Bilan du matériel utilisé a la station 05

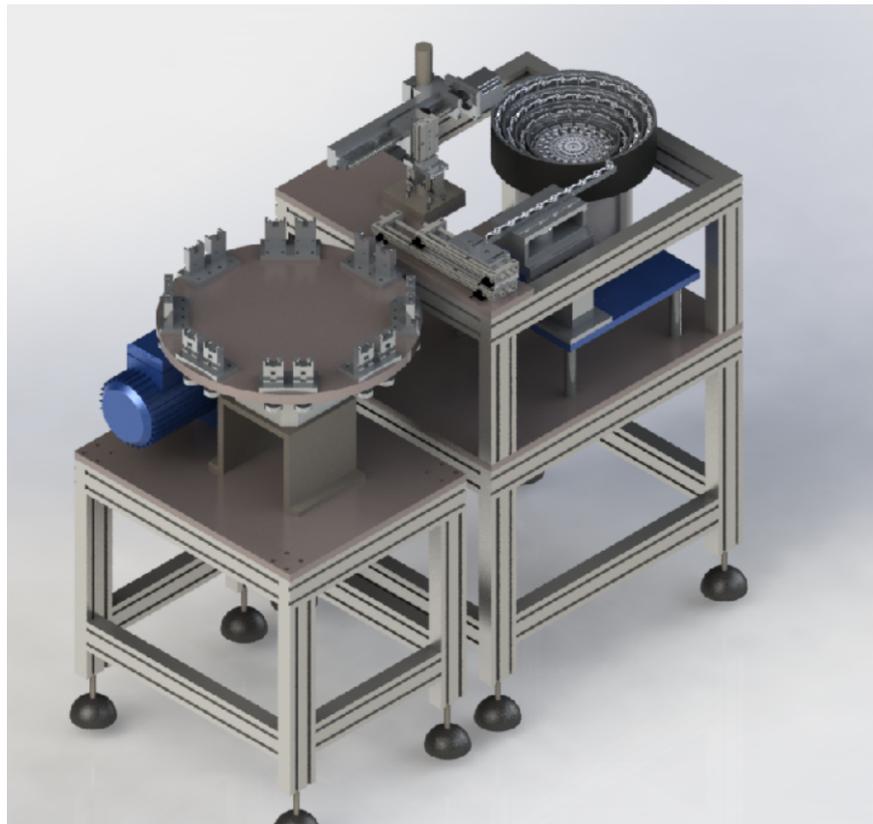


FIGURE 6.5 – Vue globale de la station 5

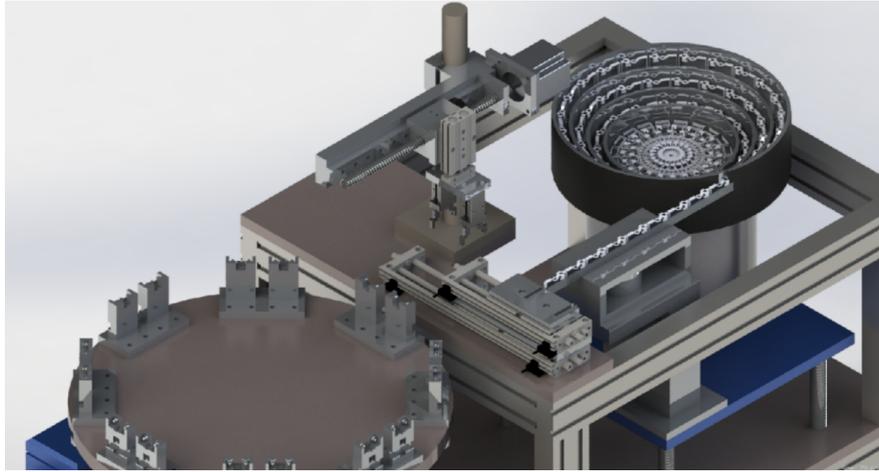


FIGURE 6.6 – Vue de près de la station 5

6.5 Station 06 et 07

Les stations 6 et 7 sont dédiées au sertissage de l'assemblage. Une vue globale de ces deux stations est représentée à la figures 6.7.

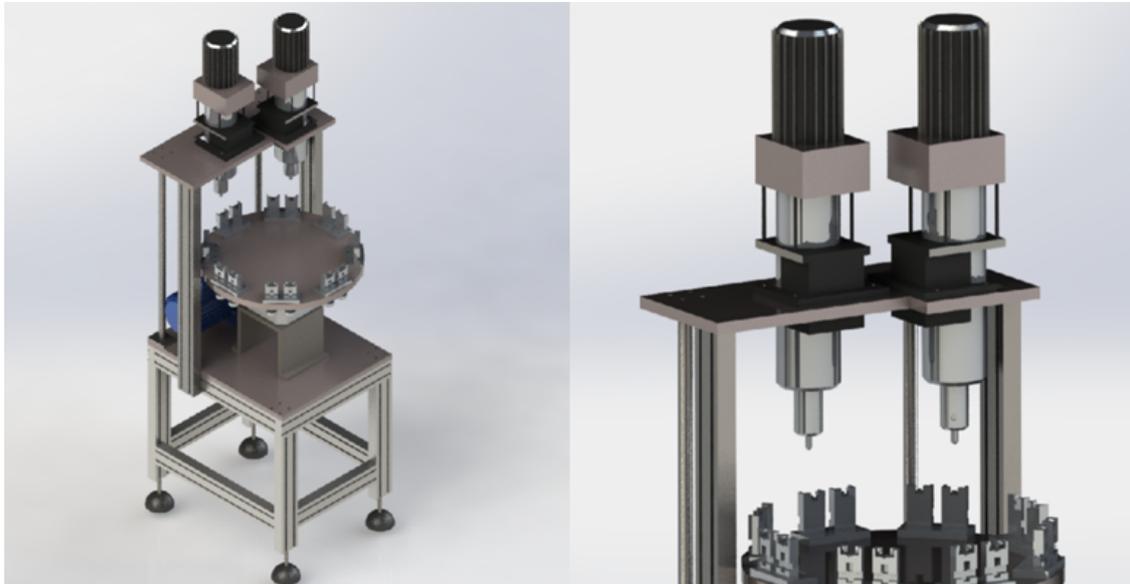


FIGURE 6.7 – vue globale des stations de sertissage

Pour rappel la sertisseuse est une presse pneumatique qui exerce un effort de compression uni-axiale sur la tête de forme cylindrique du bornier pour la déformer. Figure 6.8

Pour faciliter la déformation, l'outil de sertissage est mis en rotation par un moteur asynchrone ce qui provoque un échauffement du bornier par friction. La figure 6.9 illustre l'outil de sertissage utilisé

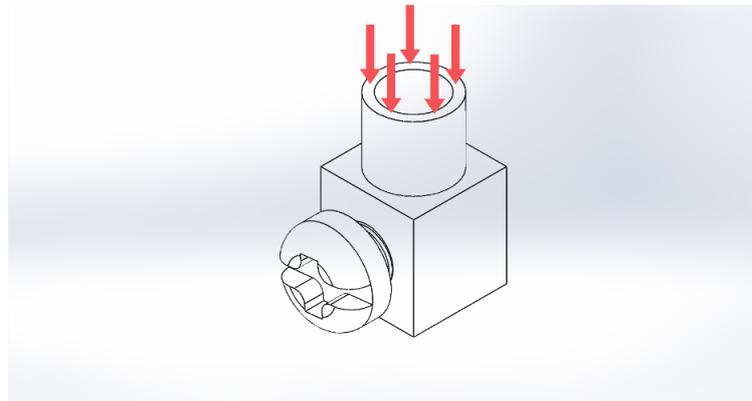


FIGURE 6.8 – effort appliqué sur la tête du bornier pour la déformer.

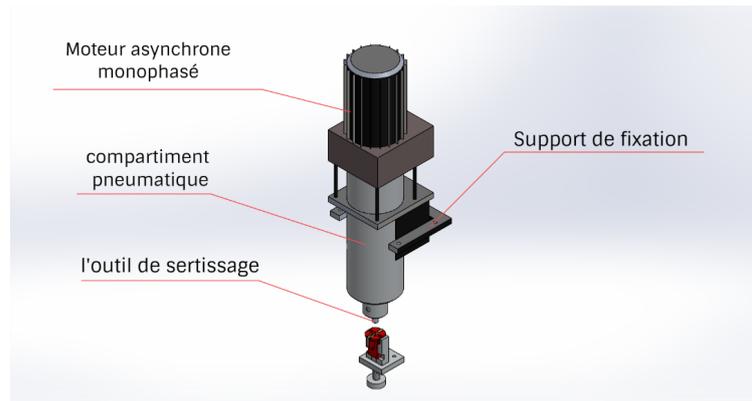
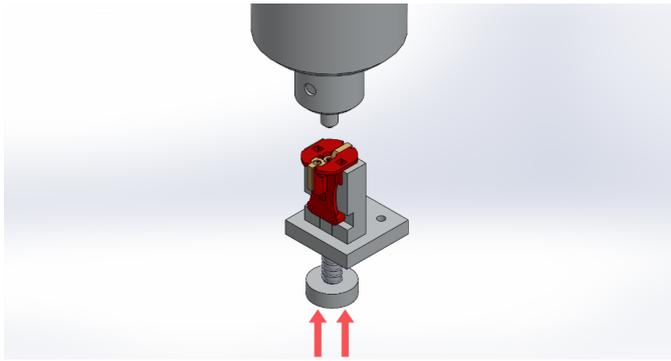
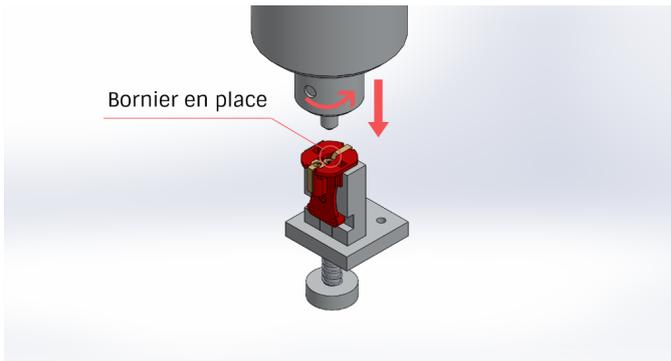


FIGURE 6.9 – sertisseuse

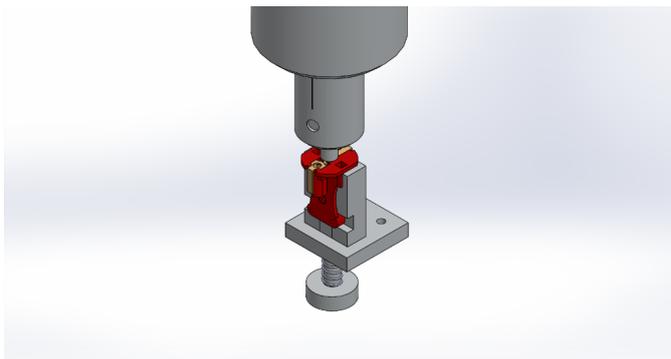
La station 06 s'occupe de sertir le produit se trouvant sur le porte-pièces gauche et la station 07 celui de droite. Arrivé à l'une de ces stations, les porte-pièces sont en état de repos (la partie mobile est tirée vers le bas). Un vérin placé en dessous du porte-pièces correspondant pousse la partie mobile vers le haut et la maintient provoquant ainsi l'insertion du bornier dans le porte-mécanisme. Et servant d'appui pour la fonction de sertissage. Une fois le bornier placé, le sertissage peut s'effectuer. La figure 6.10 illustre les séquences d'opérations qui s'effectuent dans une des deux stations :



Insertion du bornier



descente de l'outil de sertissage en rotation.



sertissage.

FIGURE 6.10 – Etapes de operation de sertissage

Le bilan du matériel nécessaire à la conception de cette station est présenté dans le tableau suivant :

| Dispositif | Son rôle dans la station |
|--|--|
| Deux sertisseuses | Sertissage |
| Deux vérins à double effet | Pousser la partie mobile du porte-pièces pour placer le bornier afin de pouvoir sertir |
| 4 distributeurs 5/2, monostable, à commande électrique 24V DC. | Contrôle des actionneurs pneumatiques (vérins et sertisseuses) |
| Deux relais électromagnétiques 24VDC | Contrôle des moteurs asynchrone des sertisseuses |
| Deux contacteurs électromagnétique 220VAC | Contrôle des moteurs asynchrone des sertisseuses |
| 6 capteurs de proximités à effet hall | Fin de course des vérins et des sertisseuses |

TABLE 6.4 – Bilan matériel nécessaire à la conception de la station

6.6 Station 08

La station huit est dédiée à l'éjection des produits assemblés. Arrivé à cette station, un vérin pousse les produits situés dans le porte-mécanisme dans un chemin qui les guide vers des bacs de stockage. Deux bacs de stockage sont entreposés à la sortie de cette station. Le bac vers lequel un produit est orienté dépend de la justesse de son assemblage : les produits correctement assemblés sont tous stocké dans un même bac et les produits défectueux sont stocké dans un autre bac. cette station est représentée à la figure 6.11, à noter que pour des raisons de clarté, nous avons seulement représenté l'éjection des produits correctement assemblés.

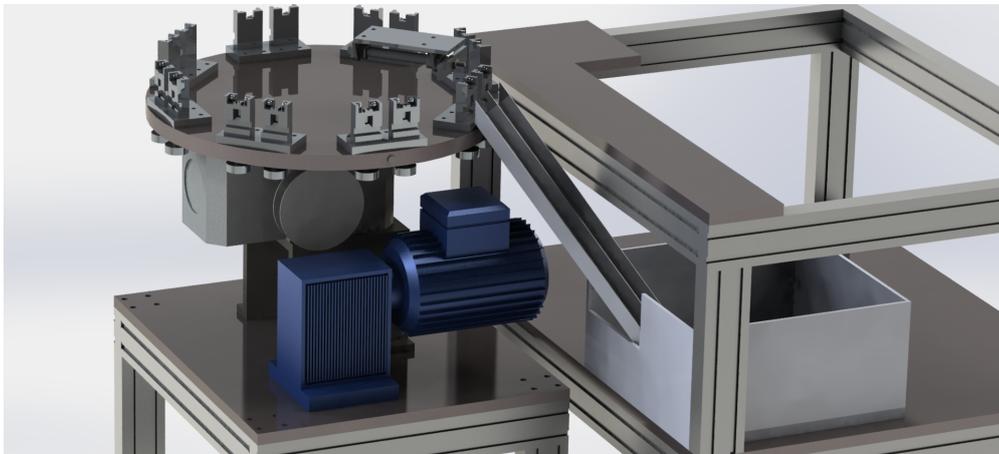


FIGURE 6.11 – Station d'éjection

Le bilan du matériel nécessaire à la conception de cette station est présenté au le tableau 6.5 :

| Le dispositif | Son rôle dans la station |
|--|---|
| deux Vérins | Éjection et orientation du chemin vers le bac |
| trois capteurs de proximités à effet hall | Détection de la fin de course des vérins. |
| 2 distributeurs 5/2, monostable, à commande électrique 24VDC | contrôle des deux vérins |

TABLE 6.5 – Bilan du matériel de la station 08

Pour finir, nous présentant des captures de notre machine au complet sous différents angles de vue :

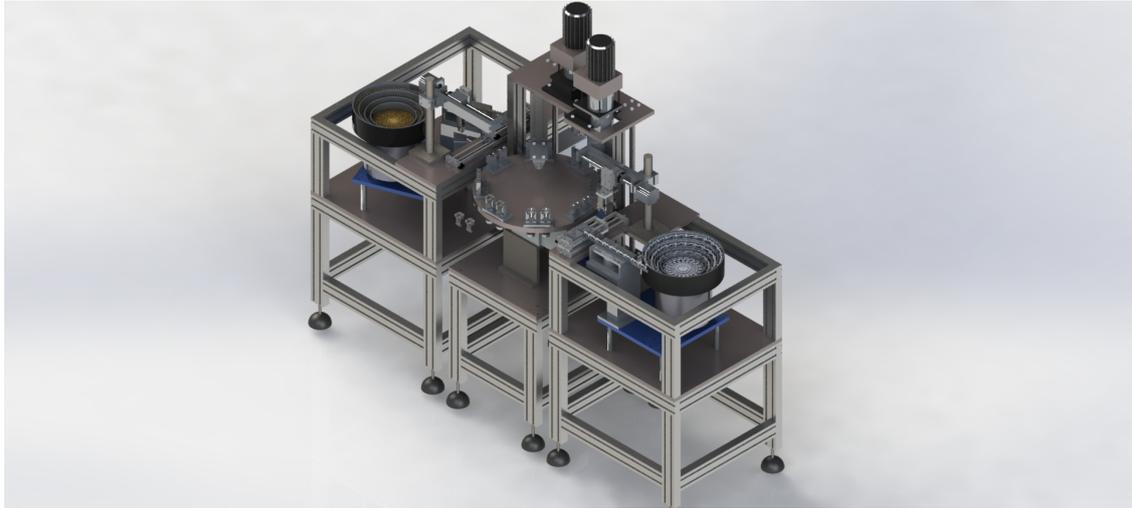


FIGURE 6.12 – Première capture de la machine

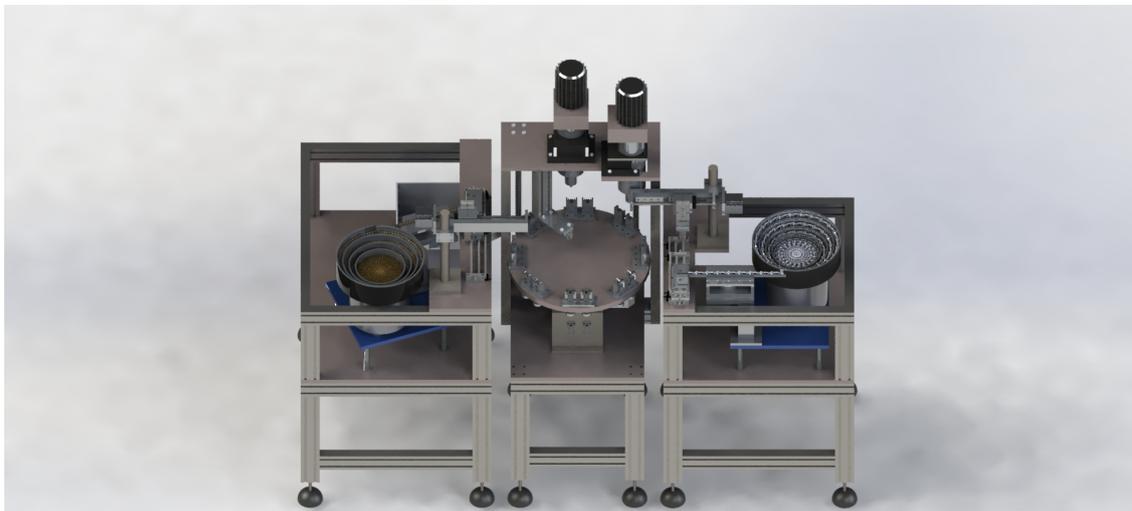


FIGURE 6.13 – Seconde capture de la machine



FIGURE 6.14 – troisième capture de la machine

6.7 Conclusion

Ce chapitre a servi de conclusion pour la conception mécanique de la machine. Une description détaillée de chaque station a été présentée. L'étape suivante consiste à étudier la commande de cette machine.

Chapitre 7

Commande de la machine

7.1 Introduction

Ce chapitre traitera la commande de la machine. Il inclut une description détaillée des différents dispositifs d'alimentation, de contrôle et de diagnostic mis en jeu.

7.2 Choix de l'automate

Le choix de l'automate à utiliser lors de l'élaboration de la commande d'une machine dépend principalement du nombre d'entrées/sorties nécessaires, du type de celles-ci, et des fonctions requises. Pour notre machine, le nombre d'entrées/sorties nécessaires à son fonctionnement a été estimé à 34 entrées et 21 sorties de type logique.

Notre choix s'est porté sur un automate de la firme Mitsubishi qui est le FX3U-80MR principalement parce qu'en plus de satisfaire notre exigence en matière de nombre d'entrée sorties, cette automate était disponible à l'usine et prêt à l'emploi.



FIGURE 7.1 – Le FX3U-80MT

Cependant, il présente la caractéristique d'être un automate à sortie relais ce qui est un inconvénient majeur pour nous. En effet, la commande des moteurs pas à pas se fait par un signal impulsionnel à haute fréquence (de l'ordre du KHz) ce qui est irréalisable avec une sortie à relais.

Pour remédier à ce problème, un deuxième automate de la même firme nous a été délivré par la société, le FX1N-14MT. Cet automate possède deux sortie PWM qui sont les sortie Y0 et Y1[3].



FIGURE 7.2 – Le FX1N-14MT

7.3 Commande de la table tournante

La table tournante est entraînée par un moteur asynchrone triphasé de 0.25KW qu'on contrôle par un variateur de fréquence.

Le variateur que nous avons utilisé est le *AV5 – H – 4T0.75G/1.5L*. Il s'agit d'un variateur de haute performance fournie par la société chinoise Shenzhen *V&T Technologies*. Il adopte une technique de contrôle vectoriel sans capteurs pour l'entraînement de la machine asynchrone.

Plus précisément, le terme 'V5' dans la référence du produit désigne le type de commande implémenté parmi celle existante. Dans ce cas il s'agit d'une commande vectorielle indirecte par orientation du flux rotorique. Le terme 'H' signifie qu'il s'agit d'une série universel (multi usage), c'est-à-dire qu'il peut être utilisé dans pratiquement toute application impliquant l'entraînement d'une machine asynchrone. Des restrictions sont tout de même mentionner dans le manuel tel que l'interdiction d'utilisation dans les équipements médicaux. Le '4T' indique qu'il s'agit d'un variateur de 400V Triphasé. '0.75G/1.5L' signifie que le variateur peut entraîner des machines de puissance allant jusqu'à 0.75Kw lorsque la machine opère à couple nominale constant, et jusqu'à 1.5Kw lorsque la machine opère à couple variable et à charge réduite[7].



FIGURE 7.3 – AV5-H-4T 0.75G/1.5L

7.3.1 câblage

La figure 7.4 montre le montage que nous avons réalisé pour l'entraînement du moteur asynchrone de la table tournante, avec une représentation simplifiée du variateur ne montrant que les bornes qui nous ont été utile dans notre application.

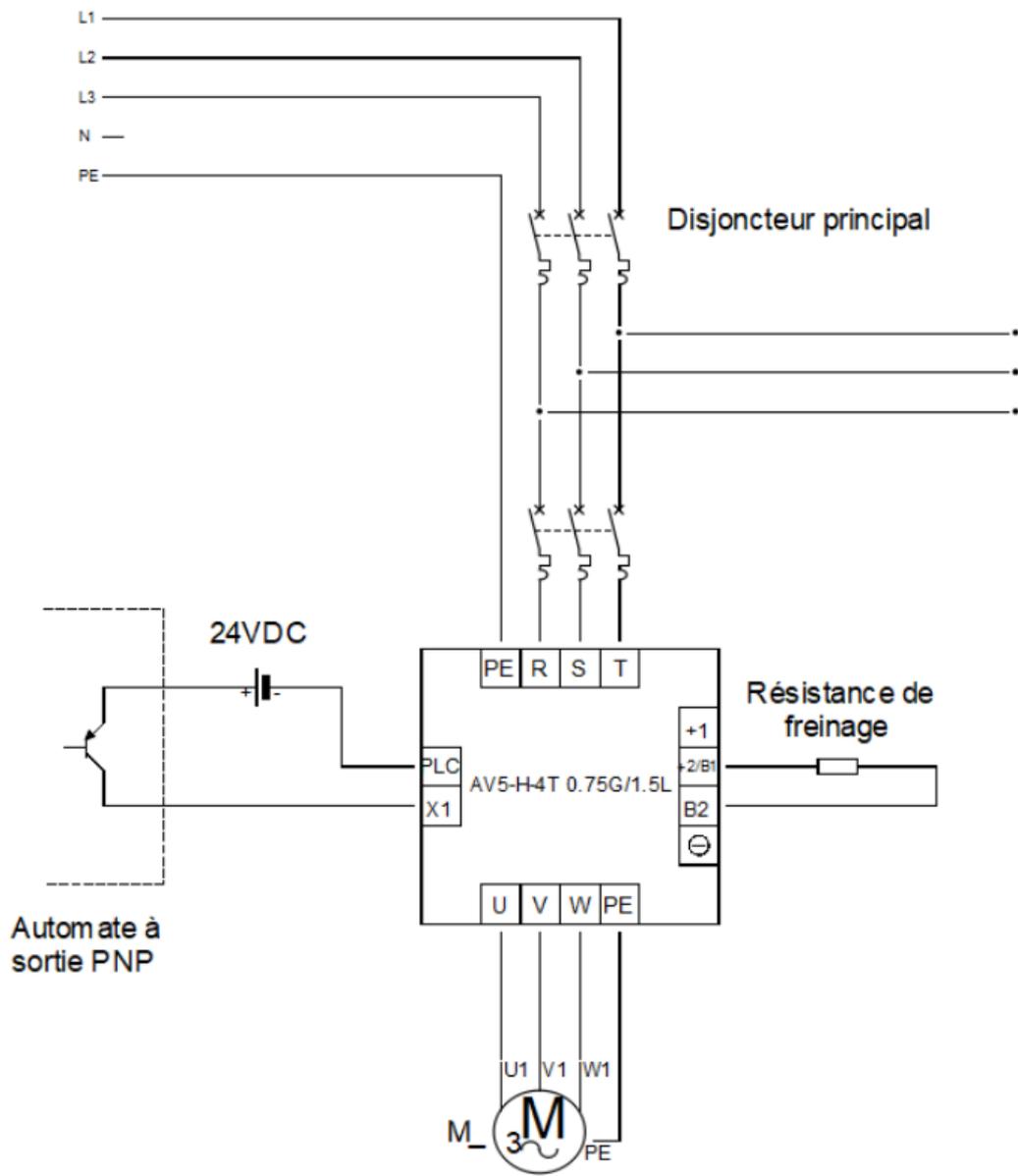


FIGURE 7.4 – Schéma électrique de l'entraînement de la table tournante.

La borne X1 est l'une des sept entrées de commande multifonctionnelles du variateur. En excitant cette entrée, on ordonne au variateur de mettre le moteur en rotation. La borne marqué PLC est une borne commune aux sept entrées Xi et sert à les configurer en mode PNP (sourcing) ou NPN (sinking). La sortie de l'automate correspondante étant configuré en mode PNP, l'entrée X1 adopte le mode NPN ce qui revient à relier la borne PLC au 0V. figure 7.5

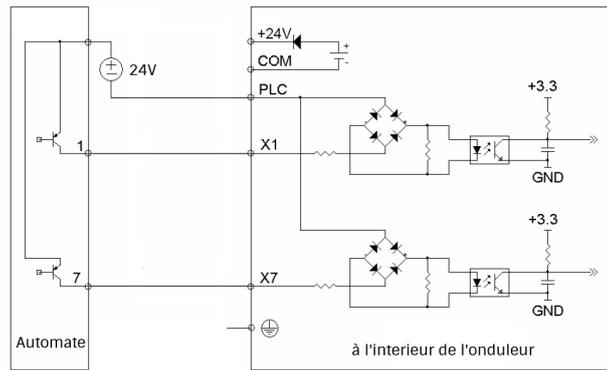


FIGURE 7.5 – détail du câblage des entrées Multifonctionnelles Xi

Entre les bornes +2/B1 et B2 est branché une résistance de freinage. Elle permet (avec un circuit de commande) de contrôler le profil de décélération du moteur.

Il faut comprendre que tous les variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones suivent le même schéma de principe : on y trouve un redresseur qui transforme le courant alternatif du secteur en un courant continu et un onduleur qui transforme le courant continu en un courant alternatif de fréquence variable.

L'onduleur est réversible, c'est-à-dire qu'il peut envoyer du courant au moteur mais aussi faire l'inverse, c'est-à-dire transformer un courant alternatif issu du moteur en un courant continu qui vient alimenter le bus à courant continu du circuit intermédiaire (figure 7.6). Cette propriété est essentielle dans les applications de freinage : en effet, dans ces applications, le moteur fonctionne en génératrice (la charge, du fait de son inertie, entraîne le moteur) et le courant issu du moteur vient alimenter le bus à courant continu. Toutes les techniques de freinage ont pour but d'évacuer ce courant.

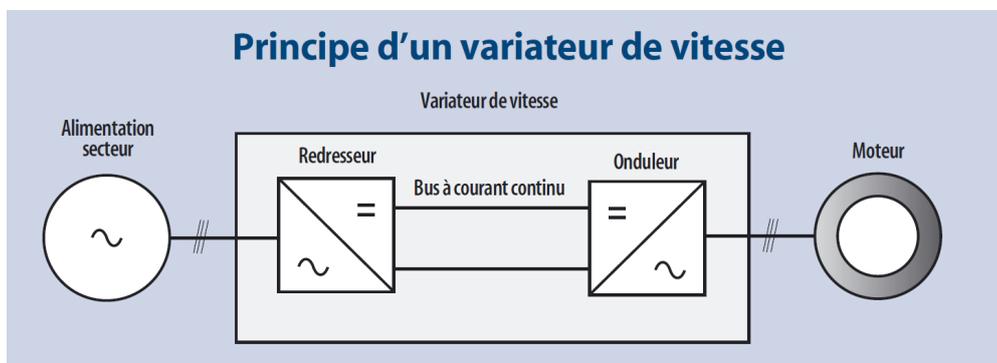


FIGURE 7.6 – principe d'un variateur de vitesse

La technique de freinage la plus utilisée est le freinage par résistance (freinage rhéostatique) : la diminution de la tension du bus à courant continu est obtenue en évacuant le courant dans une résistance électrique. Ce mode de freinage est très efficace mais l'énergie de freinage est dissipée en pure perte.

La résistance de freinage est activée via un hacheur placé dans le circuit intermédiaire. (figure 7.7) Le hacheur envoie des impulsions de courant dans la résistance de freinage. Le paramétrage du temps de cycle du hacheur et de son rapport cyclique permettent de suivre précisément une consigne de décélération (une pente de décélération) : il est possible de garantir un contrôle précis du mouvement dans un temps défini. On parle de "freinage dynamique".

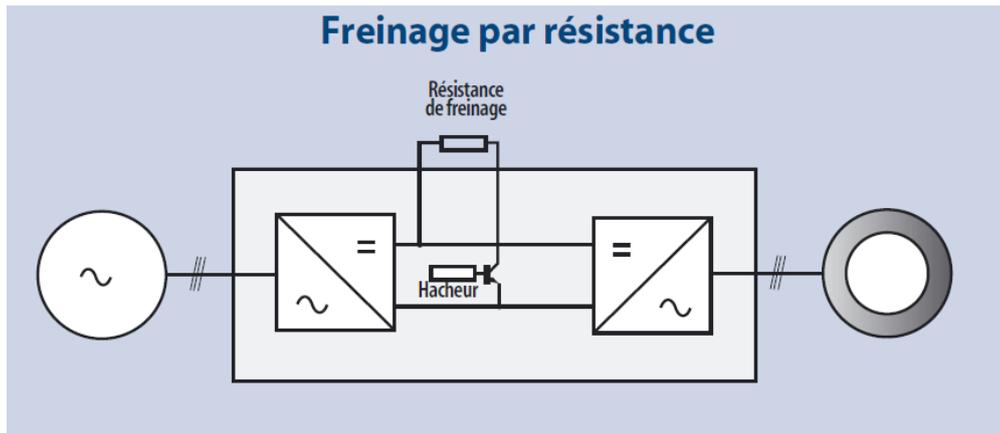


FIGURE 7.7 – principe de freinage par résistance

7.3.2 Paramétrage

L'interface utilisateur à travers laquelle se fait le paramétrage du variateur de fréquence est le panneau de contrôle exposé à la figure 7.8



FIGURE 7.8 – panneau de contrôle

Les voyant Hz, A et V indiquent quel paramètre est actuellement affiché. Par exemple L'allumage du voyant 'Hz' indique que le paramètre affiché est la fréquence et son clignotement indique que le réglage de la fréquence est en train de se faire. Le voyant 'A' (respectivement 'V') indique que le paramètre affiché est le courant (respectivement la tension). L'allumage simultané de 'Hz' et 'A' indique que le paramètre affiché est la vitesse de rotation du moteur... etc.

Le reste des voyants sont des indicateurs de statuts. Le voyant 'MON', quand allumé, indique que le démarrage/arrêt du moteur est contrôlé par le panneau de contrôle (à travers les boutons RUN/STOP). Lorsqu'éteint, il indique que le démarrage/arrêt du moteur est contrôlé par l'une des entrées multifonctionnelles Xi. C'est le mode que nous avons utilisé et nous avons choisis X1 comme entrée de commande (voir fonction P0.06 plus loin). 'FWD/-REV' pour Forward/Reverse indique dans quel sens le variateur entraîne le moteur.

Le menu du panneau de contrôle est accessible via la touche 'PRG' et a le format Px.yz où le chiffre x désigne le groupe de fonction et yz désignent la fonction. Nous avons 15 groupes de fonctions (P0 jusqu'à PE) et chaque

groupe contient un certain nombre de fonctions. Le groupe 6 par exemple contient 25 fonction : de P6.00 jusqu'à P6.24.

Les fonctions qui nous ont été utile dans notre application se trouvent tous dans le groupe 0 à l'exception de la fonction P5.00 (groupe 5) :

- La fonction P0.01 fixe les droits de l'utilisateur à modifier les paramètres du variateur. L'attribution de la valeur 0 signifie que tous les paramètres sont autorisés à être modifier. La valeur 1 interdit leur modification, et la valeur 2 restore les paramètres aux valeurs par-default. Nous avons bien entendu affecté la valeur 0 à cette fonction.
- La fonction P0.02 permet d'afficher les paramètres selon le besoin réel de l'utilisateur. Il faut affecter la valeur 0 pour l'affichage de tous les paramètres, la valeur 1 pour afficher uniquement certains paramètres définis par le fabricant, La valeur 2 pour afficher seulement les paramètres qui ne sont pas à leur valeur par default et la valeur 3 pour l'affichage des 10 derniers paramètres modifiés (utile lorsque le système à un comportement anormal après une maintenance ou un réglage). Nous avons affecté la valeur 0 à cette fonction.
- La fonction P0.03 définit le mode de contrôle du variateur : commande en boucle ouverte, commande en boucle fermé avec un signal de retour analogique, commande en boucle fermé avec signal de retour impulsionnel (encodeur) ... etc. nous avons affecté la valeur 0 à cette fonction ce qui signifie que l'entraînement se fait en boucle ouverte.
- P0.05 est la fonction qui détermine la fréquence avec laquelle le variateur entraine le moteur. En lui affectant la valeur 0, la fonction nous donne la main pour introduire la fréquence voulu. La fonction peut aussi lire la fréquence de référence à partir de l'entrée AI1 (resp AI2, AI3) si on lui affecte la valeur 1 (resp 2, 3). Nous avons réglé la fréquence manuellement à 50 Hz.
- Le démarrage/Arrêt ainsi que le sens de rotation du moteur peuvent être contrôlé soit par le panneau de contrôle via les touche RUN, STOP, FWD/REV si on affecte la valeur 0 à la fonction P0.06, soit à travers les entrées multifonctionnelles Xi si on affecte la valeur 1 à la fonction P0.06, soit par la communication avec un host si on affecte la valeur 2 à la fonction P0.06 (Le variateur implémente le protocole Modbus). Nous avons mis P0.06 à 1. Le choix de l'entrée X1 comme entrée de commande se fait en affectant la valeur 2 à la fonction P5.00

Au démarrage, les moteurs font appel à un fort courant (plusieurs fois le courant nominale). Des techniques tel que le démarrage étoile triangle permettent de réduire ces courant de démarrage. Le variateur de vitesse quant à lui contourne ce problème en faisant monter la vitesse progressivement jusqu'à la valeur de consigne. (figure 7.9) pour cela, on paramètre avec la fonction P0.08 le temps de monté t_{acc} , qui est le temps nécessaire pour que la vitesse progresse de $0RPM$ à la valeur de consigne. On peut aussi, grâce au freinage dynamique, paramétrer le temps de décélération t_{dec} à travers la fonction P0.09

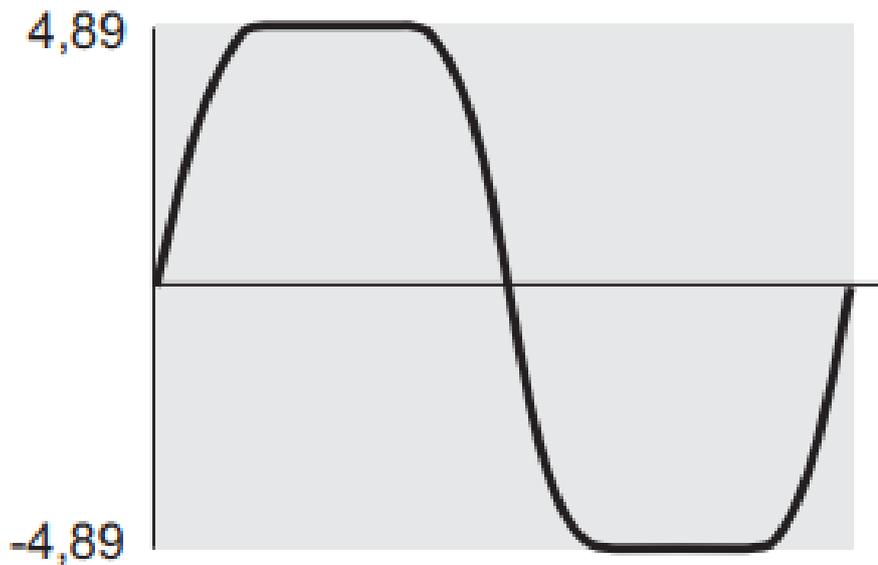


FIGURE 7.9 – profil de mouvement trapézoïdale.

Le moteur est entraîné avec une tension de 50Hz ce qui correspond à une vitesse de 1350RPM à charge nominale. Le moteur est suivi d'un réducteur de rapport $1 : 25$, on a donc à la sortie du réducteur une vitesse de $1350/25 = 54\text{RPM}$. La transmission par courroie entre le réducteur et la came de l'indexeur réduit encore la vitesse d'un rapport de 1.5 du fait de la différence des diamètres des poulies. La came de l'indexeur a donc une vitesse :

$$V_m = 54/1.5 = 36\text{RPM}.$$

Le réglage de t_{acc} et t_{dec} doit permettre :

- Que la came atteigne la vitesse V_m avant qu'elle ne sorte de la zone de repos et commence à faire tourner la table, sinon, le transfert entre stations ne se fera pas à cette vitesse maximale.
- - Que, arrivé à une station (la came entre dans la zone de repos), la came s'arrête quelque part au milieu de la zone de repos sans la quitter, sinon, elle aurait entamé un autre cycle.

La zone de repos doit donc être partagée en deux zones (pas nécessairement égales). La première zone est la zone où le moteur décélère jusqu'à s'arrêter. A partir de là, commence la seconde zone qui où le moteur accélère jusqu'à la vitesse maximale V_m .

La zone de repos est de $270^\circ = \frac{3}{4}\text{tour}$ qu'on partage en 2, soit deux zones de 135° chacune. Si on souhaite qu'à $t = t_{acc}$, la vitesse $V(t_{acc}) = V_m = 36\text{RPM}$ (voir figure) alors $v(t)$ en RPM dans l'intervalle $[0, t_{acc}]$ a pour expression :

$$V(t) = \frac{36}{t_{acc}} t$$

à $t = t_{acc}$, la came doit avoir parcouru $135^\circ = 3/8\text{tour}$, on a donc :

$$\int_0^{t_{acc}} V(t) dt = \frac{3}{8}$$

ce qui donne

$$t_{acc} = 1.25\text{s}$$

Le même résultat est retrouvé pour t_{dec} puisqu'on a divisé la zone de repos en deux zones égales.
Pour notre application, nous avons pris $t_{acc} = t_{dec} = 1\text{ s}$

7.4 Commande du moteur pas à pas

Le modèle du moteur que nous avons utilisé est le 86J1880EC – 1000 – QS. C'est un moteur de 200 pas par révolution (un pas de 1.8°) qui incorpore un encodeur incrémentale d'une résolution de 1000 impulsions par révolution.

Le moteur est contrôlé par un Driver dédié à cette tâche. Le Driver reçoit une référence de position et de vitesse de l'automate sous forme d'une trame d'impulsions et pilote le moteur vers cette position avec cette vitesse. Le Driver que la société a mis à notre disposition est le 2HSS858H.

Un tel système (moteur pas à pas + Driver) est communément appelé un servo-stepper du fait de l'existence d'une boucle de réglage grâce au feedback de l'encodeur du moteur.[1]

(figure 7.10)



FIGURE 7.10 – Le système servo-stepper

7.4.1 Câblage

Le schéma suivant montre le montage que nous avons réalisé pour la commande du moteur stepper qui constitue la première articulation de notre bras manipulateur

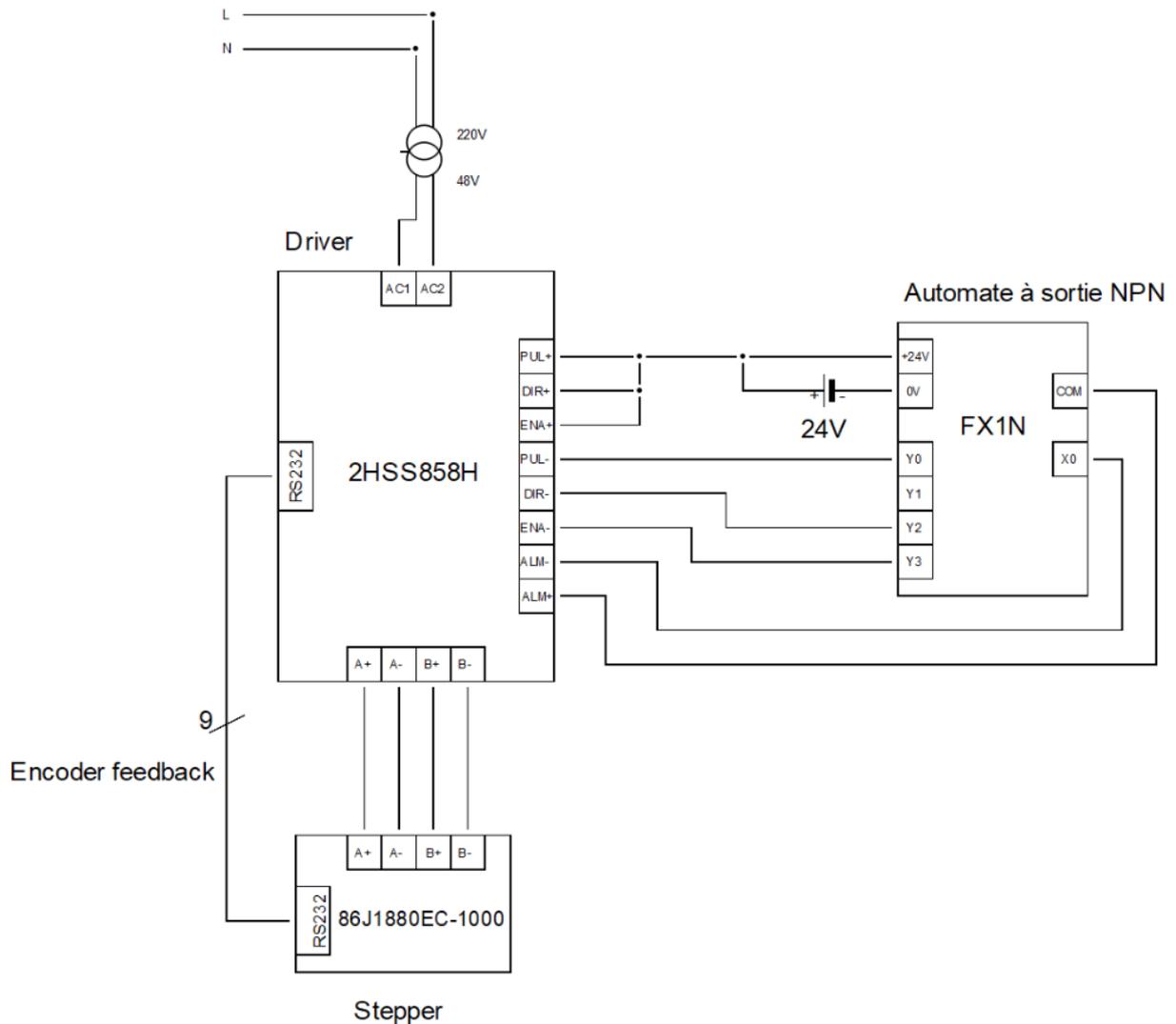


FIGURE 7.11 – schéma électrique de commande du servo-stepper

La paire PUL+/PUL- constitue l'entrée qui reçoit la tram d'impulsions de commande du stepper. Ces bornes sont interchangeable (de même que pour les signaux DIR et ENA) mais nous nous somme tenu à la convention suivante : la borne PUL+ (DIR+, ENA+) doit être reliée au point de potentiel haut et la borne PUL- (DIR-, ENA-) au point de potentiel bas. Puisque l'automate FX1N est à sortie NPN, PUL+ est reliée au +24V et PUL- à la sortie Y0. La paire DIR+/DIR- constitue l'entrée qui contrôle la direction de rotation du moteur. Si cette entrée est mise à 0, le moteur tourne dans le sens direct (clockwise), et si mise à 1, le moteur tourne dans le sens indirect (counter clockwise).

La paire ENA+/ENA- est une entrée qui permet de libérer du moteur pour qu'on puisse faire tourner l'arbre à la main. En effet, dès qu'on alimente le moteur, un couple de maintien s'installe et le moteur ne peut plus être tourné à la main. En existant cette entrée, le Driver libère le moteur ce qui peut s'avérer utile dans une tâche de maintenance ou de réglage.

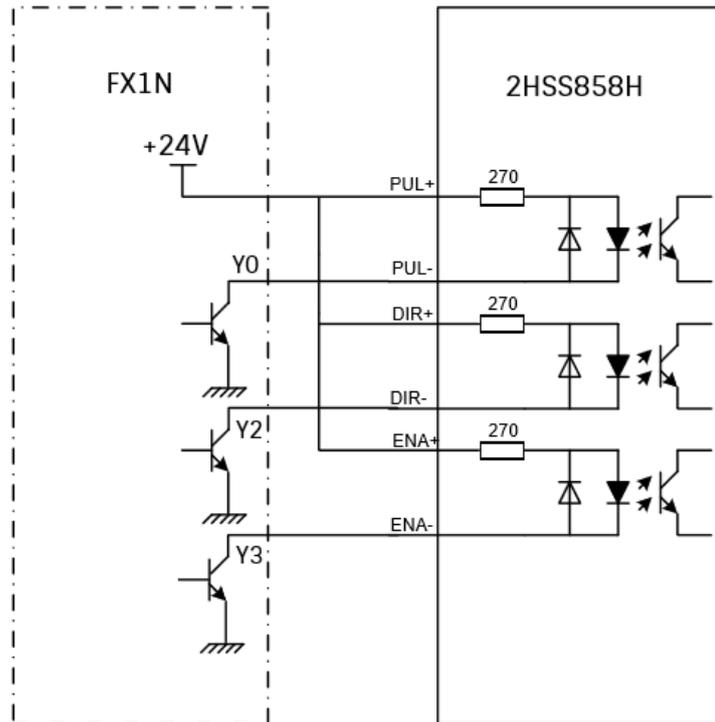


FIGURE 7.12 – détail du câblage des entrées du Driver avec l'automate

La sortie ALM+/ALM- est un signal d'alarme qui se déclenche lorsque le moteur ne fait pas le nombre de pas qu'il était supposé faire. En effet, il arrive aux steppers de manquer des pas ou de faire des pas en plus. Ceci peut être dû à une charge trop lourde voir bloquante, ou bien à la manifestation du phénomène de résonance : Lorsqu'un stepper fait un pas, il dépasse légèrement le pôle cible et oscille un peu avant de se fixer sur ce pôle. Cela est dû principalement à l'inertie de la masse en rotation. Le problème ne se remarque que lorsqu'on commence à enchaîner les impulsions pour obtenir un mouvement pseudo continue. Cette oscillation se produit à chaque pas et si la fréquence à laquelle le driver émet les impulsions de commande vers le moteur correspond à la fréquence propre du moteur, les oscillations auront tendance à devenir plus sévères à chaque pas. En fin de compte, elles seront si élevées qu'elles feront en sorte que l'arbre manque des pas.

Le Driver détecte ce drift de position grâce au feedback de l'encodeur et lorsque cela se produit, nous utilisons le signal d'alarme pour déclencher une alarme dans le HMI prévenant ainsi l'opérateur responsable de la machine.

7.4.2 Paramétrage et programmation

La configuration par défaut des paramètres du Driver a été suffisante pour notre application. Le seul paramètre à modifier était le paramètre PUL/REV (impulsions par révolution). Ce paramètre agit comme un diviseur de fréquence et fixe le nombre d'impulsions qu'il faut envoyer au Driver pour effectuer une révolution. Le tableau suivant liste les valeurs que peut prendre ce paramètre et le nombre d'impulsions par révolution correspondant [1] :

| Paramètre PUL/REV | Impulsions par révolution | Impulsions par pas |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | Définit par l'utilisateur | Définit par l'utilisateur |
| 1 | 800 | 2 |
| 2 | 1600 | 4 |
| 3 | 3200 | 8 |
| 4 | 6400 | 16 |
| 5 | 12800 | 32 |
| 6 | 25600 | 64 |
| 7 | 51200 | 128 |

TABLE 7.1 – réglage du paramètre PUL/REV

Plus on augmente la valeur du paramètre, plus le nombre nécessaire d'impulsions pour effectuer un pas augmente. Ceci réduit le risque d'erreur de position du moteur lorsque la trame d'impulsions est bruitée mais nécessite d'augmenter en fréquence pour une même vitesse. Plus précisément, pour une vitesse donnée, à chaque incrémentation de la valeur du paramètre, on double la fréquence d'impulsions. En pratique, on se donne la vitesse souhaitée, puis on continue à incrémenter ce paramètre tant que la sortie de l'automate nous permet de monter en fréquence jusqu'à atteindre la fréquence maximale.

Dans notre application, la course de l'articulation du robot est de 200mm. La vis sans fin nous permet d'avancer de 10mm/révolution. Si on souhaite parcourir les 200mm en une seconde, la vis doit atteindre une vitesse de 20 tours par seconde. Si on fixe le paramètre PUL/REV à 2, alors on doit générer une trame d'impulsions à $1600 \times 20 = 32\text{KHz}$ qui est exactement égale à la fréquence maximale que peut atteindre la sortie Y0.

Niveau programmation, l'instruction qui permet de générer un certain nombre d'impulsions à une fréquence donnée est l'instruction PLSY[2]. Cette instruction prend comme argument la fréquence, le nombre d'impulsions à générer et la sortie sur laquelle elles doivent être générées. Puisque le moteur doit faire 20 révolutions et que 1600 impulsions par révolution sont nécessaires, on doit générer $1600 \times 20 = 32000$ impulsions. (32000 impulsions générés à la fréquence 32KHz demandent exactement une seconde ce qui était attendu).



FIGURE 7.13 – utilisation de l'instruction PLSY

Lorsque le nombre souhaité d'impulsions est atteint, le bit système M8029 est mis à 1[2]. Ceci nous permet de confirmer que le robot a fini sa course si l'alarme relative à l'erreur de position (ALM) ne s'est pas déclenchée. On peut ainsi économiser un switch de fin de course.

7.5 commande de la sertisseuse

Le schéma suivant montre le montage que nous avons réalisé pour la commande de la sertisseuse. La partie pneumatique est contrôlée à travers un distributeur 5/2 monostable à commande électrique 24VDC. Le moteur asynchrone monophasé est actionné par un contact de puissance 220VAC (KM2). Les sorties de l'automate étant des sorties 24VDC, on ne peut pas activer le contact de puissance directement. On place alors un relais à commande 24VDC entre les deux (KM1).

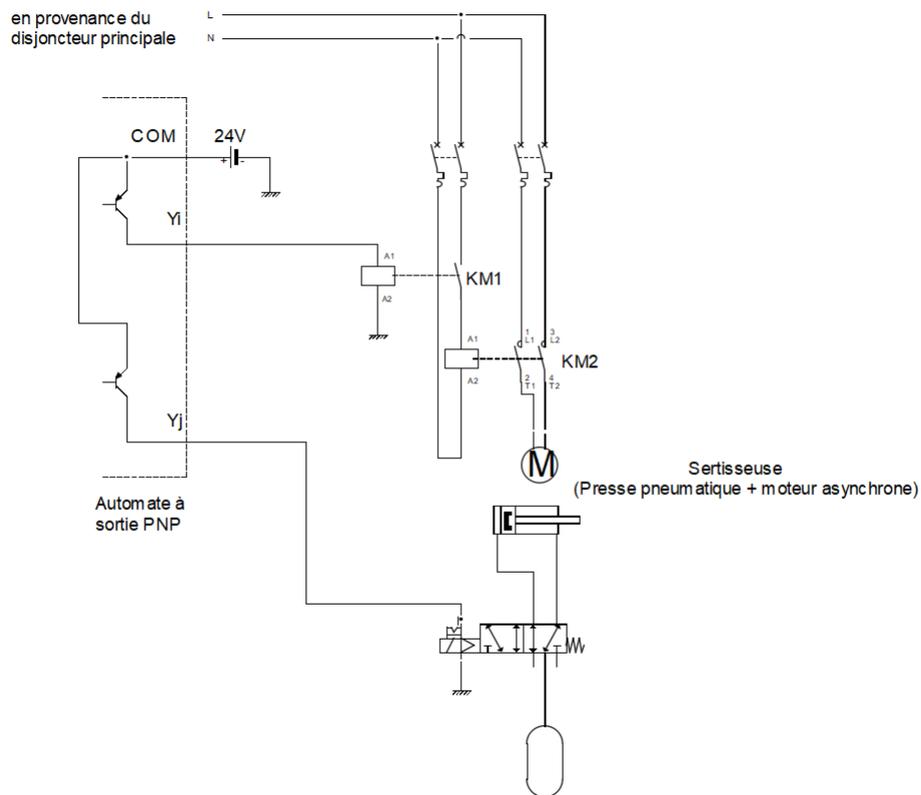


FIGURE 7.14 – Commande de la sertisseuse

7.6 Le Homing

Le 'homing' est le retour de la machine à un état d'origine bien défini. Lorsque la machine est mise en marche la première fois, l'état sur lequel elle se trouve est inconnu, elle doit être réinitialiser à un état bien connu pour pouvoir ensuite opérer. Généralement, cet état est référencé par des switches. Au démarrage de la machine, on demande aux actionneurs d'atteindre ces positions de référence. Une fois tous les switches de références déclenchés, l'état de la machine est connu et le travail peut s'enchaîner.

Pour la table tournante, le homing se fait en tournant la table jusqu'à ce que les porte-pièces rencontrent les stations. (figure 7.15)

Pour les actionneurs pneumatiques, ils seront commandés par des distributeurs monostables, c'est-à-dire qu'en l'absence de signal de commande, un distributeur est à sa position stable. De ce fait, si au démarrage de la machine on n'affecte aucun signal de commande aux distributeurs, la position des vérins est connue, on a donc pas besoin de faire un homing pour les actionneurs pneumatiques.

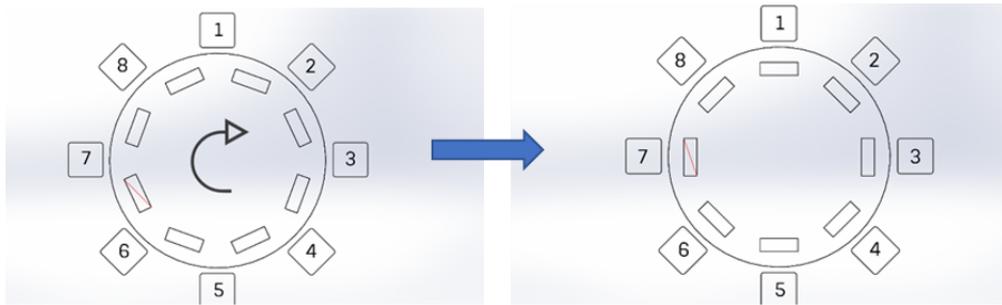


FIGURE 7.15 – homing de la table tournante

Enfin, sur la première articulation du bras manipulateur, une origine est référencée par un switch mécanique. Au démarrage de la machine, le moteur pas à pas entraîne cette articulation dans le sens négatif jusqu'à atteindre cette origine. (figure 7.16)

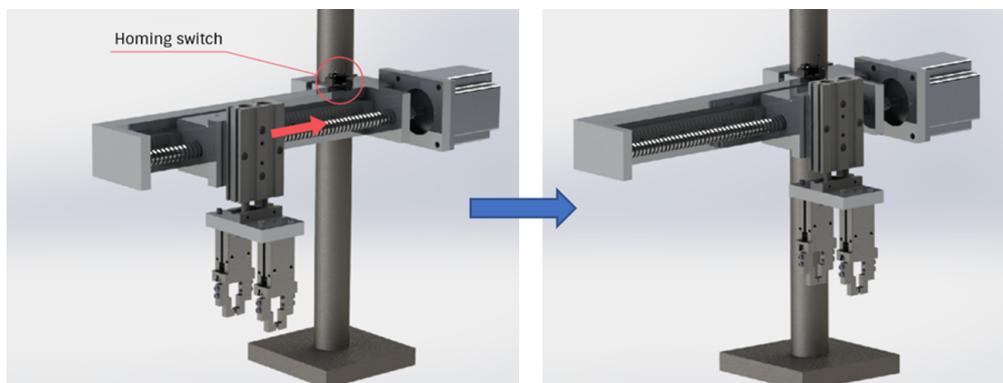


FIGURE 7.16 – homing de la première articulation du bras

7.7 dimensionnement des protections

Une augmentation ou une diminution anormale des grandeurs nominales dans un circuit électrique constitue un défaut ou une perturbation. Ce sont le plus souvent les variations anormales de la tension, de l'intensité et de la fréquence qui sont à l'origine de ces perturbations. Les défauts les plus courants sont :

- Surintensité par surcharge.
- Surintensité par court-circuit.

7.7.1 Protection contre les courts-circuits

Un court-circuit est une mise en relation directe de deux points qui sont à des potentiels électriques différents :

- En courant alternatif : liaison entre phases, entre phase et neutre, entre phase et masse conductrice ou entre spires d'une même phase.
- En courant continu : liaison entre les deux polarités ou entre une masse conductrice et la polarité qui en est isolée.

Un court-circuit se traduit par une augmentation brutale du courant qui peut atteindre en quelques millisecondes une valeur égale à plusieurs centaines de fois le courant d'emploi. Il peut avoir des effets dévastateurs et provoquer des détériorations importantes sur le matériel. Il se caractérise par deux phénomènes :

- Un phénomène thermique : Il correspond à la quantité d'énergie libérée dans le circuit électrique parcouru par le courant de court-circuit durant laps de temps. Cet effet thermique peut provoquer : la fusion des contacts du contacteur, la destruction des éléments thermiques d'un relais à bilame, la génération d'arcs électriques, la calcination des matériaux isolants, l'incendie dans l'équipement.

- - Un phénomène électrodynamique : Il se traduit entre les conducteurs par des efforts mécaniques intenses, provoqués par le passage du courant avec les manifestations suivantes : déformation des conducteurs formant les enroulements du moteur, répulsion des contacts (à l'intérieur des contacteurs) pouvant entraîner leurs fusions et leurs soudures.

De telles manifestations sont dangereuses à la fois pour les biens et pour les personnes. Il est donc impératif d'utiliser contre les courts-circuits des dispositifs de protection chargés de détecter le défaut, et d'interrompre le circuit très rapidement, avant que le courant n'atteigne sa valeur maximale. Pour cela, deux dispositifs de protection sont communément employés :

- Les fusibles (coupe-circuits) qui interrompent le circuit par leur fusion, laquelle nécessite ensuite leur remplacement.
- Les disjoncteurs à déclencheur magnétique, souvent dénommés plus simplement "disjoncteurs magnétiques", qui interrompent automatiquement le circuit par ouverture de leurs pôles et dont la remise en service ne nécessite qu'une manœuvre de réenclenchement.

La protection contre les courts-circuits peut aussi être intégrée à des appareils à fonctions multiples tels que les disjoncteurs magnéto-thermiques et les contacteurs-disjoncteurs.

7.7.2 Protection contre les surcharges

La surcharge est une surintensité circulant en l'absence de défaut électrique dans un circuit. Elle est due à un sous-dimensionnement de la canalisation pour la charge alimentée (ou réciproquement à une charge trop importante pour la canalisation). Elle représente le défaut le plus fréquent sur les moteurs et se manifeste par une augmentation du courant absorbé et des effets thermiques.

Toutefois, une surcharge conduisant à un échauffement supérieur à la normale n'aura pas d'effets néfastes immédiats si elle est limitée dans le temps et peu fréquente, des dispositifs de protection doivent être prévus pour interrompre tout courant de surcharge avant que l'échauffement du conducteur ne nuise à son isolation, à ses connexions et aux matériaux environnants.

La protection contre les surcharges peut être assurée par :

- Des fusibles
- Des disjoncteurs avec relais thermique
- Des disjoncteurs avec relais électronique
- Des contacteurs avec relais de mesure
- Des relais thermiques

7.7.3 Protections des équipements de la machine

Le dispositif de protection utilisé pour protéger les différents équipements de la machine est le disjoncteur magnéto-thermique comprenant les protections suivantes :

- Le sectionnement
- La protection contre les courts-circuits
- La protection contre les surcharges

Avec une courbe de déclenchement de type C comprenant un déclenchement magnétique qui se situe entre 5 et 10 fois I_n .

Deux types de disjoncteurs ont été utilisés : un disjoncteur magnéto-thermique triphasé pour la protection du moteur asynchrone de la table index. Et des disjoncteurs magnéto-thermiques monophasés pour la protection du reste des équipements.

Notons que le moteur triphasé de la table index est commandé par un variateur de fréquence assurant déjà une protection, et limitant le courant d'appel au démarrage en faisant monter la vitesse progressivement jusqu'à la valeur de consigne.

Une liste des dispositifs électriques contenus dans la machine est donnée au tableau suivant :

| Dispositif | Nombre | Courant d'emploi I_b | Tension d'alimentation |
|--------------------|--------|------------------------|------------------------|
| Moteur table index | 1 | 0.79A | 380V |
| Moteur sertisseuse | 2 | $0.41*2=0.82A$ | 220V |
| Moteur pas à pas | 1 | 5A | 48V |
| Bol vibrant | 2 | $1*2=2A$ | 220V |
| Chemin vibrant | 2 | $0.4*2=0.8A$ | 220V |
| PLC FX3U | 1 | 2.08A | 24V |
| PLC FX1N | 1 | 0.25A | 24V |
| capteurs | 34 | $0.3*34=10,4 A$ | 24V |

TABLE 7.2 – consommation énergétique des différents dispositifs de la machine

7.7.4 Calibre des disjoncteur

Le courant nominal d'un disjoncteur est la valeur de courant qu'il peut supporter indéfiniment sans échauffement anormal. On l'appelle aussi calibre du disjoncteur.

Compte tenu du courant d'emploi d'un dispositif, le disjoncteur qui lui est associé est tel que sa valeur de courant nominal est égale à la valeur normalisée directement supérieure au courant d'emploi.

Exemple de calibres normalisés 1-2-3-6-10-16-20-25-32-40-50-63A

On retrouve alors pour notre application des disjoncteurs avec les différents calibres suivants :

- Moteur asynchrone triphasé : 0.79 A, protégé par un disjoncteur magnéto-thermique triphasé de calibre 1 A

- Moteurs sertisseuses : 0.82 A, protégés par un disjoncteur magnéto-thermique monophasé de calibre 1 A

- Moteur pas à pas

Il est alimenté en 48 V sous transformateur et consomme 5A

L'appel de courant sous 220V (coté enroulement primaire) est alors de : $48 \times 5 / 220 = 1.1 A$

Il est protégé par un disjoncteur magnéto-thermique monophasé de calibre 2 A

- Bols + chemins vibrants : $2 + 0.8 = 2.8 A$, protégés par un disjoncteur magnéto-thermique monophasé de calibre 3 A

- PLC FX3n + PLC FX1n + capteurs

Leur consommation en courant sous 24 V est de : $12 + 2.08 + 0.25 = 14.33A$

Pour satisfaire à ce besoin on a choisi une alimentation stabilisée 24V-20A

L'appel de courant sous 220V est alors de : 2.18 A

protégés par un disjoncteur magnéto-thermique monophasé de calibre 3 A

La consommation totale des équipements est de 8.08 A. Le disjoncteur magnéto-thermique général pour protéger toute l'installation est de calibre 10 A, comme illustré à la figure 7.17

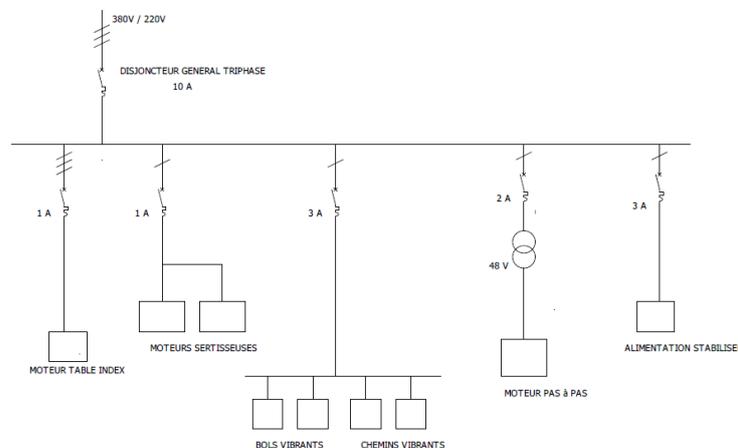


FIGURE 7.17 – schéma de dimensionnement des protections

7.8 L'écran de contrôle et de supervision

Une interface homme-machine est un dispositif incontournable d'une installation industrielle. un écran de supervision et de commande a alors été inclut dans la machine, pour permettre à l'opérateur le contrôler du processus.

Le modèle de L'écran de supervision que nous avons utilisé est le MT6070iH. Il implémente le protocole RS232 ce qui lui permet de communiquer avec l'automate FX1N, ainsi que le protocole RS482 qui lui permet de communiquer avec l'automate FX3U.[5]

Nous avons organisé l'écran en plusieurs pages comme suit :
La page d'accueil contient trois boutons. Chaque bouton renvoie vers une page spécifique : Le premier bouton renvoie vers la page de contrôle en mode automatique, le second renvoie vers une page de contrôle en mode manuel, et le troisième renvoie vers une page de configuration de certains paramètres de la machine.

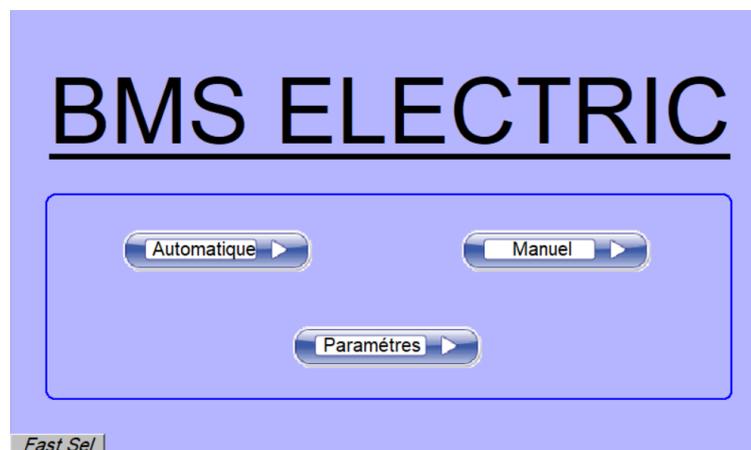


FIGURE 7.18 – Page d'accueil

Sur la page du contrôle automatique, on retrouve les deux boutons poussoir ON et OFF qui s'occupent du démarrage et de l'arrêt de la machine. La quantité de pièces correctement assemblées, de pièces défectueuses ainsi que le nombre total des pièces produites sont affichés. Nous avons également dédié une zone de l'écran à l'affichage des alarmes. Nous avons défini 4 événements qui peuvent déclencher une alarme : l'occurrence d'une erreur de position au niveau de l'un des steppers (voir partie stepper) et l'absence de bornier ou de contact terre à la sortie des chemins vibrant après l'écoulement d'un certain temps (signifiant qu'ils sont coincés). Au déclenchement d'une alarme, la machine est arrêtée jusqu'à ce que l'opérateur la relance. Enfin, le bouton 'Home' nous permet de revenir à la page d'accueil.

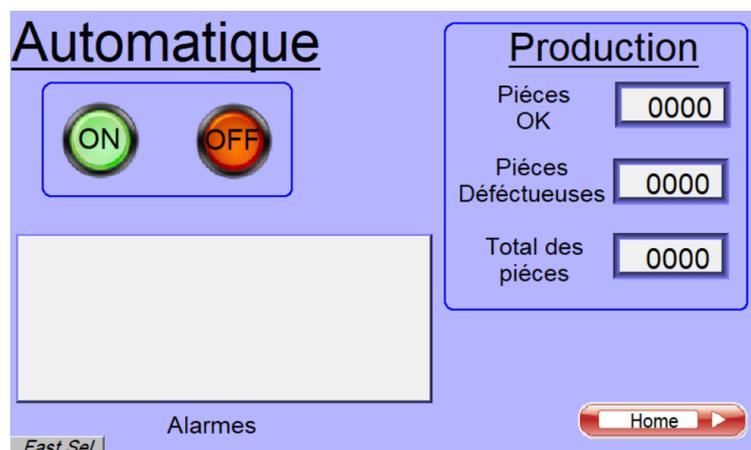


FIGURE 7.19 – Page du mode automatique

La page de contrôle manuel présente 8 boutons qui renvoient chacun à une page spécifique à une station ou à la table, avec un bouton de retour à la page d'accueil.

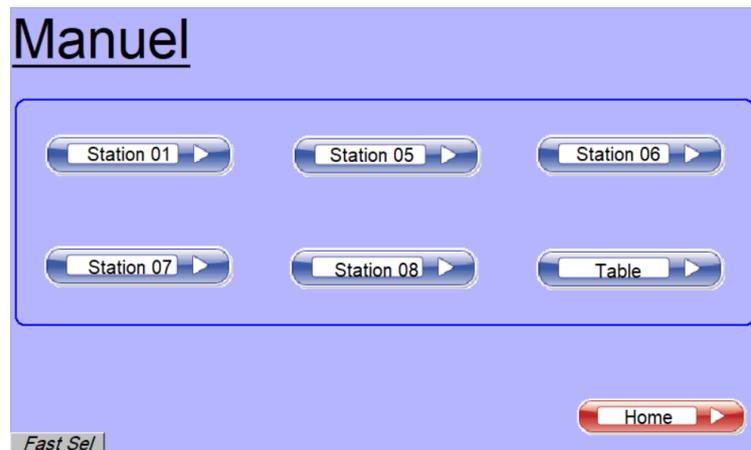


FIGURE 7.20 – Page du mode manuel

Les pages de contrôle manuel des stations contiennent des boutons poussoirs servant à actionner un élément bien précis de la station. Ces boutons n'ont aucun effet d'accrochage, c'est-à-dire qu'un élément est actionné aussi longtemps que son bouton est maintenu pressé et est désactivé dès le relâchement de ce dernier. Tous les éléments d'une station sont contrôlables à partir de la page propre à cette station, sauf les steppers à qui nous avons dédié des pages spéciales en raison du nombre de paramètres qu'ils gèrent. Enfin, le bouton Manuel présent dans chaque page assure le retour vers la page Manuel.

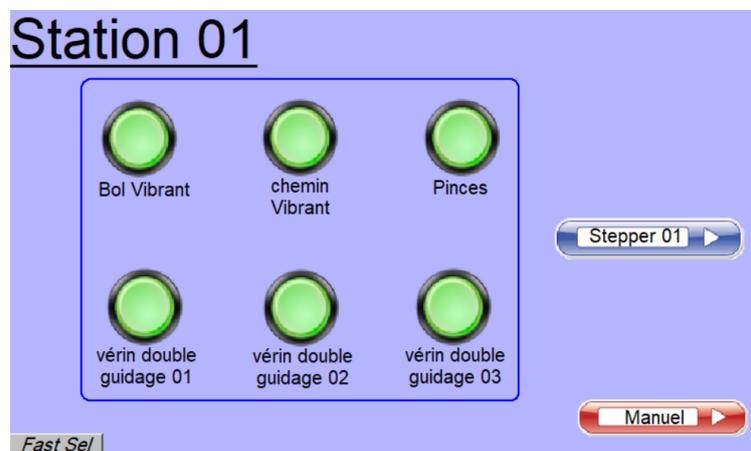


FIGURE 7.21 – Contrôle manuel de la station 1

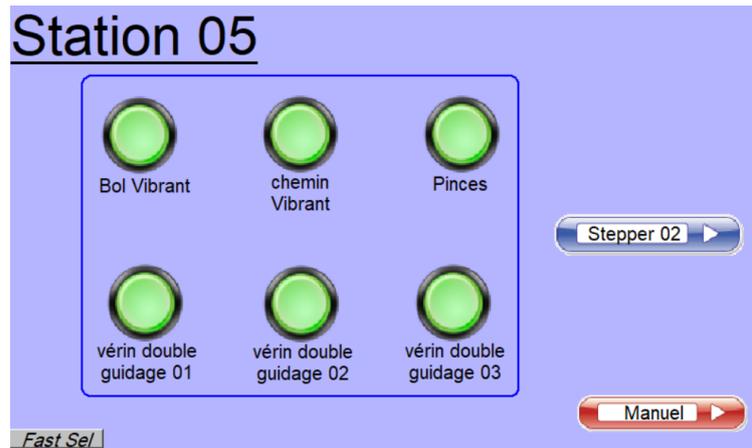


FIGURE 7.22 – Contrôle manuel de la station 5

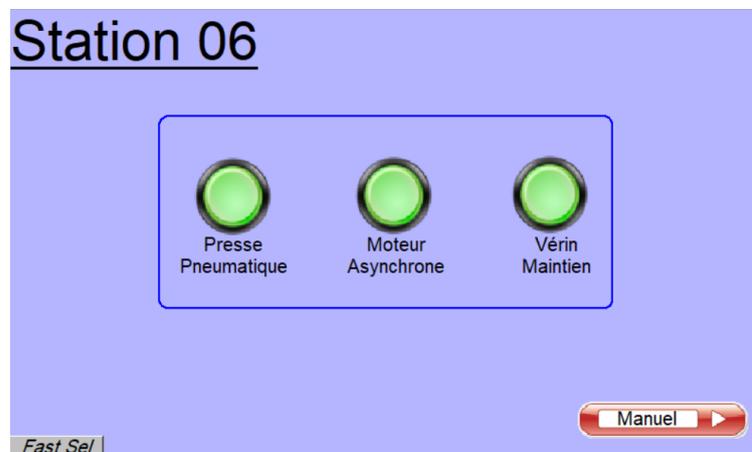


FIGURE 7.23 – Contrôle manuel de la station 6

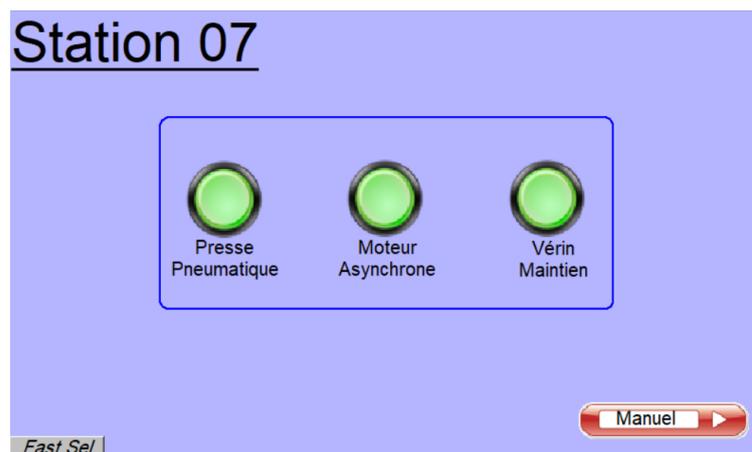


FIGURE 7.24 – Contrôle manuel de la station 7

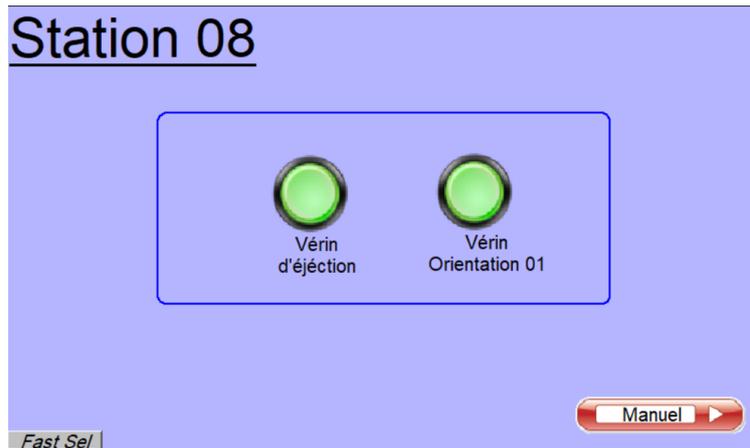


FIGURE 7.25 – Contrôle manuel de la station 8

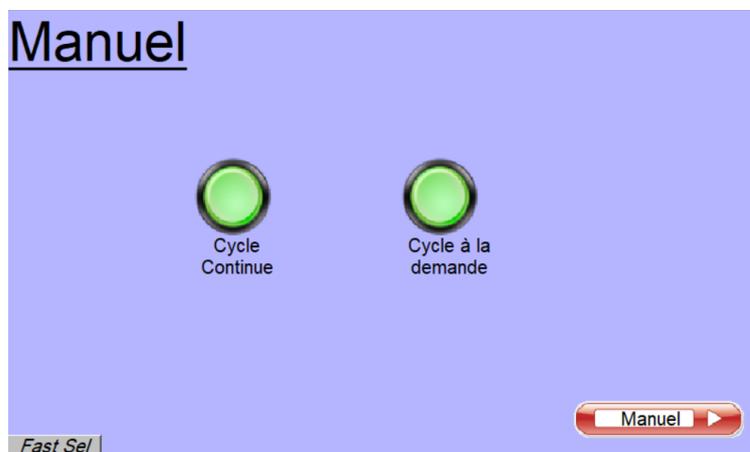


FIGURE 7.26 – Contrôle manuel de la table

Concernant le contrôle manuel du stepper, on retrouve deux bouton poussoir qui permettent d’entraîner le moteur dans le sens direct ou inverse. Un switch nous permet de choisir entre l’option ‘cycle continue’, qui permet l’entraînement du moteur en mode continu à la vitesse définie dans le champ ‘fréquence’, et l’option ‘Nombre d’impulsions’, qui permet de faire le nombre de pas définie dans le champ ‘nombre d’impulsions’ et ceci à la vitesse définie dans le champ ‘fréquence’. Le bouton libérer permet de libérer l’arbre du moteur pour que ce dernier puisse être manié.

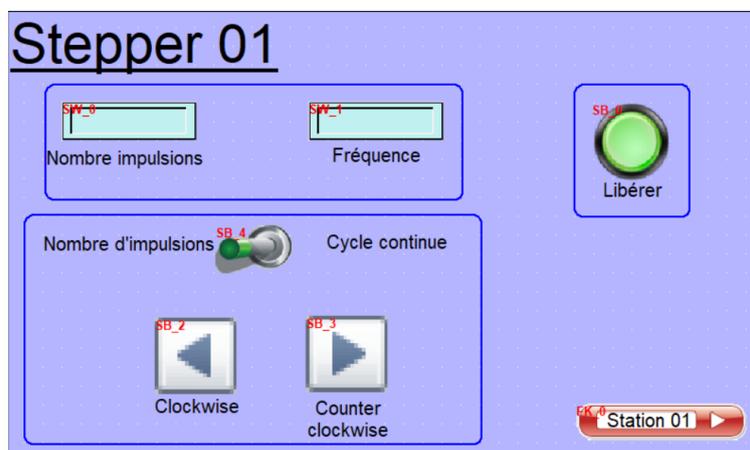


FIGURE 7.27 – Contrôle manuel du stepper de la station 01

La page Paramètres nous donne la main pour fixer certaines valeurs propres au mode automatiques. On peut régler le temps nécessaire au sertissage, le temps de mise en place qui est le temps nécessaire à l'opérateur pour positionner les porte-mécanismes, ainsi que la vitesse et le nombre de pas qu'effectuent les steppers.

Concernant le temps de mise en place, nous avons fixé une limite à ne pas dépasser : toute valeur excédant 3 secondes ne peut être introduite. Si c'est la valeur 3 secondes qui est introduite, alors le poste de l'opérateur sera le poste le plus lent et par conséquent c'est lui qui imposera le taux de production.

La came tourne à une vitesse de $36RPM = 216\dot{\text{r}}/s$ (voir partie commande de la table). Le transfert entre deux stations se fait sur $90\dot{\text{r}}$. Le temps nécessaire pour effectuer un pas est donc de $\frac{90}{216} = 0.4s$. si l'opérateur prend 3 secondes pour effectuer sa tâche, alors une pièce est produite chaque 3,4 secondes ce qui donne un taux production de 17,64 pièces pas minutes. à noter que ceci constitue le strict minimum de pièces que la machine peut produire.

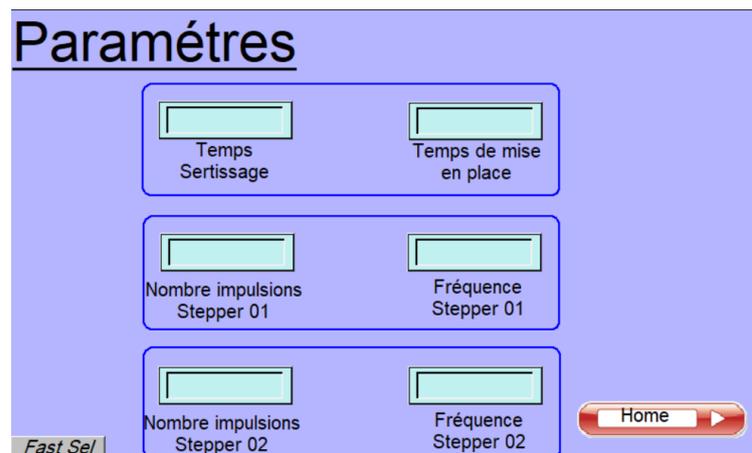


FIGURE 7.28 – Paramétrage du mode automatique

7.9 Grafcet

La figure suivante montre le grafctet que nous avons élaborer pour la commande de la machine. Au début du programme, la machine effectue un homing. Suite à cela, l'opérateur peut lancer la machine en appuyant sur le bouton ON.

Les étapes de 100 à 700 sont des appels de sous programmes que nous allons présenter en détail plus bas. L'étape 800 lance les moteurs asynchrones des sertisseuses qui seront en perpétuelle rotation tant que la machine est en travail. L'étape 900 entraîne la rotation de la table pour que cette dernière effectue un pas. Le switch A est un capteur de proximité inductif qui indique que la table à effectuer le pas avec succès.

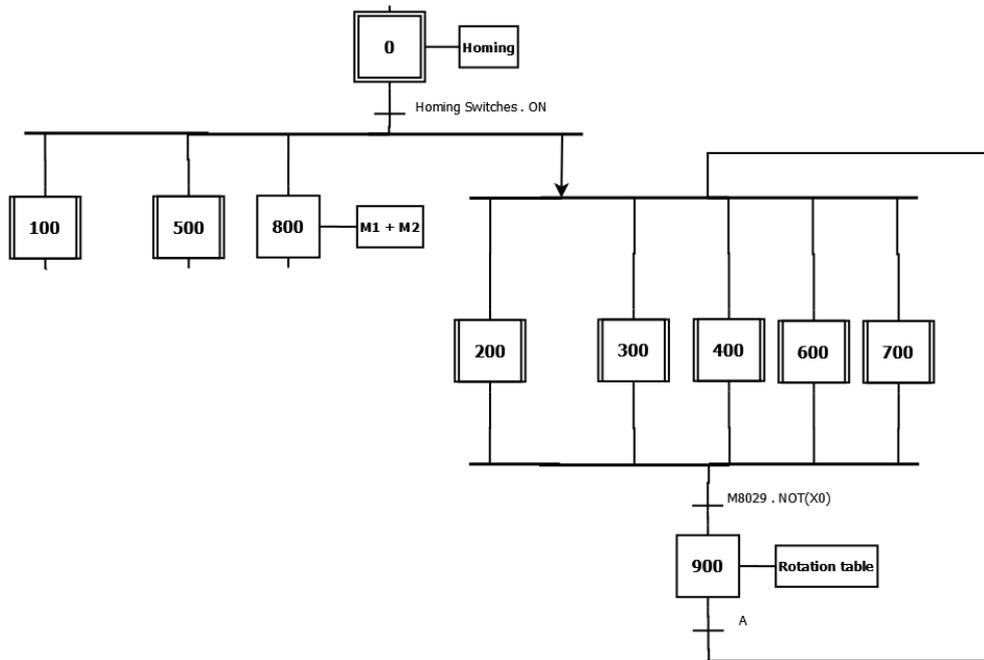


FIGURE 7.29 – Grafset de la machine

Pour la dénomination des capteurs nous avons adopté les conventions suivantes : un vérins V_i a au plus deux capteurs $FCi1$ et $FCi2$ avec $FCi2$ étant le capteur qui est enclenché quand le vérin est à sa position stable. Le Switch SCi est le switch qui se trouve à la sortie d'un chemin linéaire vibrant et qui indique la présence du bornier/contact terre sur les porte-pièces intermédiaires. Les fins de course d'une paire de pinces i sont $FCPi1$ et $FCPi2$ qui sont enclenchés quand les pinces sont fermées. Les fins de course d'une sertisseuse i sont $FCSi1$ et $FCSi2$ avec $FCSi2$ est le capteur qui est enclenché quand la sertisseuse est en position haut.

Le sous-programme 100 contrôle le système d'alimentation en borniers de la station 01. Ce système, comme nous l'avons vu, inclus un bol, un chemin vibrant et un système de distribution des borniers au manipulateur constitué de deux vérins à double guidage superposé ($V1$ et $V2$). Cette tâche est synchronisée avec le bras manipulateur. Dès que celui-ci saisie une paire de bornier (condition $FC32.FCP11.FCP12$), le système revient en position initiale pour chercher une autre paire. Enfin, Le Timer indique lorsque les borniers sont coincés le long du chemin en déclenchant une alarme (Voir partie HMI page automatique).

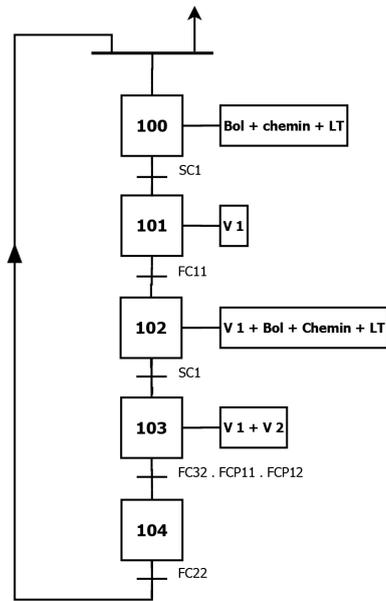


FIGURE 7.30 – Grafcet du système de distribution des borniers

Le sous-programme 500 contrôle le système d'alimentation en contact terre de la station 05. C'est exactement le même système que celui du bornier.

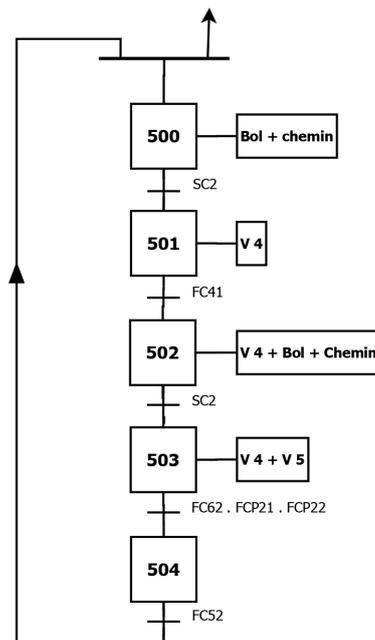


FIGURE 7.31 – Grafcet du système de distribution des contact terre

Le sous-programme 200 contrôle le bras manipulateur de la station 01. Ce système inclue un stepper, un vérin double guidage V3 et une paire de pinces. La tâche est synchronisée avec la rotation de la table tournante : à chaque pas qu'effectue la table, le sous-programme s'exécute et le bras positionne une paire de bornier. Cependant, le bras ne procède à la saisie des borniers que lorsqu'il s'assure que ces derniers sont à sa portée, d'où l'étape initiale d'attente 200 qui n'est franchie que lorsque le vérin V2 (système de distribution des borniers au manipulateur) est en place.

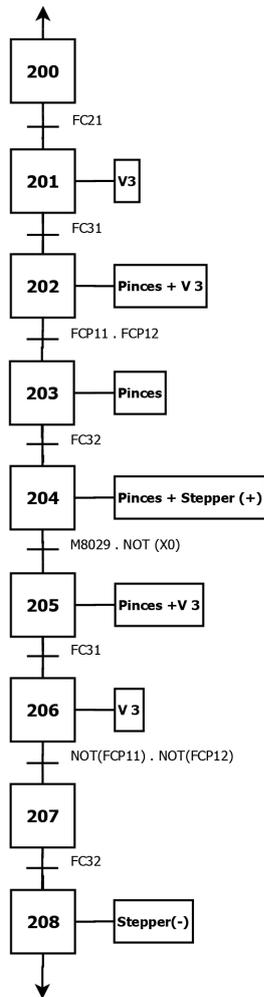


FIGURE 7.32 – Grafcet du manipulateur de la station 01. pour la condition M8029.NOT(X0) voir la partie commande du stepper.

Le sous-programme 600 contrôle le bras manipulateur de la station 05. La séquence d’actions est la même que celle du bras de la station 01. La seule différence est que l’exécution de la tâche est conditionné par la présence des pièces précédentes :si le porte-mécanismes ou le bornier n’ont pas été correctement insérés, la tâche ne s’exécute pas. Cette condition se vérifie à travers le bit M4 qui est mis à 0 ou à 1 pas les capteurs de contrôle qui se trouvent aux stations 02 et 04. Lorsque ce bit vaut 0, les pièces sont bien en position et inversement.

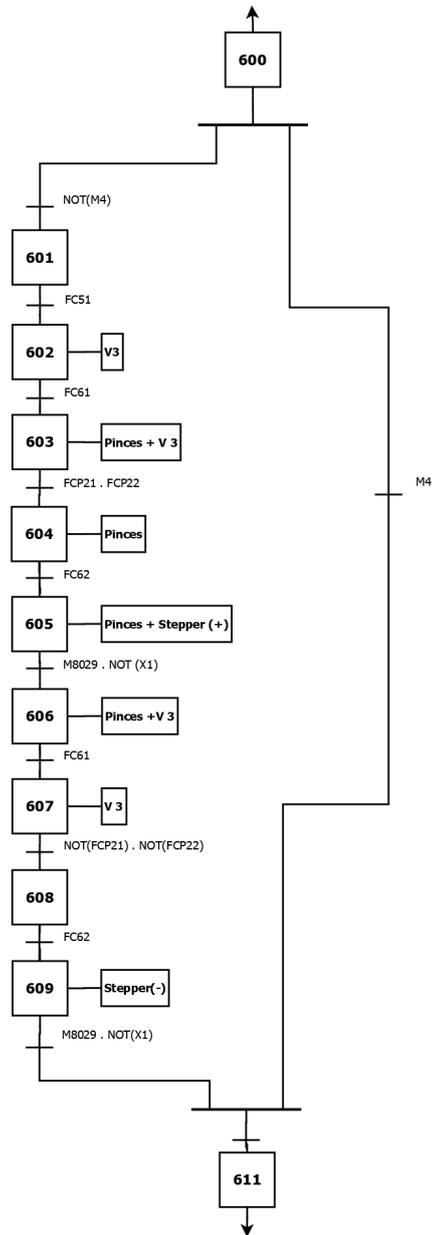


FIGURE 7.33 – Grafset du manipulateur de la station 05. pour la condition M8029.NOT(X1) voir la partie commande du stepper.

Le sous-programme 300 contrôle l'opération de sertissage à la station 06. Ce système inclue un vérin V7 pour maintenir le porte-pièces en position d'insertion et une sertisseuse. L'exécution de la tâche est conditionnée par le bit M5 qui reflète la bonne exécution de toutes les tâches précédentes.

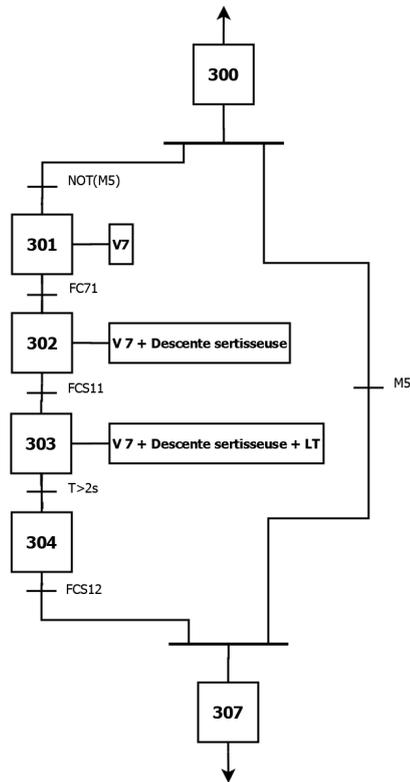


FIGURE 7.34 – Grafcet de contrôle de la sertisseuse à la station 06

Le sous-programme 400 contrôle la station d'éjection. Dans le cas où l'assemblage est correct ($M7=0$), le vérin V9 éjecte les produits vers le bac correspondant et le compteur de produits correctement assemblés est incrémenté. Dans le cas contraire, le vérin V10 dévie le chemin vers le bac correspondant aux produit défectueux avant que le vérin V9 ne les éjecte et le compteur de produits défectueux est incrémenté.

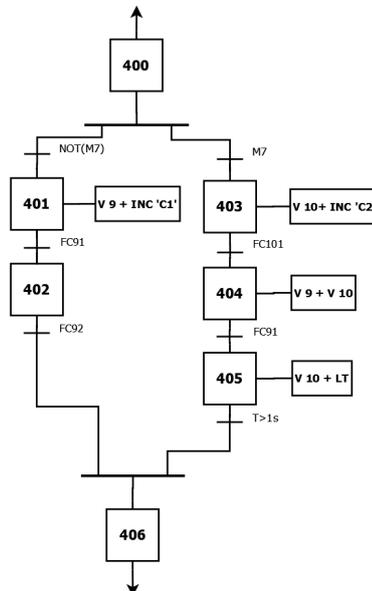


FIGURE 7.35 – contrôle de la station d'éjection

7.10 conclusion

ce chapitre a retracé l'étude électrique et de commande réalisée lors de la conception de la machine.

Conclusion générale

Ce mémoire avait pour ambition la conception et la réalisation d'une machine d'assemblage automatique. Cependant la période de réalisation était limitée à 6 mois avec seulement deux personnes assignées au développement du système. Le temps d'assemblage n'est pas à négliger, de plus le délai de livraison du matériel est de plusieurs mois. La réalisation du projet n'était, par conséquent, pas réalisable dans le temps imparti. Le projet a alors été limité à la conception de la machine, et aux essais de faisabilités sur le matériel déjà disponible dans l'usine. Le projet ne comprend donc pas l'assemblage réel du système ni, a fortiori, toutes les étapes postérieures à celui-ci (la mise en place, la calibration, la validation, le manuel d'utilisation).

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la conception d'une machine automatique permettant l'assemblage des six composants constituant le modèle D71 des fiches mâles de la société BMS Electric. Un cahier des charges formalisant les besoins et les contraintes du projet nous a été remis par la société. Celui-ci a permis de définir le contexte du projet et le produit à assembler.

Le projet et le produit à assembler étant définis. Une immersion dans l'industrie de l'assemblage était nécessaire pour une meilleure appréhension de ces systèmes et des technologies mises en jeu lors de leurs conceptions. Pour ce faire un état de l'art a été réalisé, comportant une analyse multicritère de ces systèmes, ainsi qu'une étude fonctionnelle. Les différents critères relevés lors de cet état d'art ont été pris en compte pour la sélection de la solution globale du projet.

Pour commencer une stratégie de division du processus d'assemblage en deux a été proposée, puis adoptée. Cette division a pour but d'apporter une meilleure fiabilité à l'assemblage, et lui procurer un taux de production supérieur.

Cette nouvelle approche a généré une légère modification du cahier des charges. Le nouveau cahier des charges comprend un assemblage du produit sous deux différentes machines automatiques. Et nous attribue la réalisation de la première machine.

La première étape de la conception fixe la structure générale de la machine. Une étude se basant sur les caractéristiques propres au produit assemblé, et l'état de l'art réalisé nous a conduit au choix d'une machine d'assemblage semi-automatique, avec une configuration circulaire, comprenant 8 stations d'assemblage.

La deuxième étape est représentée par l'étude fonctionnelle du besoin. Un descriptif de chaque fonction réalisée sur la machine, ainsi que les solutions techniques envisagées pour leurs réalisations sont donnés. La troisième étape comprend la conception globale de la machine. Le travail réalisé à ce stade constitue une base suffisante pour commencer cette étape. Une conception avec le logiciel de simulation 3D SolidWorks a été réalisée. Le choix de la structure de la machine a été effectué de manière logique, en se basant sur les caractéristiques des différentes solutions ou sur des essais effectués en usine.

La quatrième étape de la conception comprend la commande de la machine. Cette étape marque la fin de la conception. Une étude détaillée des différents dispositifs de commande, d'alimentation et de supervision nécessaire à son bon fonctionnement a été présentée. Le fonctionnement d'ensemble de la machine a alors été étudié et synthétisé dans un Grafset.

la machine conçue est donc une machine semi-automatique se caractérisant par la présence d'un seul opérateur humain, avec un taux de production minimum de 17 pièces par minute, et une surface au sol de 1.19 mètre carré. ce qui répond aux exigences du cahier des charges.

Différentes améliorations pourraient être effectuées pour perfectionner le projet. Par exemple l'automatisation du porte mécanisme à l'aide d'un robot ou d'un système spécial. Le nombre de solutions techniques comparées peut également être agrandies aux technologies nouvelles ou moins répandues.

Ce travail sera poursuivi dans le futur. En effet, l'entreprise désire que le système soit opérationnel dans le courant de l'année 2019.

Les prochaines étapes à réaliser sont la planification du travail, l'achat du matériel, l'assemblage, du système, la validation du système.

Bibliographie

- [1] *2HSS858H Manual*.
- [2] *FX-manuel-de-programmation*.
- [3] *FX series Data Sheet*.
- [4] How to select a rotary indexing table. *magazine Assembly*.
- [5] *MT6070iH Data Sheet*.
- [6] Rotary vs. linear indexing. *magazine Assembly*.
- [7] *V&T V5-H High Performance Sensorless Vector Control Variable Speed Drive Manual*.
- [8] *Encyclopedia Universalis*. Encyclopedia Britannica, 2012.
- [9] Robert Corday. The evolution of assembly lines : A brief history. *robohub.org*.
- [10] Site Web de la société BMS ELECTRIC. *bms-electric.com*.
- [11] A.K. Gupa and S.K. Arora. *industrial automation and robotic, second edition*.
- [12] Franck J.Riley. *Assembly automation, second edition*. Industrial press.
- [13] Alexei MIKCHEVITCH. *thèse Méthodologie de simulation d'assemblage/désassemblage de composants flexibles : Application à la simulation de pièces de type « poutres flexibles » dans un environnement de réalité virtuelle*. PhD thesis, 2004.