



PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : **Conception Mécanique et Innovation**

**L'amélioration, la conception et l'automatisation
d'une graphiteuse des pistons**

Effectué au sein de la société Floquet Monopole
(Service Maintenance)

Période du stage : 1 Mars – 30 mai 2016

Soutenu le 24 juin 2016

Par :

M. Marouane BELHAJ

Jury :

- Pr.B. HARRAS(FSTF)
- Pr.A. EL-KHALFI(FSTF)
- Pr.A. SEDDOUKI (FSTF)
- Mme.H. RACHAD (Floquet Monopole)

Encadrée par :

- Pr.B. HARRAS (FSTF)
- M.H. RACHAD (Floquet Monopole)

Année universitaire : 2015-2016



Avant-propos

Nom et prénom de l'élève stagiaire de La FST de Fès:

M. Marouane BELHAJ

Intitulé du travail :

«L'amélioration, la Conception et l'automatisation d'une graphiteuse de pistons».

Etablissement d'accueil :

Société Marocaine des fonderies du nord « Floquet-Monopole» Maroc-FES.

Nom et prénom du superviseur du projet dans l'établissement d'accueil :

M.Hassan RACHAD, Encadrant de la société Floquet Monopole-Fès

Nom et prénom du superviseur du projet à La FST de Fès :

M. Bilal HARRAS, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès

Date du début et de fin du stage :

Du 01 Mars au 30mai 2016.

Cadre de coopération :

Projet de fin d'études.

Soutien financier :

Stage non rémunéré.



Dédicace

A Dieu source de toute connaissance

Nous dédions le présent travail :

A nos très chers parents

Dont leurs sacrifices quotidiens ont fait de nous ce que nous sommes. Ils nous ont soutenus et encouragés tout au long de notre parcours, ils ont supportés nos états d'âme, nos doutes et nos absences.

Pour leurs amour constant, nous leurs sommes et leurs resterons pour toujours obéissantes.

*Nous espérons être à la hauteur de l'image qu'ils se sont faits de nous.
Qu'ils sachent que nous les associons entièrement à la réalisation de ce travail.
Que Dieu vous garde pour nous et vous donne une vie pleine de santé.*

A nos chères frères et sœurs

Pour votre affection, compréhension et patience nous vous souhaitons tout le bonheur du monde. Vous avez toujours été pour nous une aide très précieuse.

A nos familles

Pour tout le soutien qu'ils nous ont porté tout au long de notre parcours.

A tous nos amis (es)

Qui ont su être l'épaule sur lequel nous nous somme reposé, Pour tout votre soutien et votre amitié nous vous disons MERCI.

Marouane BELHAJ



Remercîment

Au terme de notre projet de fin d'études, Nous exprimons notre profonde gratitude à Pr. Abdellah EL BERKANY, le chef de la filière d'ingénieur Conception Mécanique et Innovation, pour le dynamisme de ce cycle, et tout le cadre administratif et professoral pour leurs efforts considérables, spécialement le département Génie Mécanique en témoignage de notre reconnaissance.

Notre gratitude s'adresse également à Pr HARRAS Bilal, pour son encadrement pédagogique, ainsi que pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail.

Nous adressons nos sentiments de reconnaissance et de respect à M.RACHAD Hassan notre parrain industriel, pour avoir accepté de parrainer ce projet et surtout pour ses qualités humaines et scientifiques et pour ses directives judicieuses, toujours en toute modestie, sa passion du métier qu'elle sait rendre contagieuse et la confiance qu'il a bien voulu nous accorder tout au long de ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à M.HARGUITOU Said responsable maintenance au sein du Floquet Monopole et son équipe de travail, pour leur disponibilité, pour l'intérêt et l'effort qu'ils ont déployé afin de nous soutenir durant notre période de stage.

Nous aimerons exprimer notre reconnaissance à l'ensemble du personnel du Floquet Monopole et plus particulièrement à ceux de la direction qualité pour leur soutien, leur aide et surtout pour leur sympathie, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et notre profond respect.

Merci

Résumé

L'industrie automobile est un secteur porteur au Maroc qui bénéficie depuis toujours d'une attention particulière des sphères politiques et économiques. C'est l'un des secteurs les plus



structurés et productifs au Maroc qui se caractérisent par l'intervention de plusieurs entreprises dans différents domaines de compétence.

Sur le plan international, Floquet Monopole reste l'une des grandes sociétés de fabrication et de commercialisation des pistons. Elle cherche constamment à améliorer la qualité de son produit, sa performance et son système de production dans le but d'augmenter la productivité.

En effet, la construction des pistons est la branche d'activité économique qui rassemble les activités de conception, de fabrication et de commercialisation. Elle est aussi le secteur qui rassemble toute la production de véhicules dans le cadre d'amélioration et d'obtenir des rendements satisfaisants.

*Dans le cadre de mes études d'ingénierie à la faculté des sciences et techniques de Fès, j'ai effectué un stage de fin d'études sous le thème : «**L'amélioration, la Conception et l'automatisation d'une graphiteuse de pistons**», au sein de l'usine Floquet Monopole de Fès.*

La problématique qu'on a traitée concerne l'augmentation de la cadence de production. À la lumière des données, il s'est avéré ainsi nécessaire d'améliorer une graphiteuse de pistons en travaillant sur la conception et l'étude de nouveaux mécanismes en automatisant la machine pour une diminution des pertes de temps.

Afin de répondre à l'objectif de notre sujet, nous avons suivi le plan suivant :

- ✓ *Généralité sur la société Floquet Monopole et processus de fabrications*
- ✓ *Le contexte général et le cahier des charges du projet et la démarche suivie pour la résolution du problème.*
- ✓ *Conception et dimensionnement des solutions choisies*
- ✓ *Automatisation de la graphiteuse de pistons*

Alors on a réalisé dans ce rapport en premier lieu une présentation de l'entreprise, ensuite, j'ai expliqué les différents aspects de notre travail durant ces trois mois et enfin, une conclusion dans laquelle on a résumé les différentes parties entamées de ce stage.



Abstract

The automotive industry is a key sector in Morocco has always been a focus of political and economic spheres. This is one of the most organized sectors and productive in Morocco is characterized by the involvement of several companies in different jurisdictions.

Internationally, Floquet Monopole remains a major companies engaged in the manufacture and marketing of pistons, so she constantly seeks to improve the quality of its product, its performance and its production system in order to increase productivity.

Indeed, the construction of the pistons is the branch of economic activity that brings together the design, manufacture and marketing it is also the sector that brings together the entire production vehicles as part of improvement and get returns satisfactory.

And as part of my engineering studies at the Faculty of Science and Technology of Fez, I did an internship graduation under the theme: "Improving; Design and Automation of a graphitic pistons "in the Floquet Monopole factory in Fez.

The problem we dealt relates to increasing the production rate, then it turned and need to improve a graphitic pistons working on the design of new mechanisms by automating the machine to a reduction in losses time.

To meet the goal of our subject, we followed the following plan:

- ✓ *Generalities about the company Floquet Monopole and manufacturing process*
- ✓ *The general context and the specifications of the project costs and the approach to solving the problem*
- ✓ *Design and simulation of selected solutions*
- ✓ *Automated piston graphitic*

Then we realized in this report primarily a presentation of the company, then we explained the different aspects of my work during these three months, and finally, in conclusion, we summarized the contributions of this course.

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1: vu partiel du Floquet Monopole..... | 17 |
| Figure 2: site officiel du Floquet Monopol | 19 |



| | |
|--|----|
| Figure 3: Organigramme de Floquet Monopole..... | 20 |
| Figure 4: Piston | 24 |
| Figure 5: La tête du piston..... | 24 |
| Figure 6: Les segments piston | 24 |
| Figure 7: La jupe du piston | 25 |
| Figure 8: L'axe du piston..... | 25 |
| Figure 9: les différentes parties d'un piston..... | 25 |
| Figure 10: les lingots..... | 26 |
| Figure 11: Les fours de maintiens..... | 27 |
| Figure 12: Le coulage d'échantillon..... | 27 |
| Figure 13: Le démasselotage | 28 |
| Figure 14: zone d'attente | 28 |
| Figure 15: La zone d'attente..... | 28 |
| Figure 16: Emboitage..... | 28 |
| Figure 17: La chaîne TU1 | 30 |
| Figure 18: l'implantation de différentes machines au sein de l'usine | 31 |
| Figure 19: S.A.D.T | 35 |
| Figure 20: Objectif visé | 36 |
| Figure 21: diagramme bête à corne de la machine graphiteuse..... | 37 |
| Figure 22: diagramme des inter acteurs de la machine graphiteuse | 38 |
| Figure 23: Photo montrant un exemple d'une soutireuse KRONES..... | 39 |
| Figure 24: Graphiteuse actuelle | 42 |
| Figure 25: Graphiteuse | 42 |
| Figure 26: Diagramme FAST..... | 46 |
| Figure 27: Type des Vérins..... | 47 |
| Figure 28: Composantes du Vérin | 47 |
| Figure 29: Engrenages | 48 |
| Figure 30: Moteur Electrique | 48 |
| Figure 31 : capteur de fin de course..... | 48 |
| Figure 32: Capteur de proximité | 48 |
| Figure 33: API..... | 49 |
| Figure 34: CATIA V5 R21 | 49 |
| Figure 35: Toupie de la Graphiteuse de pistons..... | 49 |
| Figure 36: tête de la toupie | 51 |
| Figure 37: 1PH8_PM21_2011_F1 Catalogue..... | 52 |
| Figure 38: Module de la denture droite | 52 |
| Figure 39: MITCalc | 56 |
| Figure 40: Denture modélisé en un angle de $\pi/4$ | 58 |
| Figure 41: mécanismes monté avec couvercle..... | 60 |
| Figure 42: Sécheur des paniers de pistons | 61 |
| Figure 43: zone d'implantation de la solution..... | 62 |
| Figure 44: calcul sous CATIA V5..... | 62 |
| Figure 45: 1PH8_PM21_2011_F1 Catalogue | 63 |
| Figure 46: montage crémaillère | 64 |
| Figure 47: implantation de la solution | 64 |



| | |
|---|-----|
| Figure 48: Symbole du vérin double effet | 67 |
| Figure 49: Forces exercées | 67 |
| Figure 50: piston d'amortissement | 69 |
| Figure 51: vérins avec amortisseurs de fin de courses réglables | 69 |
| Figure 52: le piston en déplacement dans le sens contraire | 69 |
| Figure 53: L'air emprisonné dans la chambre du vérin | 69 |
| Figure 54: types de montages pour un vérin normalisé..... | 69 |
| Figure 55: courbe -vitesse piston- | 70 |
| Figure 56: outil FESTO..... | 73 |
| Figure 57: accouplement et positions de l'élèveur | 74 |
| Figure 58: positions d'élèveur | 75 |
| Figure 59: masse des différents composants | 76 |
| Figure 60: position statique..... | 76 |
| Figure 61: application des éléments finis sous CATIA V5 | 78 |
| Figure 62:le montage du vérin et l'intégration dans la machine..... | 79 |
| Figure 63:montage final | 79 |
| Figure 64: capteur table | 80 |
| Figure 65: capteur table inferieur..... | 80 |
| Figure 66: capteur table supérieur | 81 |
| Figure 67: capteur porte..... | 81 |
| Figure 68: capteur sécheur..... | 81 |
| Figure 69: capteur entrée sécheur | 82 |
| Figure 70: capteur jet du graphite..... | 82 |
| Figure 71:Méthode de maintenance..... | 83 |
| Figure 72: Automate compact (Allen-bradley)..... | 88 |
| Figure 73: Automate modulaire Siemens..... | 88 |
| Figure 74: Architecture interne d'un automate programmable | 89 |
| Figure 75: structure de traitement d'un API | 90 |
| Figure 76: Liste d'instructions..... | 91 |
| Figure 77: Langage littéral structuré | 91 |
| Figure 78: Ladder diagram..... | 92 |
| Figure 79: Fonction Bloc Diagram | 92 |
| Figure 80: Principe du Grafcet..... | 93 |
| Figure 81: Etape initiale..... | 94 |
| Figure 82: GRAFCET du fonctionnement de la machine..... | 97 |
| Figure 83: Mode d'emploi du step 7 | 98 |
| Figure 84: Présentation de l'automate..... | 98 |
| Figure 85: L'interaction du logiciel (STEP7) et du matériel | 99 |
| Figure 86: shema de puissance et shema de commande..... | 103 |
| Figure 87: arrêt urgence électrique..... | 104 |



LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|-----|
| Tableau 1:Fiche de présentation de la SMFN..... | 18 |
| Tableau 2:la décomposition de la matière première | 27 |
| Tableau 3:QQOQCP | 35 |
| Tableau 4: Gestion des risques..... | 37 |
| Tableau 5:réglementation de sécurité | 40 |
| Tableau 6: Les composantes de la machine | 44 |
| Tableau 7: limite d'élasticité en traction de matériaux usuels..... | 53 |
| Tableau 8: coefficient de sécurité | 53 |
| Tableau 9:modules normalisés..... | 54 |
| Tableau 10: caractéristiques d'engrenage | 55 |
| Tableau 11: Composants d'élévateur..... | 67 |
| Tableau 12: Table des actions | 96 |
| Tableau 13: Table des entrées..... | 96 |
| Tableau 14: table mnémonique | 102 |



Table des matières

| | |
|--|----|
| AVANT-PROPOS..... | 2 |
| DEDICACE | 3 |
| REMERCIEMENT | 4 |
| RESUME..... | 4 |
| ABSTRACT..... | 6 |
| LISTE DES FIGURES..... | 6 |
| LISTE DES TABLEAUX..... | 9 |
| TABLE DES MATIERES | 10 |
| INTRODUCTION GENERALE..... | 15 |
| <i>CHAPITRE I:</i> | 16 |
| I- REPRESENTATION DE LA SOCIETE FLOQUET MONOPOLE:..... | 16 |
| II- FICHE DE PRESENTATION DE LA SMFN :..... | 17 |
| III-UN SITE WEB POUR FLOQUET MONOPOLE :..... | 18 |
| IV- ORGANIGRAMME DE FLOQUET MONOPOLE :..... | 19 |
| V- ORGANISATION TECHNIQUE DE LA FM: | 21 |
| A- LE BUREAU D'ETUDE ET DE DEVELOPPEMENTS : | 21 |
| B- LE BUREAU DE METHODES : | 21 |
| C- LE SERVICE ORDONNANCEMENT : | 21 |
| D- LE SERVICE FONDERIE : | 21 |
| E- LE SERVICE PRODUCTION : | 21 |
| F- LE SERVICE MAINTENANCE : | 22 |
| G- LE SERVICE ATELIER MECANIQUE : | 22 |
| H- LE SERVICE QUALITE : | 22 |
| I- LE SERVICE CONTROLE QUALITE : | 22 |
| J- LE SERVICE DE CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE : | 23 |
| K- LE SERVICE GESTION DES PRODUITS FINIS : | 23 |
| i- Le service ressources humain : | 23 |
| ii- Produits et marchés : | 23 |
| VI- PROCESSUS DE FABRICATION DES PISTONS :..... | 23 |
| 1- PISTON :..... | 23 |
| a- définition :..... | 23 |
| b- Rôle de piston dans un moteur :..... | 24 |
| c- Les principaux éléments du piston : | 24 |
| i. La tête du piston : | 24 |
| ii. Les segments piston : | 24 |
| iii. La jupe du piston : | 25 |



| | |
|---|-----------|
| iv. L'axe du piston : | 25 |
| 2- LA GAMME DE FABRICATION DE PISTON : | 25 |
| a- Demande du client : | 26 |
| b- Cout de travail : | 26 |
| c- le bureau d'étude : | 26 |
| d- Le bureau des méthodes : | 26 |
| e- L'atelier mécanique : | 26 |
| 3- LES DIFFERENTES ETAPES LA FABRICATION : | 26 |
| a- La Fonderie : | 26 |
| i. La Matière première : | 26 |
| ii. Les fours de maintiens : | 27 |
| iii. Le coulage d'échantillon : | 27 |
| iv. Contrôle destructif par tournage : | 27 |
| v. Le démasselotage : | 27 |
| vi. La stabilisation : | 28 |
| vii. La zone d'attente : | 28 |
| b- Usinage : | 28 |
| i. Emboitage : | 28 |
| ii. Ebauches trou d'axe : | 28 |
| iii. Cassage angle : | 28 |
| iv. Gorges segments : | 28 |
| v. Finition fond : | 28 |
| vi. Stries : | 28 |
| vii. Fraisage fente : | 29 |
| viii. Gorges, Circlips et chanfreins : | 29 |
| ix. Finition jupe : | 29 |
| x. Finition trou d'axe : | 29 |
| xi. Lavage : | 29 |
| xii. Marquage : | 29 |
| xiii. L'étamage-graphitage : | 29 |
| c- Contrôle : | 29 |
| i. Contrôle visuel : | 29 |
| ii. Contrôle dimensionnel : | 29 |
| d- Super-control : | 30 |
| e- Emballage : | 30 |
| 4- LES CHAINES DE PRODUCTION AU SEIN DE FLOQUET MONOPOLE: | 30 |
| a. La chaine TUI : | 30 |
| b. La chaine classique : | 31 |
| CHAPITRE II: | 32 |
| I- INTRODUCTION | 33 |
| II- CONTEXTE PEDAGOGIQUE | 33 |
| III- PRESENTATION DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE : | 33 |
| A- A QUI S'ADRESSE L'A.F. ? | 33 |
| B- QUEL EST LE BUT DE L'A.F. ? | 33 |
| C- QUAND UTILISER L'AF ? | 34 |
| D- POURQUOI UTILISER L'AF ? | 34 |
| E- TYPOLOGIE DES FONCTIONS : | 34 |



| | |
|---|----|
| IV- PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE : | 34 |
| V- DEFINITION DE PROJET | 35 |
| VI- LA DEMARCHE DU PROJET : | 35 |
| VII- OBJECTIF VISE : | 36 |
| VIII- GESTION DES RISQUES : | 36 |
| IX- RECHERCHE D'INFORMATION | 37 |
| A- DIAGRAMME BETE A CORNE | 37 |
| B- METHODE RESEAU : | 38 |
| X- CONCLUSION | 40 |
| <i>CHAPITRE III:</i> | 41 |
| I- INTRODUCTION : | 42 |
| II- PRESENTATION GENERALE DE LA MACHINE : | 42 |
| A- DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE LA GRAPHITEUSE ACTUELLE : | 42 |
| B- DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE | 43 |
| C- LES COMPOSANTES DE LA MACHINE : | 43 |
| D- LA PROBLEMATIQUE DU POSTE DE GRAPHITAGE : | 44 |
| III- PRESENTATION DES SOLUTIONS TECHNIQUES : | 45 |
| 1. ANALYSE FONCTIONNELLE TECHNIQUE : | 45 |
| 2. SOLUTION ADOPTÉES: | 47 |
| i. L'actionneur : | 47 |
| ii. L'engrenage : | 47 |
| iii. Moteur électrique asynchrone : | 48 |
| iv. Capteur : | 48 |
| v. Automate programmable industriel (API): | 49 |
| IV- MISE EN PLACE DES SOLUTIONS OBTENUES, CALCUL ET DIMENSIONNEMENT : | 49 |
| 1. CONCEPTION ASSISTE PAR ORDINATEUR : | 49 |
| 2. CALCUL ET DIMENSIONNEMENT : | 49 |
| a- Toupie de la Graphiteuse de pistons (fonctionnement) : | 49 |
| i. Enoncé du problème : | 51 |
| ii. Implantation de la solution technique : | 51 |
| iii. Le travail et la puissance du moteur électrique: | 51 |
| iv. Choix du moteur : | 52 |
| v. Choix d'engrenage : | 52 |
| vi. Choix du coefficient de sécurité : | 53 |
| vii. Caractéristiques d'engrenage : | 54 |
| b- Sécheur des paniers de pistons (fonctionnement) : | 61 |
| i. Enoncé du problème : | 61 |
| ii. Implantation de la solution technique : | 61 |
| iii. Le travail, la puissance du moteur électrique et définition de la crémaillère: | 62 |
| iv. Choix du moteur : | 62 |
| v. Montage en CATIA V5: | 63 |
| vi. Conseils d'utilisation de la lubrification | 64 |



| | | |
|------|---|----|
| c- | Mise en place d'un élévateur de pistons: | 64 |
| i. | Enoncé du problème : | 64 |
| ii. | Implantation de la solution technique : | 64 |
| iii. | Les différentes parties d'élévateur : | 65 |
| iv. | Le vérin double effet de l'élévateur : | 67 |
| v. | Calcul de la force du vérin : | 69 |
| vi. | assemblage des différents composants : | 74 |
| d- | Positionnement et mise en place des capteurs de détection : | 79 |
| i. | Implantation des capteurs de fin de course : | 79 |
| ii. | Implantation des capteurs de proximité : | 81 |
| V- | LA MAINTENANCE DE LA GRAPHITEUSE DES PISTONS : | 82 |
| 1. | DEFINITION : | 82 |
| 2. | METHODES DE MAINTENANCE : | 82 |
| 3. | LE DOSSIER TECHNIQUE DE MAINTENANCE : | 83 |
| i. | Le dossier technique : | 83 |
| ii. | Le dossier de maintenance : | 83 |
| 4. | LA MAINTENANCE PREVENTIVE : | 84 |
| i. | Maintenance systématique : | 84 |
| ii. | Maintenance conditionnelle : | 84 |
| 5. | LA MAINTENANCE CORRECTIVE : | 84 |
| i. | L'opération de maintenance : | 84 |
| ii. | Précautions pour les contrôles et les essais : | 84 |
| 6. | LA MAINTENANCE D'AMELIORATION : | 85 |
| | CHAPITRE IV: | 86 |
| I- | INTRODUCTION | 86 |
| II- | LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS | 87 |
| 1. | DEFINITION | 87 |
| 2. | DOMAINES D'UTILISATION DES AUTOMATES | 87 |
| 3. | NATURE DES INFORMATIONS TRAITÉES PAR L'AUTOMATE : | 87 |
| III- | ARCHITECTURE DES AUTOMATES | 88 |
| 1. | ASPECT EXTERIEUR | 88 |
| 2. | STRUCTURE INTERNE DES AUTOMATES PROGRAMMABLES | 89 |
| IV- | LES LANGAGES DE PROGRAMMATION DES APIS : | 90 |
| 1. | LISTE D'INSTRUCTIONS (IL : INSTRUCTION LIST) : | 90 |
| 2. | LANGAGE LITTÉRAL STRUCTURE (ST : STRUCTURED TEXT) : | 91 |
| 3. | LANGAGE A CONTACTS (LD : LADDER DIAGRAM) : | 91 |
| 4. | BLOCS FONCTIONNELS (FBD : FUNCTION BLOC DIAGRAM) : | 92 |
| 5. | PROGRAMMATION A L'AIDE DU GRAFCET (SFC : SEQUENTIAL FUNCTION CHART) | 92 |
| i. | Définition | 92 |
| ii. | Principe du Grafcet | 93 |
| iii. | Description du Grafcet | 93 |
| iv. | Niveaux d'emploi du GRAFCET | 94 |
| v. | Règles d'évolution du Grafcet | 94 |
| V- | CRITERES DE CHOIX D'UN AUTOMATE : | 94 |



| | |
|---|------------|
| VI- AUTOMATISATION DE LA GRAPHITEUSE DES PISTONS: | 95 |
| 1. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL : | 95 |
| 2. GRAFCET DU FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE : | 96 |
| VII- PROGRAMMATION ET SIMULATION DU FONCTIONNEMENT DE LA GRAPHITEUSE : | 97 |
| 1. PRESENTATION DU LOGICIEL DE PROGRAMMATION : | 97 |
| i. <i>Présentation de SIMATIC step 7 :</i> | 97 |
| ii. <i>Mode d'emploi :</i> | 97 |
| 2. L'AUTOMATE PROGRAMMABLE SIMENS..... | 98 |
| i. <i>Présentation de l'automate</i> | 98 |
| ii. <i>Entrées / Sorties TOR (Tout Ou Rien) :</i> | 99 |
| 3. PROGRAMMATION DE LA GRAPHITEUSE SUR STEP7: | 99 |
| i. <i>Création d'un projet</i> | 100 |
| ii. <i>Configuration matérielle :</i> | 100 |
| iii. <i>Programmation</i> | 101 |
| iv. <i>Les réseaux des blocs</i> | 102 |
| 4. LA SIMULATION DE LA STATION | 102 |
| VIII- SCHEMA DU DEMARRAGE DU MOTEUR ELECTRIQUE ET ARRET D'URGENCE: ... | 103 |
| 1. SCHEMA DE DEMARRAGE DU MOTEUR ELECTRIQUE DE LA GRAPHITEUSE DE PISTONS: | 103 |
| 2. BRANCHEMENT ARRET URGENCE ELECTRIQUE:..... | 104 |
| CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES | 105 |



Introduction générale

Le secteur de l'automobile mondial a été marqué durant les dix dernières années par une évolution de la demande mondiale adressée aux pays constructeurs et par l'amplification du phénomène de la sous-traitance qui a permis à beaucoup de pays émergeant de développer une industrie automobile contribuant ainsi à générer des flux additionnels très importants à l'export.

Le Maroc, est comme la plupart des pays qui veulent développer leur industrie, s'est lancé dans le domaine automobile qui a enregistré une performance à l'export très remarquable expliquée par le développement de l'activité du câblage et de l'essor du segment de la construction automobile.

Dans les moteurs modernes et avec des performances affichées en continu sur des durées élevés, les segments de pistons assurent un fonctionnement fiable et précis de leur support, en tant que l'une des premières entreprises de fabrication de pistons dans l'Afrique du nord et de la région à avoir Décroché une certification iso 9001, Floquet Monopole travaille continuellement sur l'optimisation de la performance et de la qualité.

Pour atteindre cet objectif, la FM a porté ses investissements sur tous les aspects de production fonderie, unité de réalisation des moules, parc machines, et laboratoire de contrôle, « CAO ». C'est dans cette optique que s'inscrit notre projet effectué au sein de la société Floquet monopole dont le principal objectif est l'amélioration de la productivité par l'amélioration; Conception et Automatisation d'une graphiteuse de pistons.

Ce stage consisté à effectuer au début une tournée générale dans les différents services de l'usine, par la suite, le maitre de stage nous a confié l'amélioration de la graphiteuse des pistons en diminuant pertes du temps et ceci avec une automatisation et élaboration de nouveaux mécanismes.

Le présent rapport explicite la démarche adoptée afin de répondre à l'objectif du projet, nous commençons dans le premier chapitre par une vision générale sur l'entreprise, ainsi une petite présentation du l'usine Floquet Monopole de Fès en décrivant ses différents processus. Puis nous enchaînons par une présentation du cadre du projet dans le deuxième chapitre, avec une description de la problématique et le cahier des charges de sujet. Ensuite, nous travaillons sur des améliorations de la machine et des actions pour résoudre les problèmes trouvés.

Finalement, nous clôturons par une conclusion générale du rapport.



Chapitre I:

**Généralité sur la société
Floquet Monopole et
processus de
fabrications**

I- Représentation de la so

Le présent chapitre donne une vue générale sur l'environnement du projet, vous trouvez dans cette partie :

- ⇒ Présentation de l'organisme d'accueil « Floquet Monopole »
- ⇒ Description du Processus de production



FLOQUET MONOPOLE, se situe dans le quartier industriel Sidi Brahim, lot 59, rue 812 Fès, Maroc. Elle a été créée en 1981 sous le nom de la Société Marocaine du Fonderie du nord (SMFN).

C'est une société de fabrication par moulage, usinage et de vente des pistons en alliage d'aluminium. Elle dispose d'un atelier de fabrication de pistons.

Floquet Monopole (FM) est une société française qui fait partie du groupe Dana Américaine a été évaluée et jugée conforme aux exigences de la norme ISO 9001 version 2000 et la norme ISO TS/16949 ce qui montre son intégration à l'échelle mondiale.

Il s'agit de la plus grande fonderie d'Afrique et du Moyen Orient. FLOQUET MONOPOLE est une société anonyme dont le capital est de 21.800.000 DHS, qui réalise un chiffre d'affaires de plus de 80 millions DHS par an.

Elle a aussi une production qui varie en fonction des années et pour l'année 2002-2003 la production a atteint une valeur de plus de 600.000 pistons.

FLOQUET MONOPOLE est une grande société qui exporte ses produits vers l'Europe, ainsi qu'à plusieurs pays à travers le monde entier, En effet, elle produit pour des clients tels que Perfect-Circle, Distribution Europe (PCDE), FAURICIA, Renault Maroc, Citroën..., de ce fait, elle doit suivre l'évolution de la technologie en améliorant ses moyens de production, de contrôle et d'exportation.



II- Fiche de présentation de la SMFN :

| | |
|-----------------------|---|
| <i>Raison sociale</i> | <i>Société Marocaine des Fonderies du Nord (SMFN) : Floquet Monopole (FM)</i> |
| <i>Forme</i> | <i>Société Anonyme (S.A)</i> |



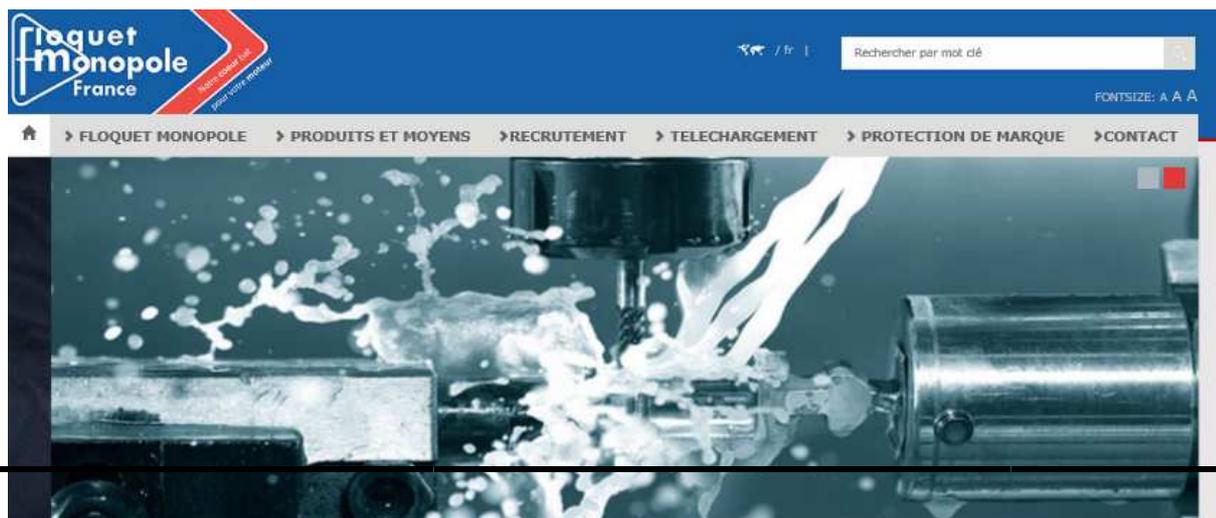
| | |
|---------------------------------------|---|
| Date de création | 1981 |
| Siège | Quartier Industriel Sidi Ibrahim, Lot 59, Rue 813 Fès |
| Activité | Fabrication par moulage des pistons en alliage d'aluminium |
| Capital | 20.800.000 DHS |
| Chiffre d'affaire | 80 millions DHS |
| Production | Plus de 600.000 pistons par an |
| e-mail | fm@floquetmonopole.co.ma , mafmi.sales@menara.masales@floquetmonopole.co.ma |
| Téléphone | 05 35 64 26 91 05 35 64 28 69 05 35 64 26 42 |
| Principaux pays d'exploitation | FRANCE, ALGERIE, LIBYE, MALI, NIGERIA |
| Principaux produits exportés | Déchets et débris d'aluminium (sauf SCORIES, MACHEFERS, ECT, produits par la sidérurgie et contenant de l'aluminium récupérable sous forme de silicates, les déchets ligotés et autres forme brutes en déchets ou débris d'aluminium fondus, parties reconnaissables comme étant exclusivement ou principalement destinées au moteur à piston à allumage par étincelle, N.D.A. • Parties reconnaissables comme étant exclusivement ou partiellement destinées aux moteurs à piston à allumage par compression N.D.A |

Tableau 1:Fiche de présentation de la SMFN

III-Un site web pour Floquet Monopole :

Fès, le 12 mars 2015 – Floquet Monopole a annoncé le lancement du site internet officiel www.floquetmonopole.com.

En suivant une nouvelle politique de communication qui se base sur le webmarketing, et pour un objectif d'atteindre ces clients à l'échelle international et surtout africain, FM a décidé de créer un site web et d'attaqué le monde du web, ce site internet sera une vitrine qui représente la





société et un catalogue en ligne qui facilite la recherche des différents produits de FM.

Une interface simple et fluide pour une communication facile et même une partie consacrer pour une le contacte et les plaintes.



Floquet Monopole en ligne



R & D



Diversification



Emploi & Carrière



Formation

Formation



Actualités

Floquet Monopole

IV. Organigramme de Floquet Monopole :

Abderrahmane LARAQUI
Président



FLOQUET MONOPOLE
Historique
Activités
Produits et Ma
Compétences
Assurance Qu
Engagements

NOS PRODUITS

Mohammed LARAQUI
Vice-Président

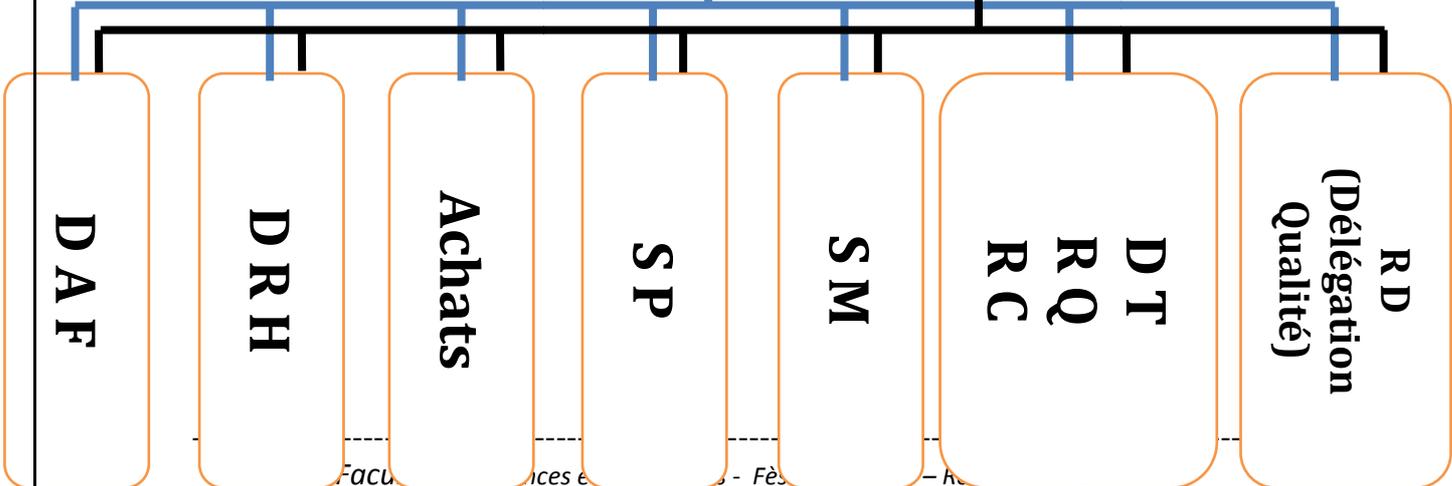
CONTACTEZ-NOUS

Rue Ain Sebas, Quartier Industriel Doukkarat,
30000, Fès, Maroc

Mohammed IRAQI
Directeur général
(Délégation Qualité)

Mme N. LARAQUI
Responsable Commerciale

Mohammed LAHLOU
Directeur administratif et
financier





UNIVERSITÉ SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH - FÈS
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



| | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|
| Direction Administratif Financière | Direction des ressources humaines | Service production | Service maintenance | Responsable du client | Direction qualité | Direction technique | Représentant de la direction |
|--|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|

| | |
|---|-----------------------|
|  | Liaison Hiérarchique |
|  | Liaison Fonctionnelle |

Figure 3: Organigramme de Floquet Monopole

Faculté des Sciences

d'Imouzzer – FES



V- organisation technique de la FM:

La société Floquet Monopole se constitue de plusieurs services qui contribuent au bon déroulement des procédés de production de contrôle et d'exportation ce qui entraîne ainsi un bon fonctionnement de l'entreprise ; parmi ces services on discerne :

a- Le Bureau d'Etude et de Développements :

Il se charge de la conduite des études de produits de l'entreprise, les projets sont développés au sein de ce bureau il sert a :

- ✚ étudier un mécanisme
- ✚ concevoir le fonctionnement
- ✚ choisir les matériaux constitutifs
- ✚ réaliser les plans de nouveaux produits en partant de relevées dimensionnelles du produit existant.
- ✚ Il est en relation avec le bureau d'étude de FLOQUET MONOPOLE pour l'homologation des études.
- ✚ Dessiner les plans des outillages de fonderies et d'usinage spécifique à chaque produit.
- ✚ Assure la collecte des informations techniques des produits concurrents.
- ✚ Participe aux réunions A.M.D.E.C.
- ✚ Gérer les modifications techniques suivant la procédure.

Cette étude se concrétise par l'exécution des dessins accompagnés de spécifications précises ne laissant place à aucune ambiguïté.

Le responsable de ce service doit avoir le bon sens de l'analyse ; de la synthèse ainsi qu'une bonne connaissance des composants moteur.

b- Le bureau de méthodes :

Ce service a pour fonction la préparation et le suivi de la production de l'entreprise. Il fournit les outils nécessaires pour garder une production optimale c'est-à-dire il définit les moyens, les temps ainsi que les moyens de production.

Ce service collabore avec les autres services en particulier avec le bureau d'études et de développements.

c- Le service ordonnancement :

Il organise dans le temps, le fonctionnement de l'atelier afin de respecter les délais fixés. En plus de l'organisation des tâches, ce service s'occupe du suivi de production et définit à partir des données recueillies, des plans destinées à corriger les écarts éventuels pouvant amener au non-respect des programmes rétablis.

d- Le service fonderie :

Il est responsable de la production fonderie tant au niveau de la qualité, que la quantité, il est chargé de faire respecter les règles de procédures et les règles de sécurité travail.

La fonderie de Floquet Monopole utilise des alliages d'aluminium importés. Ces alliages sont conformes aux cahiers de charge des constructeurs automobiles. Les pistons, bruts de fonderie, sont traités thermiquement. Ces traitements sont destinés à donner aux pièces une parfaite stabilité dimensionnelle.

Le service prend en responsabilité le personnel qui travaille dans l'atelier fonderie, ainsi que l'utilisation du planning de cet atelier, respecte aussi les engagements du planning de fabrication.

e- Le service production :

C'est un service qui s'occupe du positionnement réel dans le temps, des dates de début et de la fin des opérations (ou groupes d'opérations) afin de tenir les détails de fabrication. Ces états sont utilisés lors du lancement.



f- Le service maintenance :

Ce service s'occupe de l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou d'assurer un service déterminé, ainsi que l'entretien de tous les équipements de la société en garantissant à ces derniers un bon état de fonctionnement en particulier aux machines servant à la production.

Il comporte une maintenance préventive qui est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire les problèmes techniques éventuels, et une maintenance corrective qui est effectuée après défaillance, ainsi qu'une maintenance systématique qui a pour fonction de remédier sur-le-champ.

Ce service est très important que leur rôle dans cette société, le cas est différent que les autres sociétés pour que la différence au niveau des machines.

g- Le service atelier mécanique :

Il est chargé de réaliser des pièces unitaires d'après les dessins de définitions fournis par Bureau d'Etudes et de Développement et le Bureau de Méthodes fournissent ainsi que les pièces demandées par le service Maintenance.

h- Le service qualité :

Il a deux rôles principaux à savoir :

- ✚ Surveiller la qualité de la production et déceler les facteurs ayant causé des fluctuations sur la qualité des produits.

A partir de cette analyse, ce service détermine les actions correctives nécessaires à entreprendre.

- ✚ Assurer la mise en application et le maintien du système de management de la qualité ainsi que la tenue à jour des normes et certificats de la société.

Ces besoins peuvent évoluer avec le temps, ceci implique la révision périodique des exigences pour la qualité.

Les besoins peuvent inclure, par exemple, des aspects de performances, de facilité d'emploi, de sûreté de fonctionnement, de sécurité, des aspects économiques et esthétiques.

i- Le service contrôle qualité :

Ce service a pour rôle de contrôler, l'action de mesurer, d'examiner, d'essayer, de passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou d'un service et de les comparer aux exigences spécifiées en vue d'établir leur conformité.

A chaque stade de fabrication des contrôles rigoureux de qualité et de conformité sont effectués sur chaque pièce.

Ces contrôles sont réalisés à l'aide des moyens et des matériels de contrôle très sophistiqués et performants :

✚ Pour la matière :

- Spectromètre pour l'analyse chimique (composition de la matière).
- Analyse thermique.
- Contrôle dégazage.
- Contrôle ultra-son.
- Microscope métallographique (avec système vidéo).

✚ Pour le dimensionnel :

- Un laboratoire entièrement climatisé et Chaîne de contrôles électriques.
- Form-Tester.



- Rugosimètre (contrôle d'état de surface).
- Duro-mètre (contrôle de la dureté de la matière).
- Trusquins électriques.

✚ **En fabrication :**

- ⇒ Tous les postes de fabrication sont équipés de leurs propres moyens de contrôles adaptés aux types d'usinages effectués.
- ⇒ Avant le conditionnement des produits, un contrôle final unitaire est effectué sur l'ensemble de la production et portant sur la conformité exigée par les constructeurs.
- ⇒ La rigueur dont fait preuve Floquet Monopole permet de livrer aux marchés nationaux et internationaux des produits d'une qualité absolue dont nous sommes très fiers.

j- Le service de conditionnement et stockage :

Ce service s'occupe des travaux de conditionnement, d'emballage et de stockage final avant l'expédition chez le client.

L'exportation représente une part très importante de l'activité du centre de distribution. Les commandes en provenance de plus de 50 pays sont traitées à l'aide d'un système informatisé qui permet de satisfaire l'ensemble des commandes dans les meilleurs délais.

k- Le service gestion des produits finis :

Comme son nom l'indique, ce service gère les produits qui sortent de la production et qui vont être livrés aux clients.

i- Le service ressources humain :

Il joue un rôle capital au sein de la société FM, il est chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel de l'usine afin de s'assurer qu'ils disposent de toutes les ressources nécessaires pour garantir le bon fonctionnement de l'entreprise.

ii- Produits et marchés :

Les produits fabriqués sont : les pistons pour les moteurs thermiques à combustion et explosion interne.

La FM commercialise sa production auprès des principaux agents de marque automobile poids lourd, ainsi que les fabricants de moteurs industriels et les revendeurs de pièces détachées

Les clients sont :

- Perfect-Circle Distribution Europe & FAURECIA (PEUGEOT France) ;
- Buses Trucks (IVECO LYBIE) ;
- VEGE
- RENAULT MAROC
- Autres...

VI- Processus de fabrication des pistons :

1- piston :

a- définition :

Pièce cylindrique mobile, qui sert à comprimer le gaz en vue d'une explosion, et qui après l'explosion transforme une énergie thermique en énergie mécanique.





Outre ces deux rôles primordiaux, le piston a d'autres rôles tout aussi importants pour le bon fonctionnement du moteur :

- Aspiration du mélange air carburant dans la chambre de combustion lors de sa descente.
- Expulsions du gaz brûlé lors de sa remontée. Figure 4:Piston
- Evacuation de la chaleur créée par les explosions répétitives.
- Assurance de l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter du vilebrequin rempli d'huile.
- Résistance aux contraintes thermique et mécaniques.
- Il doit être le plus léger possible pour diminuer les masses en mouvement.

Donc le piston est une pièce parfois légèrement conique, et dans certains cas en forme de tonneau; ces formes et le jeu dans son ajustement avec la chemise confèrent à l'ensemble une liaison mécanique moins contraignante pour le montage et le fonctionnement.

b- Rôle de piston dans un moteur :

Le piston est l'élément mobile assurant la variation de la chambre d'un cylindre. Généralement lié à une bielle, il assure la compression des gaz de combustion et subit leur détente source du mouvement du moteur. Lorsque la chambre est ouverte par une soupape, il expulse les gaz brûlés ou aspire le mélange du cycle suivant.

c- Les principaux éléments du piston :

i. La tête du piston :

Pour une analyse plus détaillée, commençons du côté de la tête de piston. Celle-ci assure la partie compression/évacuation des gaz. Sa forme est liée à celle du cylindre.



Figure 5:La tête du piston

Il existe plusieurs formes de tête de piston :

- Les têtes plates, surtout présentes sur les moteurs 2 temps et moins sur les moteurs 4 temps, dans notre cas nous avons choisi un piston à tête plate.
- Les têtes convexes, avec des empreintes en regard avec les soupapes. La partie convexe permet d'avoir des chambres de combustion plus performantes (meilleure inflammation des gaz, évacuation plus facile et rapide, meilleur refroidissement de la bougie) et des compressions plus élevées. Les empreintes sont légèrement plus grandes que le diamètre des têtes des soupapes, ce qui évite au piston et aux soupapes de se toucher (ce qui pourrait être le cas lors d'un affolement de soupape ou d'un léger dérèglement de la distribution).

Pour supporter les explosions, les têtes de piston subissent de plus en plus de traitement de surface afin de les renforcer (exemple : traitement avec nickel, graphite ...), de plus pour obtenir une meilleure évacuation de la chaleur, les têtes sont améliorées par des nervures sur leur verso et ainsi la surface d'échange thermique augmente et permet de mieux dissiper rapidement un surplus de chaleur.

ii. Les segments piston :

Les segments sont des anneaux "élastiques" ouverts qui se logent dans des gorges usinées dans la tête du piston. Ils assurent l'étanchéité entre la chambre de combustion (les gaz chauds) et l'huile dans le carter



Figure 6:Les segments piston



du vilebrequin. Ils assurent aussi l'évacuation de la chaleur de combustion vers le cylindre.

Les 3 types de segments sont :

- Le segment de feu est le segment en contact avec les gaz. Lors de l'explosion, il est plaqué contre le piston (dans sa gorge) et contre le cylindre, ce qui assure quasiment toute l'étanchéité.
- Le segment d'étanchéité ou de compression assure l'étanchéité totale des gaz en arrêtant ceux qui seraient passés par la coupe du segment de feu. Sa coupe est décalée ou tiercée par rapport à celle du segment de feu.
- Le segment racleur assure l'étanchéité au niveau de l'huile, il doit "racler" l'huile des parois du cylindre pour éviter qu'elle soit brûlée au cycle suivant.

iii. La jupe du piston :

La jupe du piston est la partie qui se situe en dessous du dernier segment et sert au guidage du piston dans le cylindre. Elle peut être complète ou réduite.

Le but de cette réduction est de réduire le poids du piston et les frottements de la jupe sur le cylindre afin d'améliorer les performances du moteur à haut régime. L'état de surface de la jupe est donc primordial pour assurer une bonne lubrification, parfois un traitement de surface peut être appliqué sur le piston ou uniquement sur la jupe, celle prendra alors une coloration gris foncé voire noire.



Figure 7: La jupe du piston

iv. L'axe du piston :

L'axe du piston permet de relier le piston à la bielle. L'axe doit être extrêmement résistant de par ses dimensions et les matériaux utilisés, car il subit et transmet les efforts mécaniques dus aux explosions. Il est aussi parfaitement poli pour tourner dans la balle ou dans le piston (parfois les deux).

La plupart du temps l'axe du piston est creux pour diminuer le poids de l'équipage mobile sans diminuer sa résistance. Il est généralement maintenu latéralement par ces Circlips ou joncs d'arrêt dans le piston, et peut être monté libre ou serré dans la bielle.



Figure 8: L'axe du piston

En générale les différentes parties constituant un piston sont :

2- La gamme de fabrication de piston :

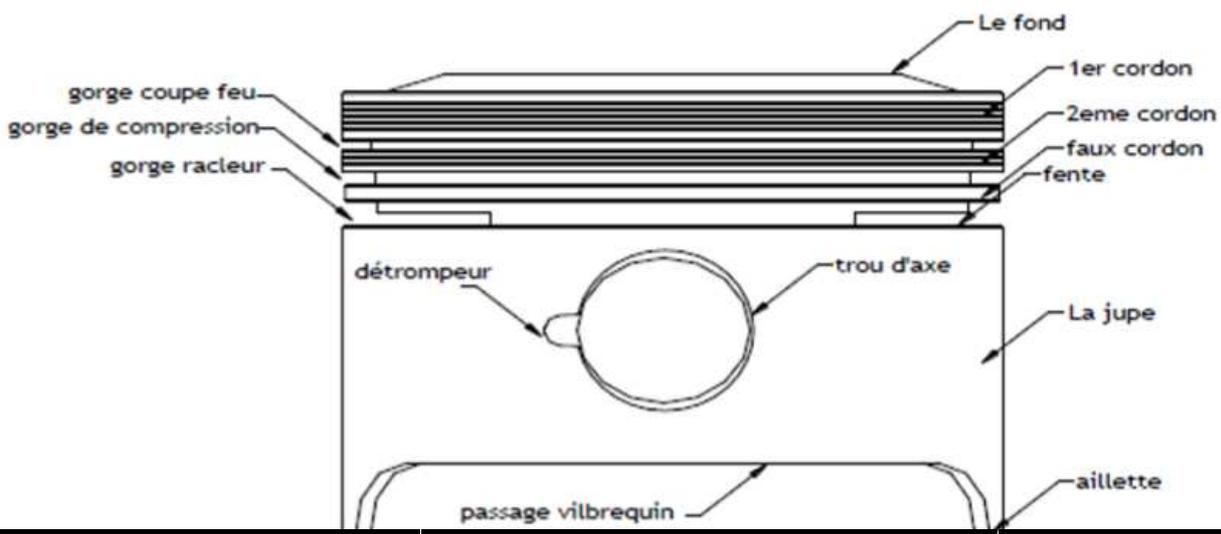


Figure 9: les différentes parties d'un piston



Le piston est le cœur du moteur, s'il est bien dimensionné et bien fabriqué, on aura donc un bon rendement du moteur, pour cela le but de l'entreprise est de fabriquer un piston de bonne qualité, contrôlé au micron. Pour cela il doit parcourir toutes les étapes du processus de fabrication.

a- Demande du client :

Il peut se faire avec un prototype ou avec un dessin du produit à fabriquer.

b- Cout de travail :

On effectue la gamme d'usinage afin de :

- calculer le temps d'usinage
- La consommation en énergie
- déterminer le cout de travail ou de la fabrication du produit
- emploi de la main d'œuvre

Après tous ses calculs, le devis est soumis au client et s'il est favorable alors la production est lancée.

c- le bureau d'étude :

Le bureau d'étude et de développement conçoit le moule pour la coulée. Les calculs sont effectués avec minutie sinon la moindre erreur pourrait avoir des conséquences graves au niveau de la production.

d- Le bureau des méthodes :

Le bureau de méthode a pour rôle d'établir :

- Les gammes d'usinage.
- Les dessins des montages d'usinage et de contrôle.
- Les dessins d'outillages de production et de contrôle.

e- L'atelier mécanique :

Après les calculs et les dessins réalisés par le BED et BM cet atelier se charge de réaliser le moule et les montages d'usinage et des contrôles.

3- Les différentes étapes la fabrication :

a- La Fonderie :

i. La Matière première :

Les blocs de métal arrivent directement de chez le fournisseur en lingots stockés dans les boxes.

Chaque piston est réalisé dans un alliage composé, au minimum, d'aluminium et de silicium avec un pourcentage de 84% de l'aluminium.

Le tableau ci dessous montre la décomposition de la matière première utilisée par une construction de piston :



Figure 10: les lingots

| | AS 12 en % | AS 18 en % | Rôles des composants AS |
|---------------|---------------|---------------|---|
| Silicium (Si) | 12 | 18 | -Augmenter la résistance thermique et mécanique de l'alliage face aux contraintes appliqué au sein des moteurs. |



| | | | |
|----------------|-----|---|---|
| Fer (Fe) | 0.7 | — | -Améliore les caractéristiques mécaniques. |
| Cuivre (Cu) | 1.5 | — | -Amélioration des caractéristiques mécaniques des alliages. -Amélioration des aptitudes à l'usage. |
| Manganèse (Mn) | 0.3 | — | -Augmente la résistance à la traction. |
| Magnésium (Mg) | 1.5 | — | -Amélioration des caractéristiques mécaniques. |
| Nickel (Ni) | 1.3 | — | -Augmente la résistance à la corrosion et à la haute température. |
| Zinc (Zn) | 0.2 | — | -Limiter la corrosion. -Augmente les caractéristiques mécaniques. |
| Titan (Ti) | 0.2 | — | -Affiner le grain de métal. -Améliore les caractéristiques mécaniques. |

Tableau 2: la décomposition de la matière première

Remarque :

- ⇒ La régulation de la température du four se fait à l'aide d'un thermocouple et d'un système automatique.
- ⇒ Fondre l'AS 18 à une température de 730°C provoque des défauts dans la coulée.

ii. Les fours de maintiens :

Des fours électriques composés d'un creuset à base de carbure de silicium est céramique à propriétés thermiques intéressantes, entouré d'une résistance électrique. Le tout revêtu d'une couche de laine de verre (isolant thermique).



Figure 11: Les fours de maintiens

iii. Le coulage d'échantillon :

On réalise une pièce d'échantillon et on l'envoie au laboratoire de contrôle, pour vérifier la composition chimique du métal et donner le feu vert à l'opération de moulage.



Figure 12: Le coulage d'échantillon

iv. Contrôle destructif par tournage :

Pour s'assurer de la qualité de la coulée, il est indispensable voire nécessaire de faire un control destructif par tournage. Cette opération consiste à prélever des pistons pour chaque creuset et chaque moule à la fréquence d'une pièce par jour et par référence.

v. Le démasselotage :





Après l'obtention de la matière brute, il faut enlever le système de la coulée et la masselotte suivant les dimensions du piston.

vi. La stabilisation :

La fonderie est dotée de deux fours de stabilisation pour le traitement thermique des pistons. Les pièces sont passées dans le four de stabilisation (220°C pendant 10 heures) pour réguler la dureté.

Figure 13:Le démasselotage

vii. La zone d'attente :

Après la stabilisation les pistons sont stockés en zone d'attente avant l'usinage. Ils sont mis dans des bacs avec des fiches d'identification indiquant leurs références et leurs quantités.



Figure 14: zone d'attente

b- Usinage :

L'usinage se fait en plusieurs étapes à l'aide des contrats de phase élaborés par le bureau de méthode et réalisé au niveau des différentes chaînes existent en usine.

i. Emboitage :

C'est la première opération que subit le piston, son rôle général est de faire un usinage au-dessous du piston pour assurer la bonne mise en position et le bon maintien de la broche dans les autres opérations (création d'une surface de référence).



Figure 16:Emboitage

ii. Ebauches trou d'axe :

C'est l'opération de l'usinage du trou d'axe. C'est un usinage primaire, il se fait avec une belle précision.

iii. Cassage angle :

Le but de cette opération est de casser les angles du piston pour éviter qu'ils soient trop affilés et aiguisés.

iv. Gorges segments :

Dans cette opération, on usine trois gorges segments a la tête du piston qui sert à porter les différents segments (coupe-feu, compression, racleur).

v. Finition fond :

On fait usiner le fond du piston pour créer un fond bien plat. Toutes ces opérations déjà mentionnée sont faites sans certaines machines appelées des batteries CN et des tours.

vi. Stries :



Il consiste à faire un travail de forme sur la tête du piston avec un outil ARS (1er cordon : gorge coupe-feu et le 2eme cordon : gorge de compression)

vii. Fraisage fente :

Cette étape consiste à faire une fente dans la gorge racleur avec une fraise scie.

viii. Gorges, Circlips et chanfreins :

Dans cette opération on fait un petit usinage à l'intérieur du trou pour le Circlips qui va bloquer l'axe.

ix. Finition jupe :

Cette opération se fait à l'aide des machines WMT. La finition se fait sur deux parties. Chacune des parties sont différentes.

x. Finition trou d'axe :

La finition trou d'axe se fait dans l'aléuseuse. Cette opération se fait avec une très grande précision, c'est à-dire micron.

xi. Lavage :

Après avoir fabriqué les pistons, ceux-ci vont être lavé dans le bac de lavage pour enlever le lubrifiant.

xii. Marquage :

Le marquage se fait juste avant le control suivant les exigences du plan. Il se fait soit manuellement, soit automatiquement.

xiii. L'étamage-graphitage :

L'étamage : est une opération qui consiste à déposer une couche de carbonate de soude sur la jupe du piston.

Graphitage : est une opération qui consiste à déposer une couche de graphite sur la jupe du piston.

c- Contrôle :

Après l'usinage, le contrôle visuel et dimensionnel est effectué afin de vérifier qu'il n'y a pas de défaut sur la surface.

i. Contrôle visuel :

Il permet de :

- a. Vérifiant des défauts d'usinage.
- b. Vérifiant des défauts accidentels.
- c. Vérifiant des défauts de marquage.

ii. Contrôle dimensionnel :

Il consiste à vérifier :



- ⇒ **Les trous d'axe** : l'appareillage utilisé pour cette opération est un montage de contrôle (comparateur axe).
- ⇒ **Le diamètre.**
- ⇒ **La hauteur de compression.**

d- Super-control :

Après l'étamage et le graphitage les pistons sont expédiés au magasin pour y subir un super contrôle.

Dans cette section on fait le contrôle :

- ⇒ Du trou d'axe.
- ⇒ Des gorges avec des cales étalons d'une grande précision.

e- Emballage :

Si les pièces ont passé l'étape du contrôle, le conditionnement est effectué dans des cartons.

4- Les chaînes de production au sein de Floquet Monopole:

a. La chaîne TU1 :

Cette série comporte 8 machines qui sont : l'OP 20A, OP20B, OP20C, OP30, OP40, OP50, OP60, OP70. Ces machines sont très sophistiquées et sont commandées numériquement. Elles exécutent généralement plusieurs opérations en même temps. Comme elle représente la liste des OP au sein de la chaîne TU1

OP 20 :

Operations

- Eml
- Eba
- L'é
- La f
- La r

OP 70 :

Operations effectuées :

- Etalonnage et le marquage : machine de contrôle des pistons
 - Le diamètre
 - La hauteur
 - La décroissance



OP 30 :

Operations effectuées :

- Réaliser l'ébauche du trou d'axe
- Chambrage et bain d'huile trou d'axe

Figure 17: La chaîne TU1



OP40 :

Operations effectuées :

- Réaliser la finition jupe et cordon du piston
- Cassage des angles



OP 50 :

Operations effectuées :

- Finition trou d'axe



OP 60 :

Operations effectuées :

- Lavage





Chapitre II:

Le contexte général et le cahier des charges du projet et la démarche suivie pour la résolution du problème.

Vous trouverez dans cette partie :

- ⇒ Le contexte général du projet.
- ⇒ La problématique et le cahier de charge.
- ⇒ La démarche suivie.



I- Introduction

Dans le contexte économique actuel, le secteur industriel est soumis à une pression concurrentielle très forte. Floquet Monopole, dans le cadre d'une politique générale, a visé l'ancrage des méthodes d'amélioration continue et de fiabilisation dans les différentes lignes de production afin de garder sa place dans le marché pour obtenir les résultats attendus et répondre aux exigences, alors ceux-ci sont les atouts principaux de toute démarche efficace permettant d'obtenir des résultats tangibles.

Les objectifs de notre PFE ont été fixés en adéquation avec les données disponibles et les différentes contraintes existantes : Moyens alloués (matériels et humains), délais,... etc. ainsi qu'une planification bien étudiée et respectée pour arriver à la concrétisation des différentes tâches programmées.

Le but de ce chapitre est de présenter la problématique du projet, le cahier des charges, la démarche suivie pour répondre au besoin de l'ensemble des parties prenantes du projet et le plan d'action.

II- Contexte pédagogique

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'étude, au cours duquel les élèves ingénieurs de La FSTF sont censés de faire un projet industriel réel.

Au cours de ce stage, on doit mettre en place nos acquis pour résoudre des problèmes et trouver des solutions pratiques et adéquates.

III- Présentation de l'analyse fonctionnelle :

La solution proposée pour la Graphiteuse est quasi-totalement automatique: elle se compose d'un système de transmission de puissance, d'un bloc de commande pour nous donner l'accès facile aux modifications et manipulation.

La solution est facile à installer et à utiliser et offre une qualité homogène pour une parfaite reproductibilité des produits pour notre piston. Les Produits en aluminium et les modèles créés en Floquet Monopole reproduisent de manière fidèle des conceptions quelle que soit leur forme ou leur complexité.

a- A qui s'adresse l'A.F. ?

L'AF s'adresse aux concepteurs des produits. Le mot produit peut ici prendre des sens très divers. Il peut s'agir d'un objet matériel ou immatériel (produit industriel, objet technique, programme informatique, service à la personne, services financiers...).

b- Quel est le but de l'A.F. ?

Le but de l'AF est d'optimiser la conception ou l'amélioration des produits en s'appuyant sur les fonctions que doit réaliser le produit. Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception peut mesurer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs.



c- Quand utiliser l'AF ?

L'AF n'a de sens que si elle est menée au début d'un projet.

d- Pourquoi utiliser l'AF ?

L'AF permet d'éviter certains pièges classiques de la conception (aveuglement, manque d'objectivité, mauvaise gestion des priorités). Dans les faits les premières étapes de l'AF sont générales et concernent tous les acteurs d'un même projet. C'est seulement dans un deuxième temps que l'AF devient technique, et oriente les concepteurs vers des solutions techniques. L'AF rend ainsi possible un dialogue entre tous les intervenants d'un projet (quels que soient leurs domaines de compétence). C'est un gage d'objectivité et de créativité dans la conduite du projet.

e- Typologie des fonctions :

- **Définition d'une fonction :**

L'expression des fonctions est normalisée par l'AFNOR : une fonction se compose d'un verbe ou d'un groupe verbal caractérisant l'action, et de compléments représentant les éléments du milieu extérieur concernés par la fonction.

La définition d'une fonction est donnée par la norme AFNOR X50-151 : « Action d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimée exclusivement en termes de finalité ».

- **Fonctions de service :**

Actions demandées à un produit ou réalisées par lui afin de satisfaire une partie du besoin d'un utilisateur, s'obtient par la question : qu'est-ce que le produit doit faire ou réaliser pour satisfaire l'utilisateur.

- **Fonctions techniques :**

Ce sont des actions d'un constituant en vue de permettre la réalisation des fonctions de service.

- **Fonction principale :**

C'est la fonction qui satisfait le besoin. Elle assure la prestation du service rendu. C'est la raison pour laquelle le produit a été créé.

- **Fonction contraintes :**

D'après la norme AFNOR X50-151 : « Une contrainte c'est une limitation à la liberté de choix du concepteur-réalisateur d'un produit ». Les contraintes participent à définir le besoin en recensant les conditions qui doivent être impérativement vérifiées par le produit, mais qui ne sont pas sa raison d'être

IV- Présentation de la problématique :

Dans le cadre de développement et de l'amélioration de la société Floquet Monopole pour être flexible avec le changement des nouvelles exigences des clients et pour assurer la compétitivité; les responsables ont pensé de détecter les endroits où ils peuvent apporter des améliorations telle qu'une optimisation de la gestion du temps, de rendre un poste avec une ergonomie plus efficace et économiser de l'espace pour pouvoir l'utiliser d'une façon plus performante....

Alors comme réaction intuitive, on doit tenir compte de l'amélioration continue au sein de ces lignes de production pour pouvoir livrer des produits de meilleure qualité, cela implique directement la conception d'un nouveau processus qui contribue dans une bonne et fidèle production.



La problématique à laquelle nous devons répondre est : l'amélioration, la Conception et l'automatisation d'une graphiteuse de pistons. Après l'analyse des processus de production et la compréhension du fonctionnement de la Société Floquet Monopole, notre mission consistait à trouver la meilleure solution et de dresser par la suite un plan d'action à mettre en place afin de réaliser et vérifier la validité de cette conception sur le terrain.

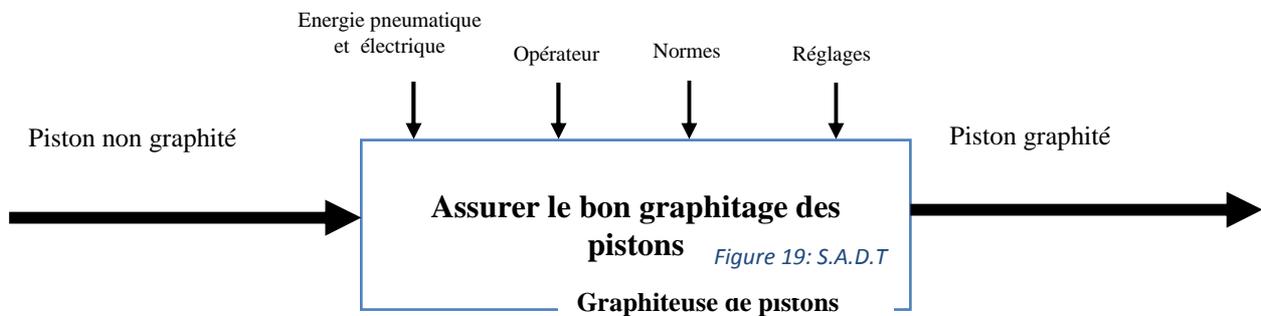
V- Définition de projet

Les causes racines, le choix des solutions optimales pour un problème ou une situation nécessite la détection de l'anomalie. Dans ce sens, la méthode QQQQCP permet d'avoir toutes les dimensions du problème, les informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels.

| QQQQCP | |
|------------|---|
| Quoi ? | « l'activité » : l'amélioration, la Conception et l'automatisation d'une graphiteuse de pistons. |
| Qui ? | « Les clients » : Perfect-Circle, Distribution Europe (PCDE), FAURICIA, Renault Maroc, Citroën... |
| Où ? | L'usine Floquet Monopole. |
| Quand ? | Du 01/03/2016 au 30/05/2016. |
| Comment ? | L'Etude de la graphiteuse de pistons et la recherche des solutions adéquates. |
| Pourquoi ? | L'amélioration de la qualité, l'augmentation de la productivité et la réduction des pertes temps. |

Tableau 3:QQQQCP

Le diagramme suivant exprime la fonction globale qui sera assurée par la machine :



VI- La démarche du projet :

La démarche adoptée pour la réalisation du projet se compose de quatre phases :

Phase 1 : 'l'avant-projet' ou la phase d'intégration et de définition du thème de projet dans laquelle on effectue un constat général et une visualisation complète de l'état actuel et la rédaction du cahier de charges.

Phase 2 : 'projet' ou la phase de recueil des informations dans laquelle on essaye de comprendre le fonctionnement de la machine au sein de l'ensemble de la production et on formalise une idée générale sur les exigences du travail.

Phase 3 : 'après projet' ou la phase de la conception et de la réalisation dans laquelle on va rechercher et classer les variables critiques, identifier les problèmes, étudier et trouver les meilleures solutions.



Phase 4 : 'validation du projet' ou validation de la conception avec les responsables de la société dans laquelle on teste, simule et valide le fonctionnement normale avec une estimation de gain. Cette phase contient une formation qu'on va faire pour les personnels de l'atelier pour s'adapter de mieux en mieux avec le processus et la nouvelle machine.

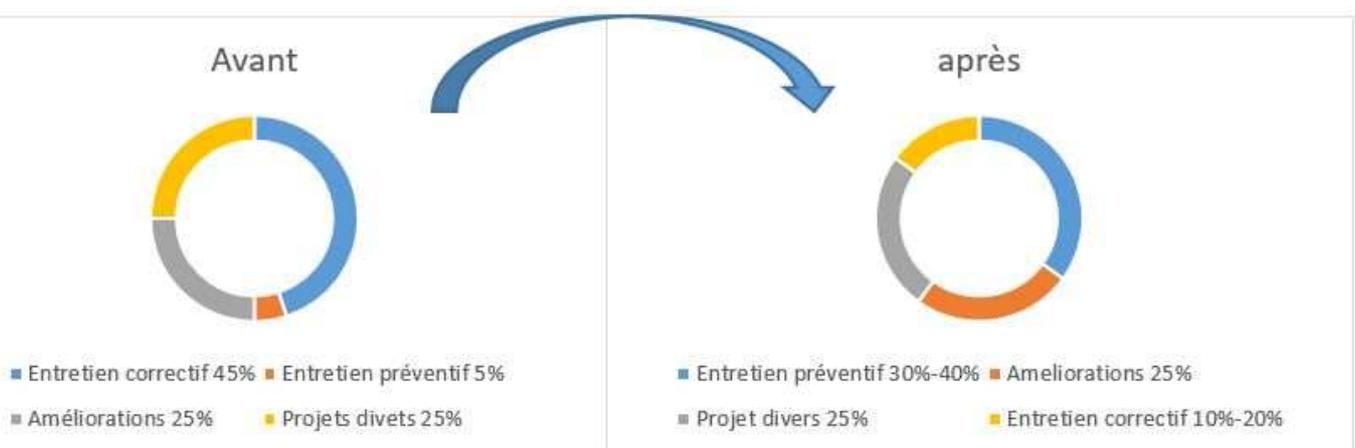
VII- Objectif visé :

Durant cette étude, on a eu quelques exigences à respecter de la part des responsables de l'usine telles que :

- ✓ Avoir un cout optimum.
- ✓ Travailler avec ce qu'on possède.
- ✓ Minimiser le temps de graphitage des pistons.
- ✓ Optimiser le nombre du personnel présent dans le poste.
- ✓ Assurer la sécurité du personnel.

On conclut que l'objectif à atteindre est de transférer 25% à 35% des activités de correction en prévention, alors c'est l'objectif réaliste que l'on peut espérer atteindre après quelques mois d'implantation. Voici donc l'économie ou les gains directs que l'on peut obtenir :

- ⇒ Augmentation de 15% à 20% de la productivité du personnel d'entretien.
- ⇒ Une réduction de 25% à 50% en termes de temps d'arrêt imprévus.
- ⇒ Une réduction de 2.5% à 5% sur les couts d'énergie pour les équipements.
- ⇒ Une diminution de 20% à 40% du temps supplémentaire (10% même le premier mois).
- ⇒ Une réduction de 10% à 25% sur les couts de pièces de rechange.



Selon les statistiques de la CSST, à chaque année les machines sont à l'origine d'environ 10 à 15% des accidents de travail. Une étude française faisait aussi ressortir que les accidents qui surviennent à cause d'un défaut de fonctionnement lors d'un dépannage, d'un réglage ou d'une réparation, sont plus nombreux que ceux qui arrivent durant la conduite normale de la machine.

VIII- Gestion des risques :

Figure 20: Objectif visé



Pour une meilleure gestion du projet, il faut effectuer une étude sur les risques possibles afin de définir des propositions pour les éviter.

| | |
|--|---|
| ✓ Mauvaise utilisation de la démarche de réimplantation. | <ul style="list-style-type: none"> ✔ Se documenter sur la méthodologie. ✔ Prendre conseil auprès des encadrants. ✔ Se documenter dans la littérature sur la compatibilité des solutions. |
| ✓ Mauvais choix des solutions proposées. | <ul style="list-style-type: none"> ✔ Demander l'avis des encadrants. |
| ✓ Mauvaise interprétation des besoins de l'entreprise. | <ul style="list-style-type: none"> ✔ Garder une trace des notes de toutes les informations recueillies. ✔ Chercher attentivement l'information. |
| ✓ Mauvaise collection des données | <ul style="list-style-type: none"> ✔ Se renseigner à l'avance du service (opérateurs) auprès duquel on récupère l'information. |
| ✓ Mauvaise gestion du temps | <ul style="list-style-type: none"> ✔ Utiliser les outils de gestion de projet. |

Tableau 4: Gestion des risques

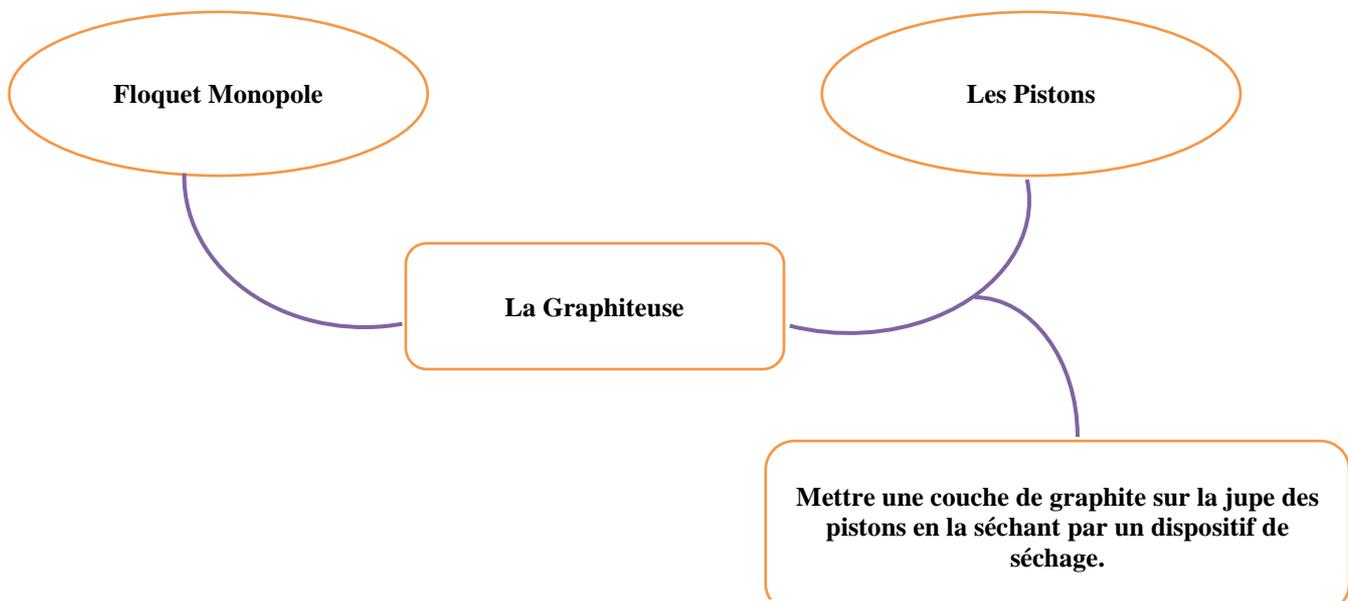
IX- Recherche d'information

Les informations dont on aura besoin pour améliorer et automatiser la graphiteuse sont définies par des exigences qui sont imposées par les responsables de la société et ils sont comme suit :

- ✓ La machine doit assurer la sécurité de l'employé et éviter les pertes de temps en créant une flexibilité entre les différentes opérations.
- ✓ Prendre en considération le coût des pièces et les modifications à apporter pour la graphiteuse.

a- Diagramme bête à corne

Pour faire une analyse fonctionnelle, on traduit sa fonction principale à l'aide du diagramme bête à corne:



-----Figure 21: diagramme bête à corne de la machine graphiteuse -----



b- Méthode RESEAU :

La méthode RESEAU est une étape de l'analyse fonctionnelle qui a pour objectif de formuler les fonctions d'un produit. On utilise ces étapes pour trouver les fonctions que doit remplir la machine tel que :

- **R**echerche intuitive.
- **E**xamen de l'environnement.
- **S**equential Analysis of Functional Elements.
- **E**xamen des efforts et de référence.
- **A**nalyse d'un produit de référence.
- **U**tilisation des normes et des règlements.

i. Recherche intuitive

La méthode consiste à poser les fonctions suivant les premières idées qui nous viennent à l'esprit à savoir:

- ⇒ être esthétique.
- ⇒ avoir une vitesse optimum.
- ⇒ avoir un coût minimum.
- ⇒ être facile à maintenir.

ii. Examen de l'environnement

Les fonctions d'adaptation sont celles qui permettent à un produit de se conformer aux interacteurs et réciproquement.

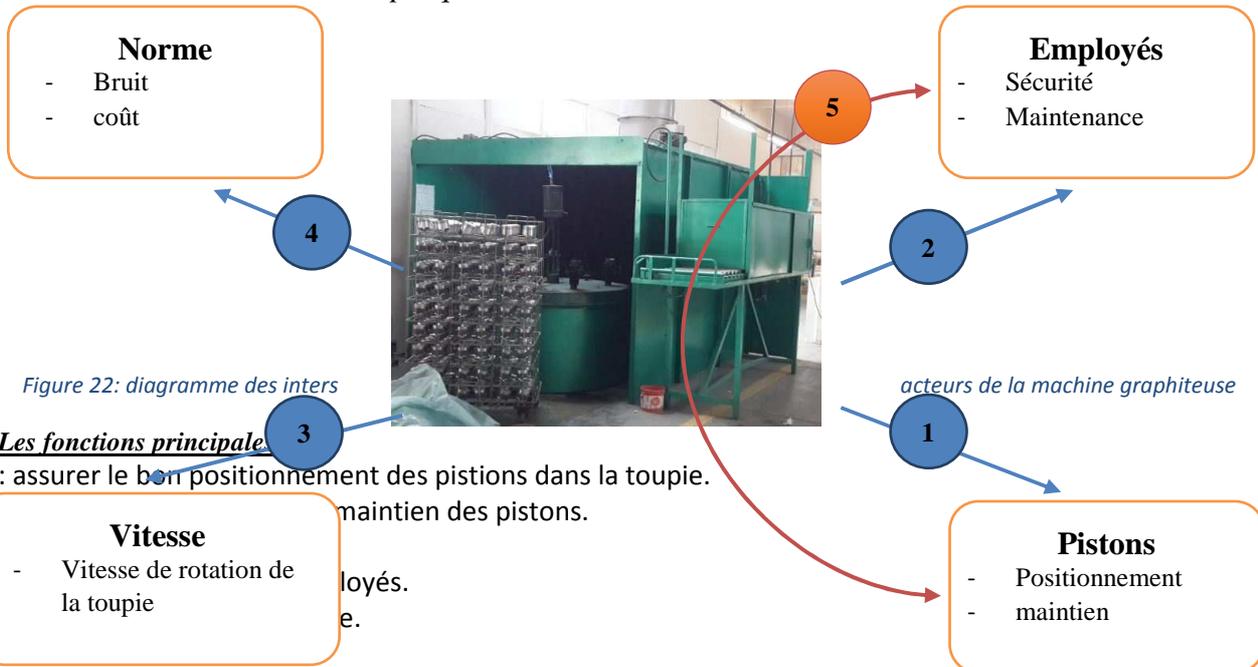


Figure 22: diagramme des inter-acteurs de la machine graphiteuse

Les fonctions principales :
 3 : assurer le bon positionnement des pistons dans la toupie.
 4 : le maintien des pistons.

1 **Vitesse**
 - Vitesse de rotation de la toupie
 2 : assurer le bon positionnement des pistons dans la toupie.
 3 : le maintien des pistons.

1 : respecter la vitesse imposée par le cahier des charge.
 3 : respecter le niveau sonore.
 4 : Avoir un coût optimum.

Les fonctions contraintes :



: Être ergonomique pour une facile utilisation par les employés.

iii. Sequential Analysis of Functional Elements

La méthode SAFE est basée sur l'étude des séquences d'utilisation du produit ainsi que l'étude des cheminements des efforts et des mouvements. Il est donc nécessaire d'avoir une idée et de trouver des fonctions à partir de la séquence imaginée lors du fonctionnement d'un produit.

Dans notre cas, on imagine des scènes de fonctionnement de la graphiteuse. Le scenario sera comme suit :

Le piston sera placé par l'employé et suivra son chemin de rotation dans la toupie de la graphiteuse où il sera peint. Une couche mince de graphite va être séchée pour qu'à la sortie du sécheur où elle doit être facilement prise par l'employé chargée de le mettre en emballage.

iv. Examen des efforts et des mouvements

Certaines scènes du scenario décrit précédemment nécessitent quelques efforts. On cite comme fonctions techniques :

- *L'effort qu'appliquent les pistons sur la toupie.*
- *La machine doit être robuste pour supporter les efforts cycliques des opérations.*

v. Analyse d'un produit de référence

On s'est inspiré d'une vidéo d'une soutireuse KRONES, pour trouver des solutions aux problèmes rencontrés avec la graphiteuse de pistons.



Figure 23: Photo

soutireuse KRONES

montrant un exemple d'une

vi. Utilisation des normes et des règlements



Le graphitage des pistons nécessite l'utilisation d'un produit BONDERITE VN 1993. Pour ladite opération, on a besoin d'imposer certaines réglementations pour la protection de l'utilisateur conformément aux instructions de la fiche de données de sécurité N° 1907/2006 (SECTION 8- Contrôles de l'exposition/protection individuelle, au niveau des Contrôles de l'exposition).

Pour une sécurité meilleure, il est indispensable de mettre à la disposition de l'utilisateur un matériel de protection à savoir :

| | |
|--------------------------------|--|
| Protection respiratoire | Masque de protection respiratoire sans cartouche pour travaux tous types (masque jetable). |
| Protection des mains | Les gants recommandés sont des gants en caoutchouc nitrile (épaisseur >0.1mm, temps de pénétration < 30s). Les gants devront être changés après chaque contact même court ou contamination. Gants disponibles en magasins spécialisés: laboratoires, pharmacies... |
| Protection des yeux | Lunettes de protection. |
| Protection du corps | vêtement de protection approprié. |

Tableau 5: réglementation de sécurité

Au niveau de la conception, on doit donner une grande importance à la protection de l'utilisateur de la machine contre les projections du graphite.

X- Conclusion

L'étude de la problématique confrontée par Floquet Monopole nous a permis, d'une part de cerner leurs besoins en relevant les principales défaillances fonctionnelles et techniques, et d'autre part de se fixer des objectifs pour la réalisation de la solution concevables qui convient à leurs exigences en termes des progrès et des performances. Pour remédier aux insuffisances du système de manutention actuel, nous estimons nécessaire de consacrer le chapitre suivant à l'étude et la conception de la solution automatisée.



Chapitre III:

**Conception et
dimensionnement des
solutions choisies**

Vous trouverez dans cette partie :

- ⇒ **Présentation général de la machine.**
- ⇒ **Mise en place des solutions obtenues, Calcul et dimensionnement.**
- ⇒ **La maintenance de la graphiteuse de pistons.**



I- Introduction :

A travers ce chapitre nous cherchons à concevoir les solutions technologiques de ce projet d'ingénierie et de définir les idées qui peuvent répondre aux exigences du cahier de charges. Ce choix est guidé par l'analyse fonctionnelle technique et tient compte de nombreux critères d'évaluation.

Ces critères sont ainsi présentés :

- Faisabilité, Simplicité de fabrication ;
- Durée de vie
- Aspect économique.

La conception de la graphiteuse a débuté par un travail d'ingénierie qui conçoit les éléments de la machine en utilisant un outil de conception assisté par ordinateur. Il s'agit de CATIA V5, cet outil nous a permis de créer un prototype de machine virtuelle.

Le présent chapitre aborde l'étude détaillée de cette conception avec ses différents aspects. En premier lieu, nous allons présenter le fonctionnement général de la machine et les nouveaux montages mécaniques. En deuxième lieu, nous allons traiter l'étude et le dimensionnement des différentes pièces prises en charge ainsi que ses caractéristiques. Ensuite, nous allons faire un bilan des modifications apportées à la machine. Finalement, nous allons décrire l'étude ergonomique de la machine.

II- Présentation générale de la machine :

D'après l'analyse de la graphiteuse existante actuellement dans l'usine, nous sommes arrivés à déterminer les différents paramètres qui influencent le mauvais graphitage des pistons au niveau de la machine. Ainsi ces paramètres doivent être surveillés afin de respecter les normes exigées pour la production. Le contrôle continu de ces paramètres est réalisé par l'intermédiaire des opérateurs qui veillent sur la bonne marche de la machine afin d'assurer un bon fonctionnement.

a- Description du fonctionnement de la graphiteuse actuelle :

L'opération du graphitage est de mettre une couche de graphite sur la jupe du piston sans toucher les gorges des segments et le trou d'axe.

Le poste de graphitage actuel est composé de différentes parties comme cités ci-après :

-une toupie tournante par l'opérateur sur laquelle il place des pistons (six positions possible) sur un dispositif de serrage manuel.

-Un ventilateur manipulé manuellement pour évacuer l'excédent du graphite vers une cheminée.

-Un jet de graphite qui mélange ce dernier



Figure 24: Graphiteuse actuelle



liquide avec l'air comprimé dans une chambre en les transformant en vapeur facile à peindre sur la jupe du piston.

-Un sécheur de piston situé à côté de la graphiteuse totalement manuelle recommandé à sécher le graphite peint sur les pistons dans des paniers à l'aide un ventilateur et des résistances électriques. Toutes ces actions sont faites manuellement par l'opérateur.

b- Description du mode opératoire

A l'arrivée d'un chariot contenant des paniers de pistons (10 pistons / panier) l'opérateur déclenche un ventilateur situé dans la cheminée ayant pour rôle de faire évacuer l'excès du graphite vaporisé au cours de l'opération et commence à mettre les pistons un par un sur un dispositif de serrage monté sur une toupie tournante. Cette dernière doit être manipulée par l'opérateur pour assurer le déplacement des dispositifs de serrage afin de les mettre en face du jet du graphite et appuyer sur un bouton pour faire actionner ce dernier en retournant la toupie encore une fois manuellement à l'état initial. L'opérateur prend ensuite le piston graphité et met un autre brut pour un nouveau cycle.

En remplissant un ensemble de paniers, l'opérateur les déplace dans un sécheur de pistons qui a pour rôle d'assurer le bon séchage à l'aide des résistances chauffantes et déclenche la ventilation. Une fois les paniers séchés, l'opérateur ouvre une porte, les retire et les met sur des palettes pour être emballés. Cette opération est faite par estimation du temps du séchage.

c- Les composantes de la machine :

+ Composantes principales

| Composant | Photo descriptive |
|-------------------------|---|
| Corps de la machine |  |
| Ensemble d'alimentation |  |
| Cage protectrice |  |
| Enceinte de graphite |  |
| Toupie tournante |  |



| | |
|---|---|
| Support de fixation |  |
| Jet de graphite |  |
| Ventilateur d'évacuation |  |
| Cheminé d'évacuation |  |
| Résistances de séchage avec ventilateur |  |
| Corps sécheur |  |

Tableau 6: Les composantes de la machine

d- La problématique du poste de graphitage :

Un suivi quotidien de ce poste nous a mené à déterminer plusieurs facteurs affectant la qualité du produit qui passent par le processus de graphitage.

- Un taux élevé des arrêts pour les interventions de maintenance ;
- Mauvaise organisation et performance du contrôle qualité ;
- Absence des documents de suivi de la production ;
- Retard de livraison des produits aux clients ;
- Sur charge pour l'opérateur (manipulation totalement manuelle) ;
- Gaspillage d'énergie ;

Les précédentes anomalies influençant la qualité, les délais et la productivité des faisceaux vont nous permettre de :

- Bien comprendre le processus de graphitage ;
- Donner une idée sur les types de problèmes persistants ;
- Prévoir les défauts potentiels affectant notre produit.

Qui seront comme lignes directrices sur lesquelles se basera notre intervention :

En commençant par une recherche des causes et en procédant à leurs analyse on propose des actions correctives par la suite, ce qui réduira immédiatement le nombre de Rebut et la quantité



à la sortie du processus. Les précédentes interventions auront comme conséquence la réduction du délai global de la production agissant automatiquement la productivité des pistons.

III- Présentation des solutions techniques :

1. Analyse fonctionnelle technique :

On vise par l'Analyse Fonctionnelle Technique (A.F.T.) à faire la transition entre l'Analyse Fonctionnelle du Besoin (qui reste étrangère aux préoccupations d'ordre technologiques) et la conception détaillée, qui entre de plain-pied dans les considérations technologiques. Pour atteindre cet objectif, nous menons une analyse intérieure du produit qui conduira à la définition des fonctions techniques dont la conjugaison permet la réalisation de certaines fonctions de service identifiées lors de l'analyse fonctionnelle du besoin.

Nous proposons d'utiliser l'outil FAST « Functional Analysis & System Technique » qui présente une traduction rigoureuse des fonctions de service en fonction(s) technique(s), puis matériellement en solution(s) constructive(s).

La figure suivante présente le diagramme FAST de la fonction principale FP1 avec :

- ✓ 1 : Fonction contrainte ;
- ✓ 2 : Fonctions techniques ;
- ✓ 3 : Solutions technologiques.

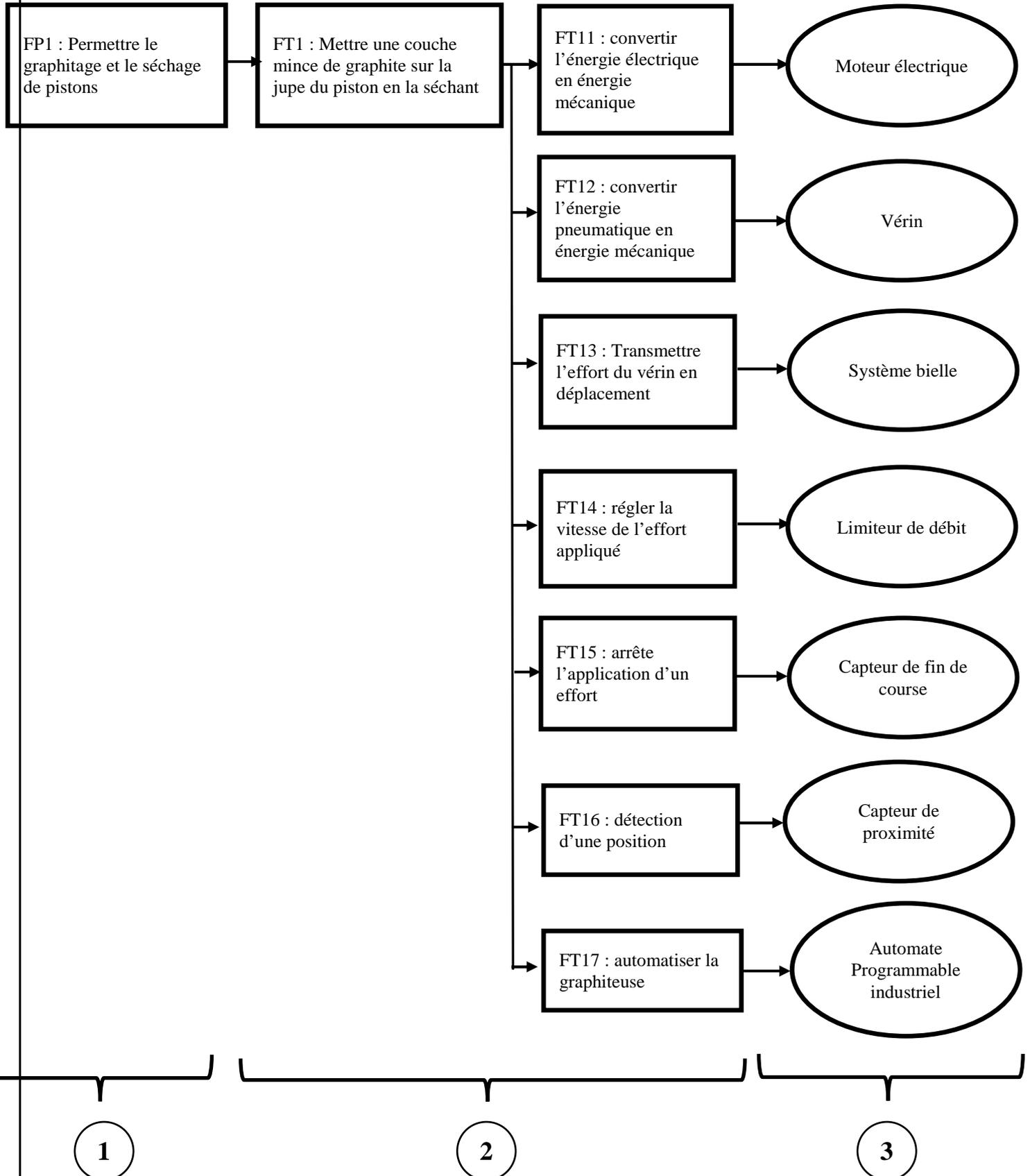


Figure 26: Diagramme FAST



2. Solutions adoptées:

i. L'actionneur :

Quand on veut réaliser un mouvement linéaire avec un actionneur électrique cela engendre généralement des coûts élevés et beaucoup d'entretiens.

Les vérins pneumatiques ou vérins à air comprimé sont les actionneurs linéaires les moins chères et utilisables garantissant sa fonction technique.

Les vérins sont classés par type et par fonction. La figure ci-dessous, nous donne un aperçu de la classification d'actionneurs pneumatiques.

⇒ Construction du vérin pneumatique

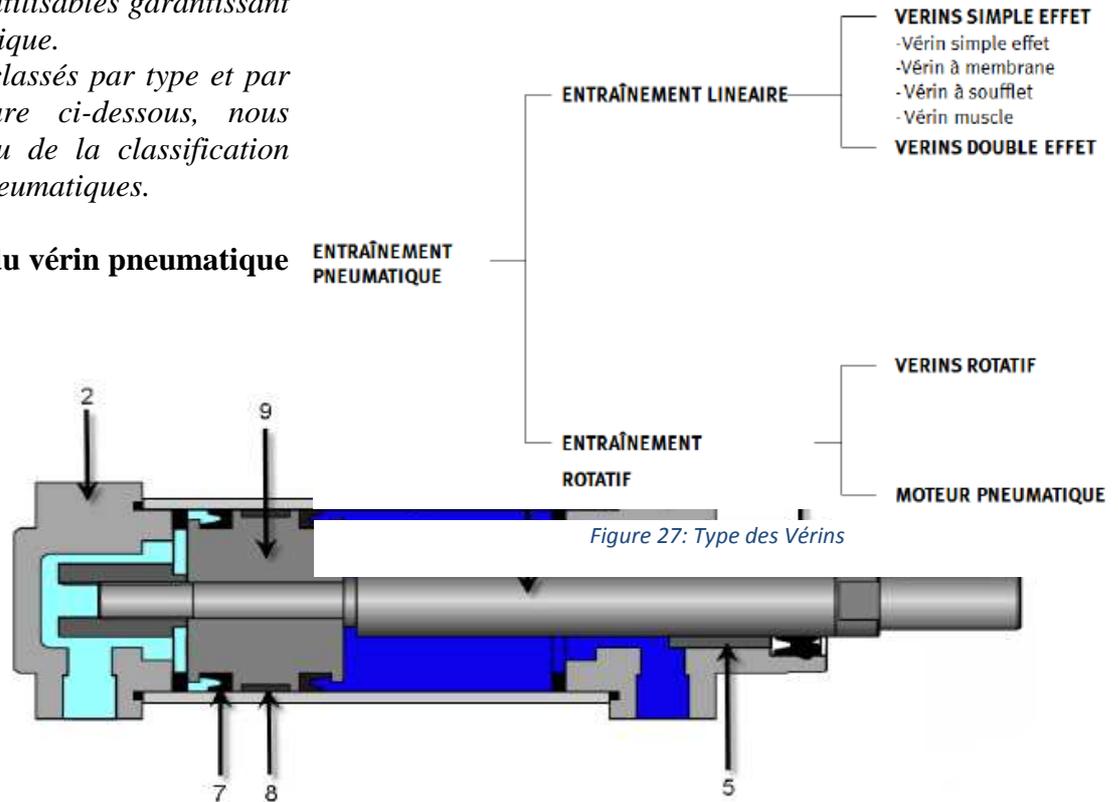


Figure 27: Type des Vérins

- 1- corps du vérin
- 2- culasse arrière
- 3- culasse avant
- 4- tige de vérin
- 5- coussinet
- 6- joint racleur avec joint à lèvres intégré
- 7- joint à lèvres
- 8- bague de guidage
- 9- piston

Figure 28: Composantes du Vérin

ii. L'engrenage :

Un engrenage est un système mécanique composé de deux roues dentées engrenées servant :

- ✓ soit à la transmission du mouvement de rotation entre-elle.
- ✓ soit à la propulsion d'un fluide (on parle alors de pompe à engrenages).



Dans le cas de la transmission du mouvement, les deux roues dentées sont en contact l'une avec l'autre et se transmettent de la puissance par obstacle. Un engrenage est composé d'un pignon, c'est ainsi que l'on nomme la seule roue ou la roue la plus petite, et d'une roue, d'une crémaillère, d'une couronne ou d'un vis. Si plus de deux roues dentées sont présentes, il est appelé train d'engrenages.

Les engrenages peuvent avoir diverses utilités :

- ✓ Réduction et/ou variation de la fréquence de rotation entre 2 arbres.
- ✓ Réduction/augmentation du couple moteur.
- ✓ Transmission d'un mouvement de rotation.
- ✓ Transmission des caractéristiques d'un mouvement.

iii. Moteur électrique asynchrone :

C'est le type des moteurs le plus utilisé pour les applications où il est nécessaire de contrôler la vitesse et le déplacement d'une charge. Sa popularité résulte du peu d'entretien, de sa simplicité de construction, de sa standardisation et de sa robustesse.

Le moteur est généralement choisi en fonction de l'utilisation mécanique et de l'alimentation électrique dont on dispose et d'un cahier de charge bien défini.

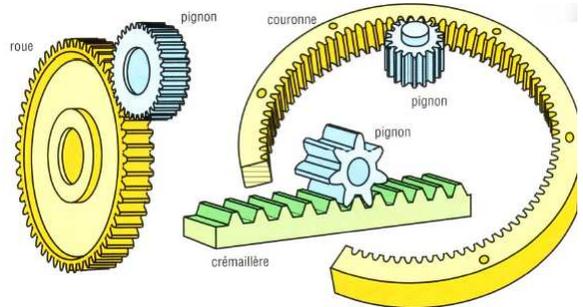


Figure 29: Engrenages



Figure 30: Moteur Electrique

iv. Capteur :

Capteur de fin de course :

Les capteurs de fin de course mécaniques peuvent aussi être appelés "Détecteur de position" et "Interrupteur de fin de course". Ils coupent ou établissent un circuit lorsqu'ils sont actionnés par un mobile.

La détection s'effectue par contact d'un objet extérieur sur le levier ou un galet. Ce capteur peut prendre alors deux états :

- ✓ Enfoncé (en logique positive l'interrupteur est fermé).
- ✓ Relâché (en logique négative l'interrupteur est ouvert).



Capteur de fin de course à galet Festo type ER-318

Figure 31 : capteur de fin de course

Capteur de proximité :

Les capteurs de proximité ou « détecteurs de présence » sont des dispositifs autrefois mécaniques, mais aujourd'hui de plus en plus caractérisés par l'absence de liaison mécanique entre le dispositif de mesure et l'objet cible. L'interaction entre le capteur et sa « cible » est alors réalisée par l'intermédiaire d'une caméra associée à un système d'analyse de l'image, ou plus souvent d'un champ (magnétique, électrique, électromagnétique) ou d'un capteur infrarouge.



Figure 32: Capteur de proximité



Selon les capteurs, objets et situation, l'objet détecté doit être plus ou moins proche du capteur ou illuminé par une source rayonnante (éventuellement non-visible, par exemple dans l'infrarouge).

v. **Automate programmable industriel (API):**

C'est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs (partie opérative ou PO côté actionneur) à partir de données d'entrées (capteurs) (partie commande ou PC côté capteur), de consignes et d'un programme informatique.



Figure 33: API

IV- Mise en place des solutions obtenues, Calcul et dimensionnement :

Après avoir déterminé le cahier de charge et en suivant l'analyse fonctionnelle, aussi comprendre le système de Graphitage, on a pu savoir sur quoi travailler dans le développement de notre solution et viser les parties essentielles dans la problématique afin de rendre la machine plus performante et plus adéquate avec les attentes désirées par l'entreprise.

1. Conception Assisté par Ordinateur :

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, de tester virtuellement - à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique- et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer.

La conception assistée par ordinateur est suffisamment puissante pour assurer des fonctions très lourdes en calcul numérique :

- Modélisation numérique.
- Simulation mécanique et calcul des matériaux.
- Représentation graphique.
- Dessin de plan.
- Manipulation d'objets 3D.
- Gestion de grands assemblages.

Pour la conception dans notre projet, nous avons utilisé le logiciel CATIA P3 V5R21 de la société française Dassault Systèmes.

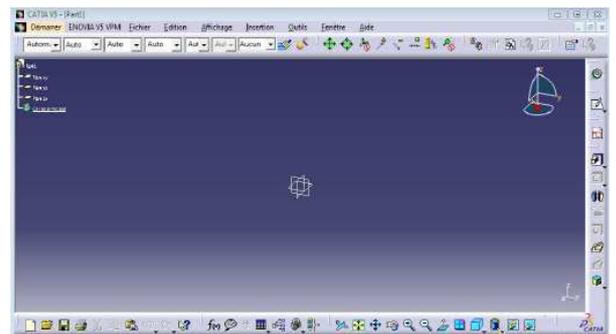


Figure 34: CATIA V5 R21

2. Calcul et dimensionnement :

a- Toupie de la Graphiteuse de pistons

(fonctionnement) :

La toupie de la graphiteuse de piston est une partie tournante de la machine sur laquelle est situé trois dispositifs de serrage de piston, notre amélioration en premier temps se base sur la multiplication du nombre de supports, pour améliorer la productivité et la réduction du temps d'opération. L'ensemble de la toupie et ces derniers tournent d'une façon synchronisée tel qu'à



l'arrivée d'un dispositif de serrage en face du jet, il commence à tourner autour de son propre axe à l'aide d'un système poulie courroie ensuite la toupie s'arrête. Après l'opération du graphitage l'opérateur tourne l'ensemble manuellement et les supports de fixations tournent autour de l'axe de la toupie pour continuer le cycle et ainsi de suite.



i. Enoncé du problème :

Comme cité précédemment la toupie est toujours manipulée par l'opérateur. Cette opération peut engendrer un travail pénible et même un gaspillage du temps, de production et d'énergie.

Vu les contraintes imposées par la société on s'est basé sur le concept de travailler avec les moyens disponibles dans la société et porter des modifications simples et efficaces. L'idée qui se pose est de faire actionner la toupie à l'aide d'un dispositif qui joue le rôle de l'opérateur. Cette idée doit être accompagnée d'un système de transmission robuste, usuel et facile à être réalisé (économiquement et industriellement).

ii. Implantation de la solution technique :

On veut réaliser un engrenage à denture droite capable d'être monté sur les bordures de la toupie (voir la figure partie jaune) pour faciliter la maintenance en cas d'usure et avec un montage facile. Cet engrenage est actionné par un moteur électrique à déterminer.

⇒ **D**

Théorème :

Le travail produit par une force déplaçant son point d'application sur une trajectoire quelconque ne dépend pas du chemin suivi. Il est égal au produit de la trajectoire sur u_r .

Figure 36: tête de la toupie

détermination des caractéristiques des engrenages et du moteur électrique :

iii. Le travail et la puissance du moteur électrique:

Le travail de la force pour un déplacement fini est donc égal à la circulation de cette force le long du trajet du point d'application de la force. Une force constante \vec{F} qui s'applique sur un objet parcourant un trajet \vec{U} fournit un travail W :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{U} = F \cdot U \cdot \cos(\widehat{F, U})$$

En décomposant \vec{F} : une parallèle à \vec{U} et l'autre perpendiculaire, on remarque que la composante perpendiculaire ne travaille pas et que seule la composante parallèle qui travaille en application d'une propriété du produit scalaire.

Application numérique :

L'opération de rotation de la toupie dure pour une demi-rotation 12s et pour une rotation complète $12s * 2 = 24s$.

- A la lumière du chronométrage effectué, on considère que le point situé sur la bordure de la toupie traverse la distance de : $d = r \cdot \theta = r \cdot 2\pi = 4.55 \text{ m}$ avec le diamètre de la toupie de la Graphiteuse est : $d_t = 1449 \text{ mm}$.

Donc la vitesse de ce point est de $V = \frac{d}{t} = 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



Le couple nécessaire pour faire tourner la toupie est de $C = 21 \text{ KN.m}$

Donc : $F_t = \frac{C}{r} = 29 \text{ KN}$

D'où $W = 132 \text{ KJ}$ et $P = F_t \cdot V = 5.8 \text{ KW}$

iv. Choix du moteur :

D'après le catalogue des moteurs asynchrones pour sinamics S120 du Siemens on détermine ce qui suit :

La tension usuel de l'installation de l'usine est de $U=400\text{V}$ triphasé, alors que la fréquence de rotation du moteur doit être dans les bas fréquences et ne dépasse pas $N_n = 500\text{tr/min}$.

Le moteur asynchrone 1PH8163-1-B avec ventilation forcée du siemens avec une puissance de $P = 9.5 \text{ KW}$ et un rendement de $\eta = 0.823$ et une fréquence de rotation $N_n = 400 \text{ tr/min}$ est choisi pour répondre aux calculs précédemment effectués.

Sélection et références de commande

| Vitesse assignée | Haut. d'axe | Puissance assignée | Couple assigné | Courant assigné | Tension assignée | Fréquence assignée | Vitesse de fonctionnement max. en défluxage ¹⁾ | Vitesse max. ²⁾ | Moteur asynchrone 1PH8 Ventilation forcée |
|---|-------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|--------------------|---|----------------------------|---|
| n_N tr/min | HA | P_N kW | M_N kN.m | I_N A | U_N V | f_N Hz | n_2 tr/min | n_{max} tr/min | N° de référence |
| Tension réseau 3ph. 400 V. Smart/Basic Line Module | | | | | | | | | |
| 400 | 160 | 9.5 | 227 | 30 | 260 | 14,3 | 2150 | 6500 | 1PH8163-1-B-...1 |

| Type de moteur (répétitif) | Facteur de puissance | Courant de sortie assigné ³⁾ | Rendement | Moment d'inertie | Poids, kg | Boîte Type | Motor Module SINAMICS S120 |
|----------------------------|----------------------|---|-----------|-------------------------|-----------|------------|---------------------------------|
| | $\cos \varphi$ | I_{μ} A | η | J kgm ² | | Type | de sortie assigné ³⁾ |
| 1PH8163-1.B... | 0,90 | 8,9 | 0,819 | 0,2160 | 196 | gk863 | 30 |
| | | | | | | | 6SL312-1TE23-0AA3 |

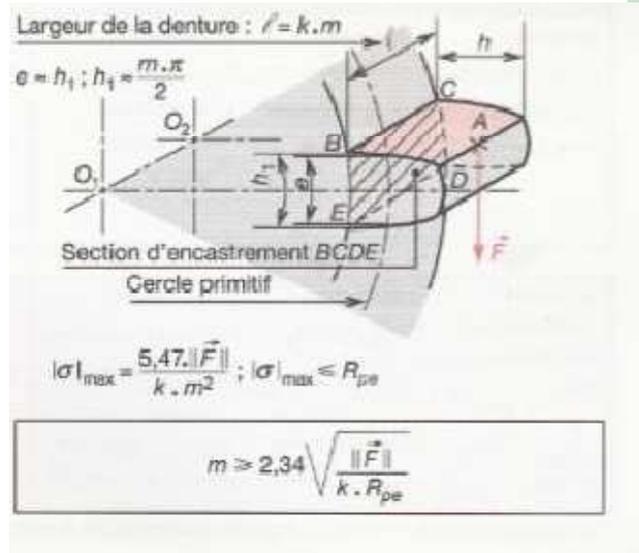


Figure 38: Module de la denture droite

Comme cité précédemment la force tangentielle appliquée sur la dent est égal à :

$$F_t = \frac{P}{V} = \frac{9.5}{0.2} = 47.5 \text{ KN}$$



R_{pe} : résistance pratique d'extension tel que :

$$R_{pe} = \frac{R_e}{s} D \text{ où : -} R_e \text{ : résistance élastique du matériau.}$$

- S : coefficient de sécurité.

D'après Guide de calcul en mécanique, hachette, 2003 page. 157 du D. Spenlé et R. Gourhant on a :

Tableau de limite d'élasticité en traction de matériaux usuels

| Matière | Nuance | R_e (MPa) |
|--|----------------------------|------------------|
| Résineux courants | C18 à C30 | 18 à 30 |
| Bois lamellé-collé | GL24 à GL32 | 24 à 32 |
| Alliage d'aluminium | Série 1000 à Série 7000 | 90 à 440 |
| Acier de construction usuel non allié | S235 à S355 | 235 à 355 |
| Acier au carbone trempé | XC 30 (C30) | 350 à 400 |
| Acier faiblement allié trempé | 30 Cr Ni Mo 16 (30 CND 8) | 700 à 1 450 |
| Alliage de Titane | TA 6V | 1 200 |
| Fibre de verre | "E", Courant | 2 500 |
| Fibre de verre | "R", haute performance | 3 200 |
| Fibre de carbone | "HM", haut module de Young | 2 500 |
| Fibre de carbone | "HR", haute résistance | 3 200 |
| Composites Fibre/matrice | Verre ou Carbone | 1 000 à 1 800 |

Tableau 7: limite d'élasticité en traction de matériaux usuels

Pour notre cas on prend $R_e = 300 \text{ Mpa}$

vi. Choix du coefficient de sécurité :

D'après Guide de mécanique Sciences et techniques industrielles, Nathan, 2001 page. 274 du J.-L. Fanchon on a :

Coefficients de sécurité typiques

| Coefficient de sécurité s | Charges exercées sur la structure | Contraintes dans la structure | Comportement du matériau | Observations |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|
| $1 \leq s \leq 2$ | régulières et connues | connues | testé et connu | fonctionnement constant sans à-coups |
| $2 \leq s \leq 3$ | régulières et assez bien connues | assez bien connues | testé et connu moyennement | fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées |
| $3 \leq s \leq 4$ | moyennement connues | moyennement connues | non testé | |
| | mal connues ou incertaines | mal connues ou incertaines | connu | |

Tableau 8: coefficient de sécurité



Donc on constate que notre cas se base sur un fonctionnement usuel avec de légers chocs, des charges régulières et des contraintes assez bien connues, alors comme coefficient de sécurité on prend $S = 2$.

K : coefficient de largeur de denture $7 \leq K \leq 12$, pour notre cas on prend $K=8$.

Application numérique :

$$m \geq 2.34 \sqrt{\frac{2 * 47500}{8 * 300}}$$

$$m \geq 14.72$$

Les modules sont normalisés. Il y a les valeurs principales, les valeurs secondaires (entre parenthèses) et les valeurs admises à titre exceptionnel (entre parenthèses et en italique) :
D'après le tableau des modules normalisés on a :

Modules normalisés

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|-------|--------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
| 0,06 | (0,07) | 0,08 | (0,09) | 0,1 | (0,11) | 0,12 | (0,14) | 0,15 | (0,18) | 0,2 | (0,22) | 0,25 | (0,28) | 0,3 | (0,35) | 0,4 | (0,45) | 0,5 | (0,55) | 0,6 | (0,7) |
| (0,75) | 0,8 | (0,9) | 1 | (1,125) | 1,25 | (1,375) | 1,5 | (1,75) | 2 | (2,25) | 2,5 | (2,75) | 3 | (3,25) | (3,5) | (3,75) | 4 | (4,5) | 5 | (5,5) | 6 |
| (6,5) | (7) | 8 | (9) | 10 | (11) | 12 | (14) | 16 | (18) | 20 | (22) | 25 | (28) | 32 | (36) | 40 | (45) | 50 | (55) | 60 | (70) |

Tableau 9:modules normalisés

Donc le module dans notre cas est de : $m = 16$.

vii. Caractéristiques d'engrenage :

On a comme données :

- Le diamètre de la toupie de la Graphiteuse est : $d_t = 1449 \text{ mm}$.
- Épaisseur de fixation de l'engrenage sur la toupie est : $e = 10 \text{ mm}$.



| Caractéristique | formule | Valeur(en mm) |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------|
| Le module d'engrènement | m | 16 |
| Le pas | $p = \pi \cdot m$ | 50 |
| Hauteur de la dent | $h_f = 1.25 \cdot m$ | 36 |
| Largeur de la dent | $B = K \cdot m$ | 128 |
| Le diamètre primitif de la toupie | $d_1 = d_{f1} + h_f$ | 1505 |
| Le diamètre du fond de la toupie | $d_{f1} = d_t + 2e$ | 1469 |
| Nombres des dents de la toupie | $z_1 = \frac{d_1}{m}$ | 94 |
| Diamètre de tête de la toupie | $d_{1a} = d_1 + 2m$ | 1537 |
| Vitesse angulaire de la toupie | ω_t | 0.26 tr/s |
| Vitesse angulaire du moteur | ω_m | 6.66 tr/s |
| Le rapport de réduction | $r = \frac{\omega_t}{\omega_m}$ | 0.4 |
| Nombres des dents du pignon moteur | $z_2 = r \cdot z_1$ | 38 |
| Diamètre primitif du pignon moteur | $d_2 = z_2 \cdot m$ | 608 |
| Diamètre du fond du pignon moteur | $d_{f2} = d_2 - h_f$ | 572 |
| Diamètre de tête du pignon moteur | $d_{2a} = d_2 + 2m$ | 640 |
| L'entraxe | $a = \frac{d_1 + d_2}{2}$ | 1056.5 |

Tableau 10: caractéristiques d'engrenage

Donc d'après le calcul, il est nécessaire de tailler l'engrenage de la toupie sous forme d'arc d'angle $\pi/4$ avec des parties de fixation avec des vis. Ladite idée a pour avantage de faciliter le montage est le démontage en cas d'intervention de maintenance et on remarque que le module de l'engrenage égal à 19mm et ne demande pas beaucoup de précisions au cours de l'usinage.

Pour vérifier les calculs, on s'est basé sur le résultat du logiciel MITCalc. Ce dernier est un outil multi-langue rassemble les calculs mécaniques, industriels et techniques pour les calculs répétitifs. Il est fiable, précis et guide rapidement la clientèle grâce à la conception des composants, la solution des problèmes techniques, ou un calcul d'un point d'ingénierie sans besoin important de connaissances d'experts.

MITCalc contient à la fois la conception et vérifier les calculs de nombreuses tâches courantes, telles que: éperon et engrenage conique, engrenage à vis sans fin, engrenage planétaire, courroie et engrenages à chaîne, roulements...



Il est un système ouvert conçu dans Microsoft Excel qui permet non seulement des modifications définies par l'utilisateur facile et extensions utilisateur sans aucune connaissance en

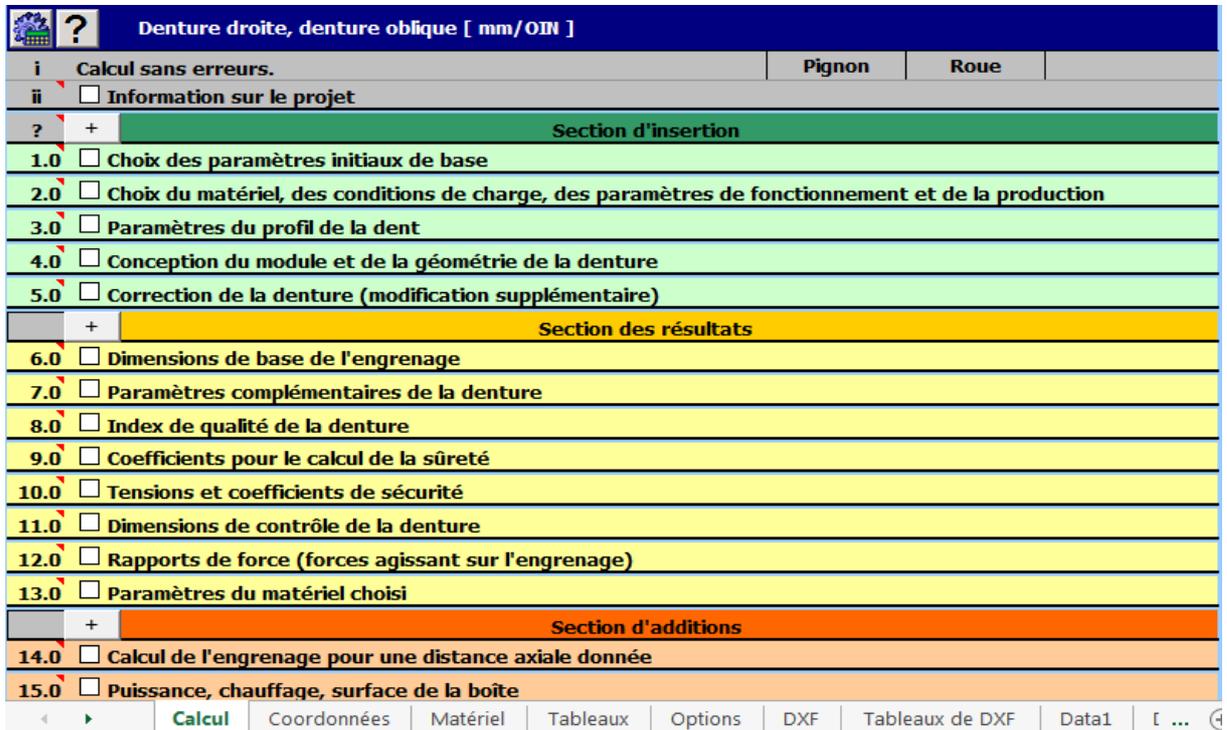


Figure 39: MITCalc

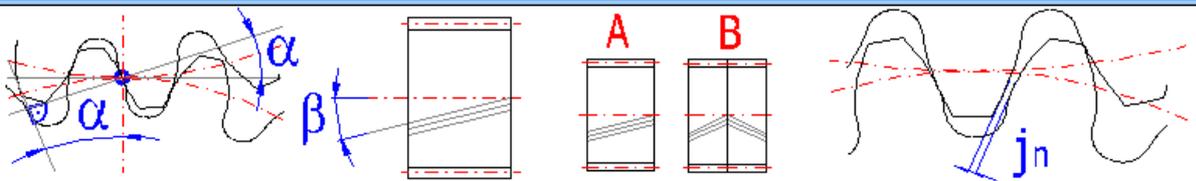
programmation, mais aussi l'interconnexion mutuelle des calculs, ce qui est unique dans le développement de calculs complexes sur mesure. L'interaction sophistiquée avec de nombreux systèmes de CAO 2D (AutoCAD, AutoCAD LT, Autodesk Inventor, SolidWorks...) permet le dessin correspondant à développer en quelques secondes. Il est pris en charge également le format DXF pour la sortie.

Choix des paramètres initiaux de base :

| 1.0 <input checked="" type="checkbox"/> Choix des paramètres initiaux de base | | | | | |
|---|----------------------|----------|--------|--------|------------|
| 1,1 | Puissance transférée | Pw [kW] | 9,500 | 9,471 | <= Max. Pw |
| 1,2 | Vitesse | n [/min] | 400,00 | 400,0 | i <= n1,n2 |
| 1,3 | Moment de torsion | Mk [Nm] | 226,81 | 226,11 | Pw <= Mk,n |

Conception du module et de la géométrie de la denture :

| 4.0 <input checked="" type="checkbox"/> Conception du module et de la géométrie de la denture | | | | |
|---|--|--|--|--|
|---|--|--|--|--|

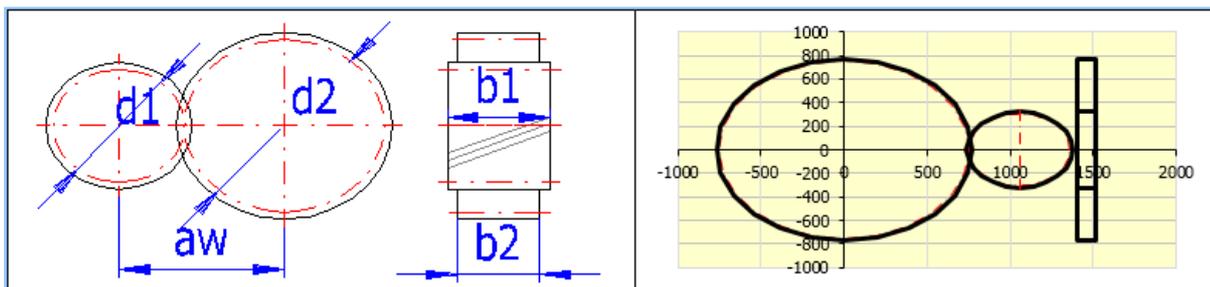


| | | | | | |
|-----|---|-----------------|------|-------|--------------------------|
| 4.1 | Nombre de dents | z | 94 | 38 | i <= z1,z2 |
| 4.2 | Angle normal d'engrenage | α | 20 | | [°] |
| 4.3 | Angle d'inclinaison de la dent | β | 0 | | [°] |
| 4.4 | Détermination du rapport de la largeur du pignon à son diamètre | | | | |
| 4.5 | Rapport de la largeur du pignon à son diamètre | Ψ_d / \max | 0,96 | < 1,1 | Conception de la denture |
| 4.6 | Module de la denture/Valeur normalisée | mn [mm] | 16 | 16 | Exact mn |

| | | | | |
|-----|--|-------|---------|--------|
| 4.7 | Diamètre de référence du pignon/de la roue | d1/d2 | 1504,00 | 608,00 |
|-----|--|-------|---------|--------|



| | | | | |
|------|--|-----------------|------|-----------|
| 4.8 | Largeur recommandée de l'engrenage | | | 120 - 300 |
| 4.9 | Largeur du pignon/de la roue | b_1/b_2 | 128 | 128,00 |
| 4.10 | Largeur fonctionnelle de la denture | b_w | | 112 |
| 4.11 | Rapport de la largeur du pignon à son diamètre | Ψ_d / \max | 0,08 | < 1,1 |
| 4.12 | Distance du centre de fonctionnement | a_w | | 1056,000 |
| 4.13 | Poids approximatif de l'engrenage | m | | 1824,096 |
| 4.14 | Coefficient de sûreté minimum | SH / SF | 7,36 | 53,21 |



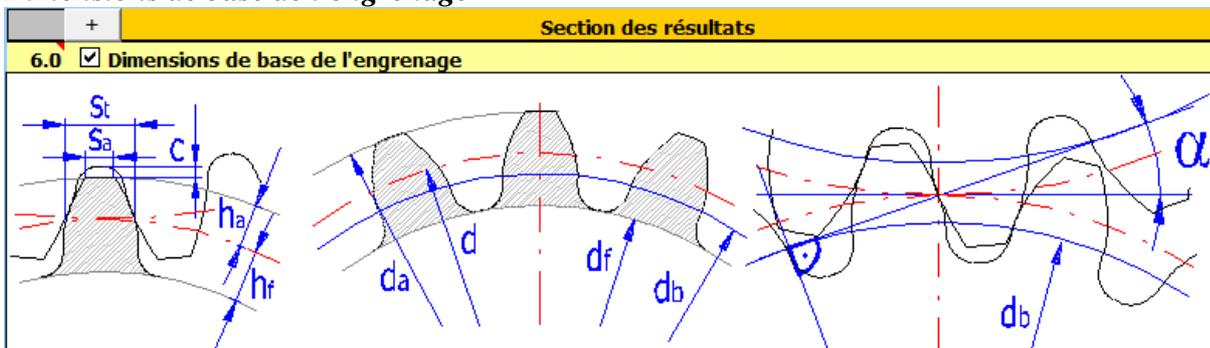
4.15 Jeu latéral dans la denture

4.16 Valeurs min./max. Recommandées

4.17 Jeu latéral choisi

| | | | |
|-------|--------|-------|------|
| j_n | 0,195 | 0,780 | [mm] |
| | 0,0000 | | [mm] |

Dimensions de base de l'engrenage



| | | | | |
|------|--|---------------|-----|-----------|
| 6.1 | Nombre de dents | z | 94 | 38 |
| 6.2 | Largeur du pignon/de la roue | b | 128 | 128 |
| 6.3 | Module normal | m_n | | 16 |
| 6.4 | Module transversal | m_t | | 16,0000 |
| 6.5 | Pas circulaire | p | | 50,265 |
| 6.6 | Pas circulaire transversal | p_t | | 50,265 |
| 6.7 | Pas circulaire de la base | p_{tb} | | 47,234 |
| 6.8 | Distance du centre (Pas) | a | | 1056,0000 |
| 6.9 | Distance du centre (production) | a_v | | 1056,0000 |
| 6.10 | Distance du centre (fonctionnelle) | a_w | | 1056,0000 |
| 6.11 | Angle d'engrenage | α | | 20,00 |
| 6.12 | Angle d'engrenage transversal | α_t | | 20,0000 |
| 6.13 | Angle d'engrenage sur le cylindre du pas | α_{wn} | | 20,0000 |



| | | | | |
|------|--|---------------|-----------|----------|
| 6.14 | Angle d'engrenage transversal sur le cylindre du pas | α_{wt} | 20,0000 | |
| 6.15 | Angle d'inclinaison | β | 0,00 | |
| 6.16 | Angle d'inclinaison de la base | βb | 0,0000 | |
| 6.17 | Diamètre de bout | da | 1536,0000 | 640,0000 |
| 6.18 | Diamètre de référence | d | 1504,0000 | 608,0000 |
| 6.19 | Diamètre de la base | db | 1413,2977 | 571,3331 |
| 6.20 | Diamètre de la racine | df | 1464,0000 | 568,0000 |
| 6.21 | Diamètre opérationnel du pas | dw | 1504,0000 | 608,0000 |
| 6.22 | Supplément | ha | 16,0000 | 16,0000 |
| 6.23 | Dedendum | hf | 20,0000 | 20,0000 |
| 6.24 | Épaisseur de la dent sur le diamètre de bout | sna | 12,8811 | 12,1102 |
| 6.25 | Épaisseur de la dent sur le diamètre du bout (transversal) | sta | 12,8811 | 12,1102 |
| 6.26 | Épaisseur de la dent sur le diamètre du pas | sn | 25,1327 | 25,1327 |
| 6.27 | Épaisseur de la dent sur le diamètre du jeu (transversal) | st | 25,1327 | 25,1327 |
| 6.28 | Épaisseur de la dent sur le diamètre de la racine | sb | 46,2843 | 31,9450 |
| 6.29 | Épaisseur unitaire de la dent sur le diamètre de bout | sa* | 0,8051 | 0,7569 |
| 6.30 | Correction unitaire | dY | 0,0000 | |
| 6.31 | Correction unitaire totale | x1+x2 | 0,0000 | |
| 6.32 | Décalage unitaire | x | 0,0000 | 0,0000 |

Ce logiciel nous a permis de vérifier nos valeurs d'une façon exacte et précise, en traçant le profil d'engrènement et avoir une vue belle et bien clair.

A l'aide du logiciel CATIA V5 on a pu concevoir d'une manière ou d'une autre le profil de la denture modélisé en un angle de $\frac{\pi}{4}$ comme cité précédemment.

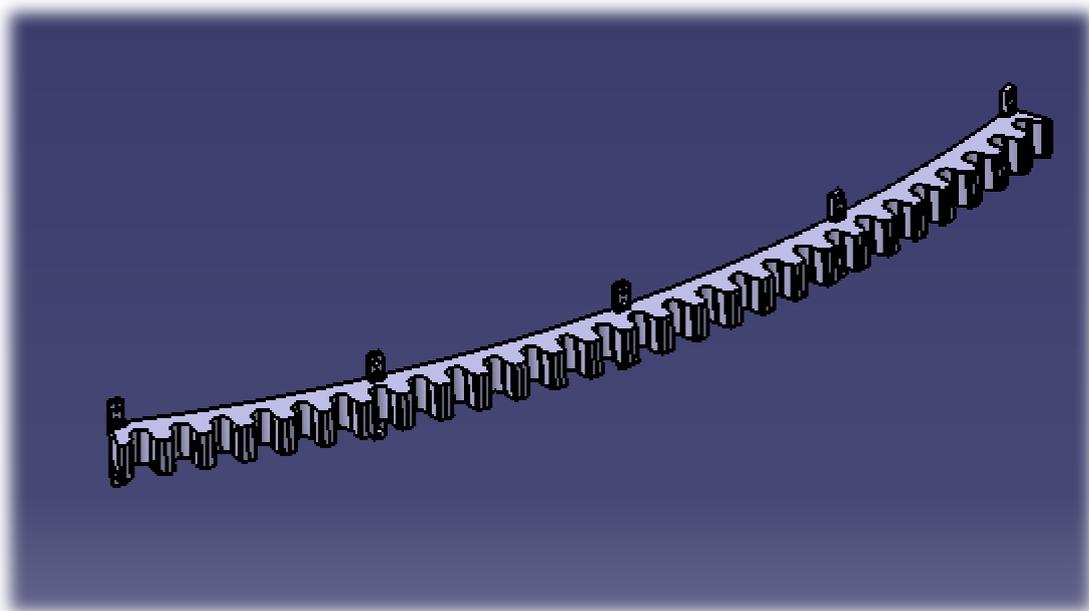
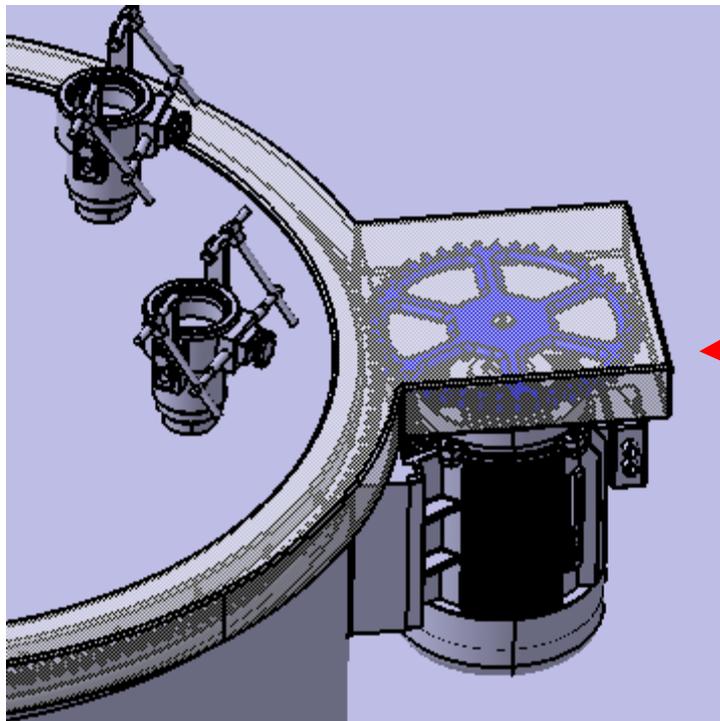
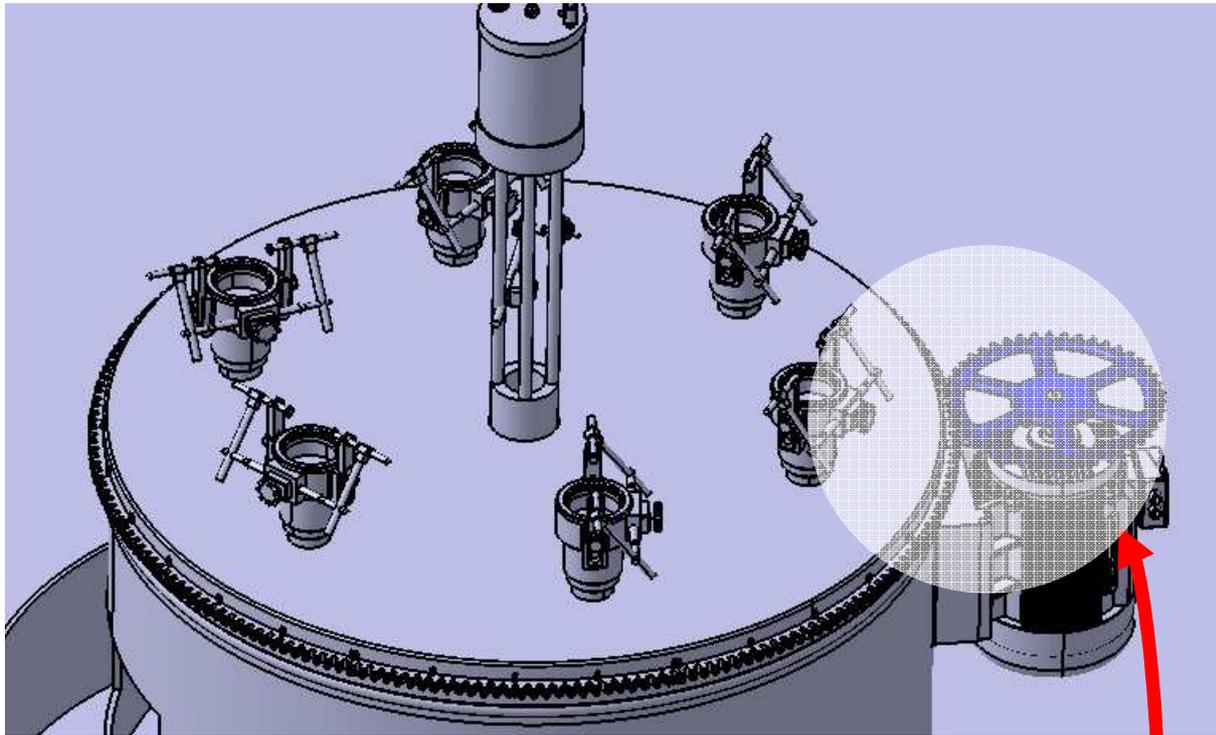


Figure 40: Denture modélisé en un angle de $\pi/4$



La figure ci-après montre ensemble d'engrenages montés sur la toupie et le montage du moteur sur le corps de la graphiteuse avec un couvercle couvrant l'ensemble mécanique pour une protection contre le graphite vaporisé et la poussière.



Couvercle de protection

Figure 41: mécanismes monté avec couvercle



b- Sécheur des paniers de pistons (fonctionnement) :

Le sécheur des paniers de la graphiteuse de piston est un dispositif qui a pour éléments constructifs :

- Deux résistances chauffantes.
- Un ventilateur.
- Des rouleaux tournants.
- Porte manuelle.
- Un disjoncteur électrique.

Le rôle principal du sécheur est de sécher les paniers à l'intérieur d'un boîtier qui peut contenir huit paniers. L'amélioration de ce dernier se base sur l'automatisation du sécheur et l'élaboration d'une solution technique capable d'économiser l'énergie et réduire le temps de cette opération. Après l'opération du séchage l'opérateur prend les paniers et les met dans une palette pour être emballés en étape finale.



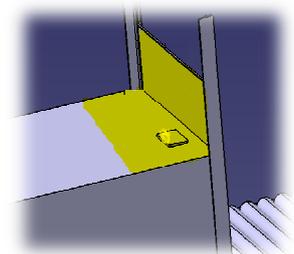
i. Enoncé du Figure 42:

Comme cité précédemment par l'opérateur. Cette opération peut engendrer un travail pénible et même un gaspillage du temps, de production et d'énergie.

Vis les contraintes imposées par la société on s'est basé sur le concept de travailler avec les moyens disponibles dans la société et porter des modifications simples et efficaces, l'idée qui se pose est de faire automatiser la porte d'entrée des paniers à l'aide d'un dispositif qui a pour rôle d'ouvrir la porte à la place de l'opérateur et de faciliter le retrait des paniers du sécheur à l'aide d'un mécanisme à réaliser.

ii. Implantation de la solution technique :

Pour avoir une porte automatisée, on doit réaliser une crémaillère à denture droite capable de la faire monter à l'aide d'un moteur électrique. Ce dernier sera monté sur la partie haute du sécheur (voir la figure partie jaune) pour faciliter la maintenance dans le cas de l'usure et avec un montage facile.



problème :

ventilation et les résistances chauffantes le sécheur est toujours manipulé



PS: Crémaillère : est un dispositif mécanique constitué d'une tige ou d'une barre (le plus souvent métallique) garnie de crans ou de dents.

Figure 43: zone d'implantation de la solution

iii. Le travail, la puissance du moteur électrique et définition de la crémaillère:

Le travail de la force pour un déplacement fini est donc égal à la circulation de cette force le long du trajet du point d'application de la force. Une force constante \vec{F} qui s'applique sur un objet parcourant un trajet \vec{U} fournit un travail W :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{U} = F \cdot U \cdot \cos(\widehat{F, U})$$

Dans ce cas le travail consiste à extraire la force générant de ce dernier, pour l'application et la mise en place d'une crémaillère au sécheur. La force qui travaille est une force purement tangentielle ou d'une autre façon c'est le poids de la porte actuelle puisqu'elle est verticalement montée en prenant en considération un facteur de charge pour un bon choix de moteur électrique.

Application numérique :

D'après la modélisation de la porte sur CATA V5 avec les mêmes dimensions et les caractéristiques du matériau on a pu obtenir :

$$m_{\text{porte}} = 24Kg$$

Donc $p = m_{\text{porte}} \cdot g$

$$p = 24 * 9.81 = 235,44 N$$

Alors le poids de la porte et le même que la force tangentielle du pignon de la crémaillère ci qui fait :

$$p = F_t = 235,44 N$$

Comme cité précédemment on a :

$$m \geq 2,35 \sqrt{\frac{F_t}{K \cdot R_{pe}}}$$

Soit $m \geq 1,1$ après normalisation on prend $m = 1,25$

Alors $p = \pi \cdot m = 3,92 mm$

La porte parcourt une distance de $d = 520 mm$ en une durée de $t = 2 s$ ce qui fait sa vitesse est de $v = \frac{d}{t} = 0.26 m \cdot s^{-1}$

D'après le catalogue Zahnstangen version française de la société SCHNEEBERGER LinearTechnology on a pu déterminer le diamètre du pignon pour notre cas à partir de la distance parcouru et le module qu'on a calculé, on a trouvé qu'on est sensé de prendre le diamètre primitif dans l'intervalle de 180mm à 220 mm soit 200mm pour nous.

Le nombre de dents du pignon est : $d = z \cdot m$ alors $z = \frac{d}{m} = \frac{200}{1,25} = 160$ dents

Le couple nécessaire pour faire monter la porte vaux :

$$C = F_t \cdot r = 235,44 * 100 = 23.55 N \cdot m$$

Et $W = 61,21 j$

iv. Choix du moteur :

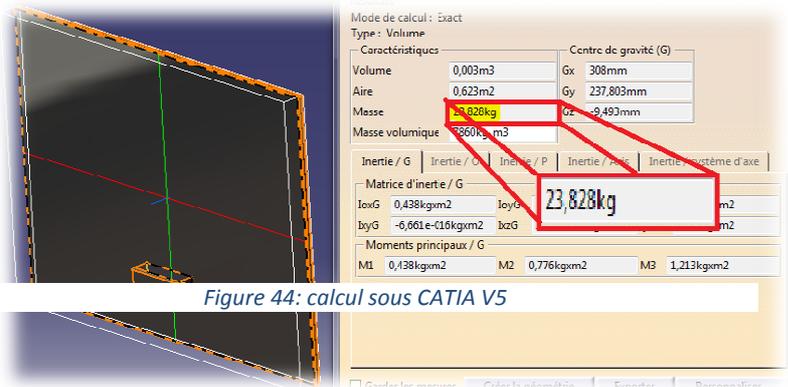


Figure 44: calcul sous CATIA V5



D'après le catalogue des moteurs asynchrones pour sinamics S120 du Siemens on a :
 Pour notre cas on a la tension usuel de l'installation d'usine est de $U=400V$ triphasé, Le choix du moteur a été posé sur le moteur asynchrone 1PH8103-1-D avec ventilation forcée du siemens, une puissance de $P = 3.7 KW$, un rendement de $\eta = 0.814$ et une fréquence de rotation $N_n = 1000 tr/min$.

| Vitesse assignée | Haut. d'axe | Puissance assignée | Couple assigné | Courant assigné | Tension assignée | Fréquence assignée | Vitesse de fonctionnement max. en défluxage ¹⁾ | Vitesse, max. ²⁾ | Moteur asynchrone 1PH8 Ventilation forcée |
|---|----------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------------------|---|---|---|
| n_N tr/min | HA | P_N kW | M_N Nm | I_N A | U_N V | f_N Hz | n_2 tr/min | n_{max} tr/min | N° de référence |
| Tension réseau 3ph. 400 V, Smart/Basic Line Module | | | | | | | | | |
| 1000 | 100 | 3,7 | 35 | 10 | 333 | 35,8 | 2550 | 9000 | 1PH8103-1-D...1 |
| Type de moteur (répété) | Facteur de puissance | Courant de magnétisation | Rendement | Moment d'inertie | Poids, env. | Boîte à bornes | Motor Module SINAMICS S120 | | |
| | $\cos \varphi$ | I_M A | η | J kgm ² | kg | Type | Courant de sortie assigné ³⁾ | Autres versions et composants, voir chapitre Système d'entraînement SINAMICS S120 | |
| | | | | | | | I_N A | N° de référence | |
| 1PH8103-1-D... | 0,82 | 4,6 | 0,814 | 0,0172 | 51 | gk813 | 18 | 6SL312-1TE21-8AA3 | |

Figure 45: 1PH8_PM21_2011_F1 Catalogue

v. Montage en CATIA V5:

On a fait un montage et une modélisation de notre mécanisme sur le logiciel CATIA V5 avec des modifications simples sur le corps du sécheur des paniers.

La figure ci-après montre le travail fait sous CATIA V5 :

Vu la position de la crémaillère, il s'avère nécessaire de mettre en place un couvercle de protection prismatique afin de garder la bonne lubrification.

(Voir la figure ci-contre)

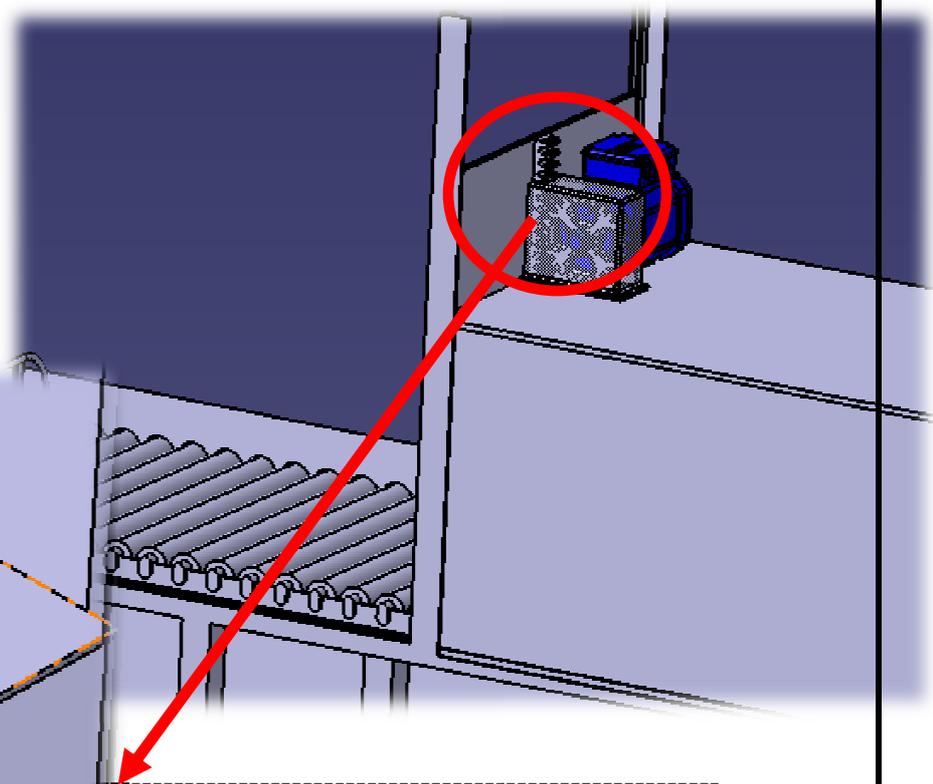




Figure 46: montage crémaillère

vi. Conseils d'utilisation de la lubrification

Afin de garantir le bon fonctionnement de l'entraînement par crémaillère, il convient de procéder à une lubrification suffisante en se servant d'un lubrifiant adapté aux conditions d'utilisation. La lubrification protège contre l'usure et la corrosion et réduit le frottement.

En plus de la première lubrification pendant le montage, les crémaillères (engrenages) doivent être lubrifiées régulièrement par la suite.

On utilise généralement à cet effet des cartouches de lubrification électriques qui, par l'intermédiaire d'un pignon en feutre distribuent des lubrifiants NLGI 00 à NLGI 0 au pignon d'entraînement ou à la crémaillère. Le Klüber Microlube GB 0 est un lubrifiant type.

Il est important de veiller à une lubrification suffisante car toute insuffisance risque de diminuer la durée de vie du système d'entraînement.

c- Mise en place d'un élévateur de pistons:

i. Enoncé du problème :

Après un suivi quotidien du poste du séchage, on a remarqué que le travail effectué par l'opérateur consiste à mettre les paniers en premier temps à l'entrée du sécheur (huit paniers de 10 pistons chacun soit un total de 80 pistons). Après la période du séchage, l'opérateur ouvre une porte pour faire sortir les paniers d'un seul coup cause un travail pénible, un gaspillage du temps, une production lente durant cette opération et peut lui provoquer des brûlures.

ii. Implantation de la solution technique :

L'idée principale pour éviter le problème est d'isoler la partie du séchage et garder l'opérateur loin du système de séchage pour diminuer le risque d'accident ou de brûlure à cause des résistances chauffantes situées à l'intérieur (voir la figure partie jaune).

Le résultat nous conduit à concevoir un élévateur pneumatique automatisé lié à l'ensemble de la machine qui garantit le retrait facile des paniers.

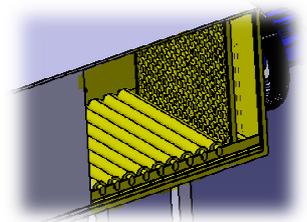
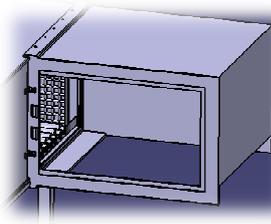
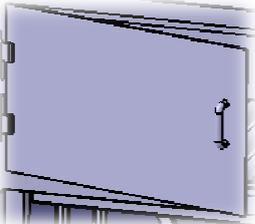
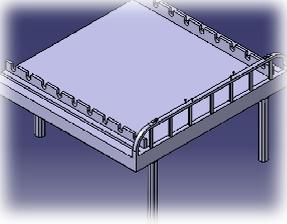
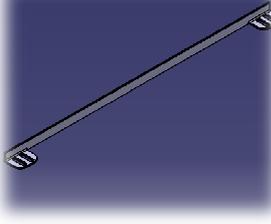


Figure 47: implantation de la solution

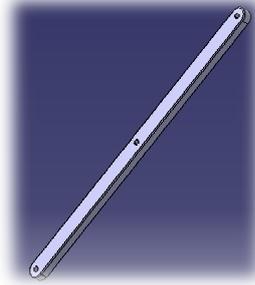
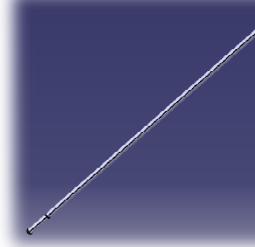
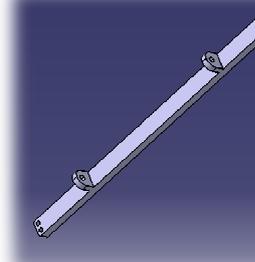
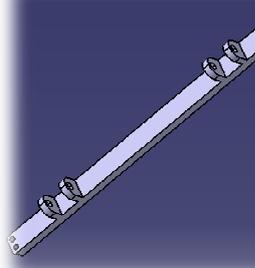
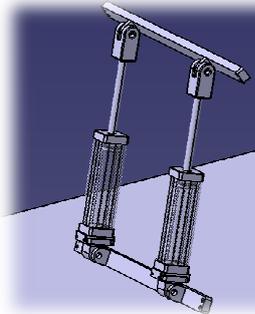


iii. Les différentes parties d'élévateur:

L'élévateur est un mécanisme constitué de différentes parties pour assurer le bon fonctionnement et une manipulation rapide. Le tableau ci-après montre les éléments principaux avec des descriptions convenables :

| <i>Elément</i> | <i>description</i> |
|---|--|
|  | <i>La boîte de protection, de conservation de la chaleur et d'isolement de la partie de séchage avec une conservation de la chaleur dégagée des résistances et une partie en bas dédiée à l'élévateur.</i> |
|  | <i>La porte de la boîte protectrice a pour rôle de faciliter l'intervention en cas de panne, d'une maintenance ou pour un nettoyage...</i> |
|  | <i>Le rouleau cylindrique est utilisé pour transporter les paniers des pistons du sécheur vers la table supérieure de l'élévateur.</i> |
|  | <i>La table supérieure de l'élévateur est conçue pour faire assembler les rouleaux cylindriques et les capteurs et d'avoir une forme adéquate pour l'opération d'élévage.</i> |
|  | <i>La bride d'appuis pour les capteurs de fin de course.</i> |



| | |
|---|---|
|  | <p><i>La barre prismatique avec des arrondies en tête a pour rôle de manipuler l'élevateur.</i></p> |
|  | <p><i>La tige cylindrique garantissant le maintien des bras.</i></p> |
|  | <p><i>Le support de fixation haut des vérins pneumatiques.</i></p> |
|  | <p><i>Le support de fixation bas des vérins pneumatiques.</i></p> |
|  | <p><i>Les vérins pneumatiques.</i></p> |



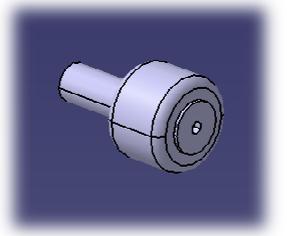
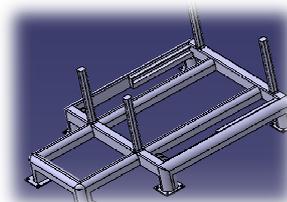
| | |
|---|---|
|  | <p><i>Le galet de guidage.</i></p> |
|  | <p><i>Le support bas de fixation avec le sol.</i></p> |

Tableau 11: Composants d'élévateur

iv. Le vérin double effet de l'élévateur :

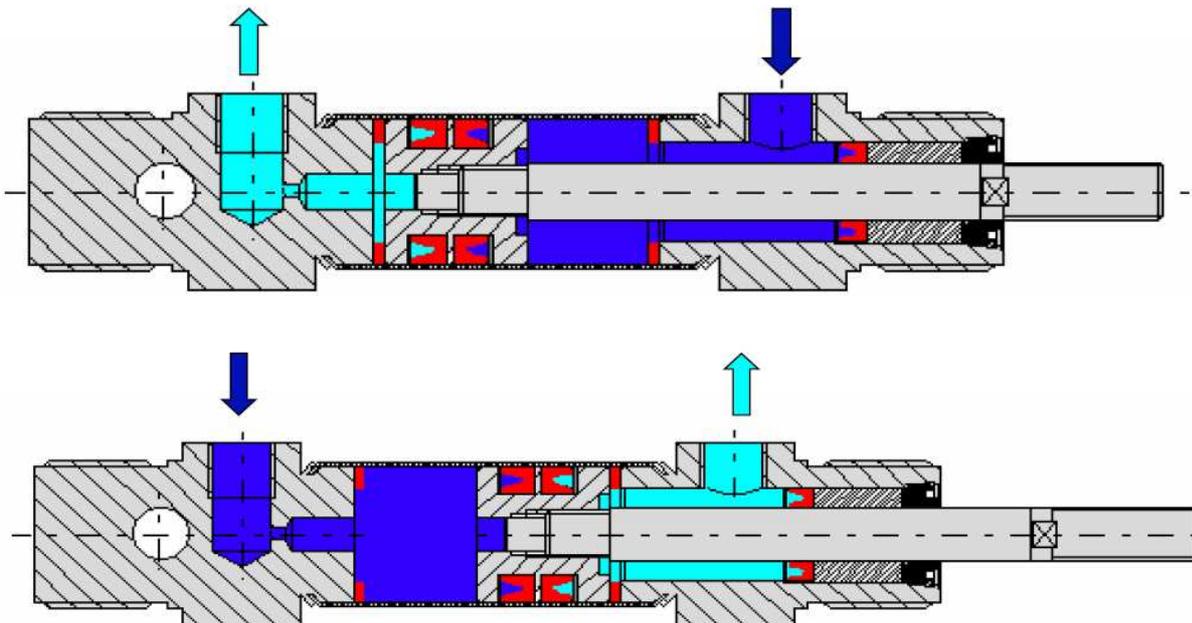
Dans un vérin double effet, le piston se déplace dans les deux sens grâce à la pression de l'air comprimé.

Lors de la course sortante que rentrante, le vérin développe une force proportionnelle à la pression de l'air et à la surface de fonctionnement du piston.

Les vérins à double effet sont utilisés là où une force est exercée dans les deux sens comme la montre la figure ci-après :



Figure 48: Symbole du vérin double effet





En principe, la longueur de course du piston est illimitée. Il faut cependant tenir compte, en cas de longues courses, que la tige de vérin ne fléchisse ou ne se courbe pas. Comme déjà souligné les vérins peuvent suivre la norme ISO-VDMA.

Le vérin double effet avec amortisseurs de fin de course réglable :

Un piston qui bute contre une des culasses avec une vitesse trop élevée peut endommager le vérin. C'est pourquoi il est préférable de freiner la vitesse du piston avant que celui-ci n'atteigne la fin de sa course. Pour cela il est à conseiller d'utiliser des vérins avec amortisseurs de fin de courses réglables.

Ce type est équipé d'un "piston d'amortissement" qui, avant la fin de la course du piston, bloque la sortie normale de l'air comprimé. L'air qui se trouve encore emprisonné dans la chambre du vérin doit s'échapper par un limiteur de débit. Si le limiteur est bien réglé un coussin d'air effectue une force sur le piston qui ralentit sa vitesse.

Lorsque le piston se déplace en sens contraire, l'air peut affluer librement dans l'espace du vérin via un clapet anti-retour, de ce fait l'air peut remplir la chambre du vérin à plein débit sans devoir passer par l'étrangleur et le vérin accéléré normalement.

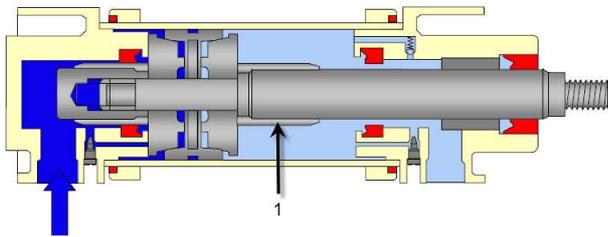


Figure 51: vérins avec amortisseurs de fin de courses réglables

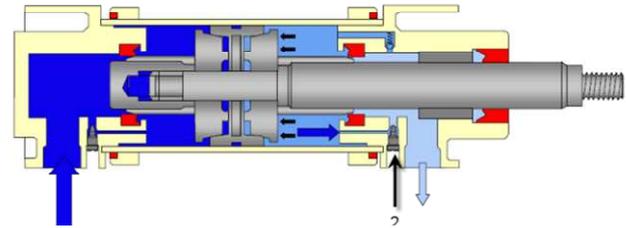


Figure 53: L'air emprisonné dans la chambre du vérin

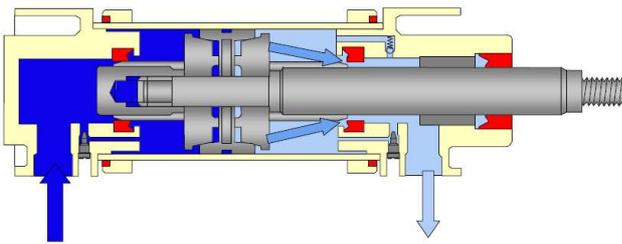


Figure 50: piston d'amortissement

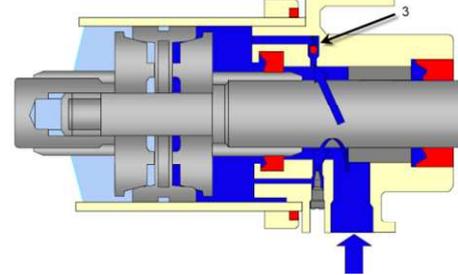


Figure 52: le piston en déplacement dans le sens contraire

Le montage du vérin

La manière dont nous fixons les vérins est déterminée par la machine ou l'installation. A l'aide de plusieurs types d'accessoires de montage standards il est possible de monter un vérin d'une manière simple. Il est important de choisir un vérin qui offre l'accessoire de montage souhaité étant donné que tous les vérins n'offrent pas les mêmes possibilités de montage. La figure ci-après donne un aperçu des types de montages pour un vérin normalisé.

Le guidage des vérins

Les vérins pneumatiques sont conçus pour exercer des forces axiales. Des forces radiales sur les tiges de pistons ont pour conséquence l'usure prématurée sur les joints des pistons et les coussinets ce qui engendre une usure rapide du vérin. Si toutefois des forces transversales sont à prévoir, il est conseillé d'équiper le vérin d'un guidage externe avec des roulements à billes ou patin lisse. Pareils guidages existent en exécution standard pour tous les vérins normalisés.

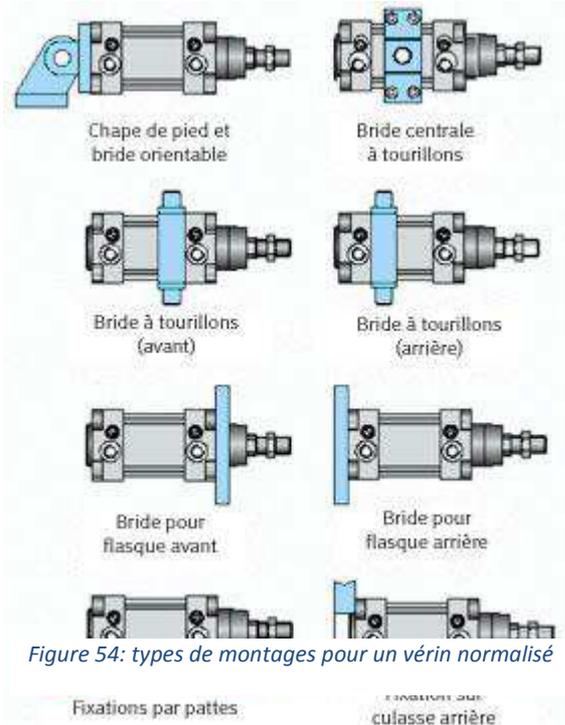


Figure 54: types de montages pour un vérin normalisé

v. Calcul de la force du vérin :

La force qu'exerce le piston d'un vérin dépend de la surface du piston et de la pression du travail. La force théorique du piston peut être calculée de la manière suivante :

$$F_{th} = p \cdot A$$

Le plus important est la force réelle obtenue à la tige du piston. Pour obtenir la force réelle, il faut tenir compte des forces de frottement et déduire ces forces de la force théorique. En temps



normal (pression de travail 0,4 à 0,8 MPa), on peut considérer que la force de frottement équivaut environ 10% de la force théorique.

La force réelle obtenue à la tige du piston d'un vérin double effet peut être calculée de la manière suivante :

$$F = F_{th} - F_w = p * A - F_w$$

La surface effective de travail lors de la sortie du piston $A = \pi \times D^2 / 4$

La surface effective de travail lors de la rentrée du piston est plus petite dû à la surface de la tige du piston $A = \pi \times (D^2 - d^2) / 4$

Description des grandeurs physiques utilisées:

- F = force réelle obtenue à la tige du piston
- F_{th} = la force théorique du piston
- F_w = la force de frottement = 10% de F_{th}
- p = la pression de travail
- A = la surface effective de travail
- D = le diamètre du piston
- d = le diamètre de la tige de vérin

La vitesse du piston :

Pour les vérins standard, la vitesse moyenne du piston se trouve entre 0,1 m/s et 1,5 m/s (6,0 m/min . . . 90 m/min).

Un vérin pneumatique atteint sa vitesse maximale en situation exempte de charges. La vitesse du vérin diminue au fur et à mesure que la charge augmente. A charge maximale le vérin est à l'arrêt et on obtient une force statique.

A titre indicatif, on considère que la charge maximum appliquée sur un vérin ne peut dépasser 70 % de la force que le vérin peut fournir.

$$F_{dyn} = F_{statique} / 0,7$$

En cas d'une charge de 70%, nous atteignons une vitesse d'environ 60% de la vitesse maximale du vérin. La vitesse du vérin peut-être calculée par un outil d'ingénierie conçu par la société FESTO (Festo Design Tool 3D 2015.1).

Cet outil d'ingénierie peut nous donner des calculs et simulation du fonctionnement du vérin et obtenir en fin de compte une fiche technique :

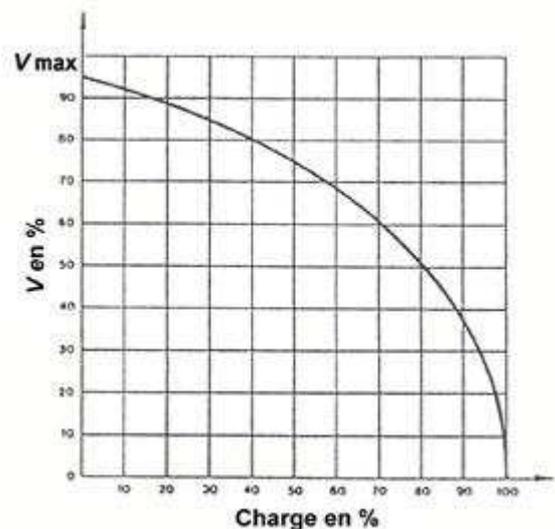


Figure 55: courbe -vitesse piston-



Sélectionner la catégorie d'actionneur

Choisissez la catégorie de vérin à simuler

Suivant >

Vérin simple effet



Vérin double effet



Vérin double effet

Actionneur pour tout type d'application
Festo a de nombreuses idées à offrir
Vérins standards, compacts, à faible course ...
Festo peut toujours donner la bonne solution



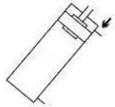
Suivant >

En premier temps sélectionner le type du vérin à simuler

1. Paramètres système 2. Sélection des vérins 3. Système 4. Simulation 5. Nomenclature

Paramètres système - Base de la sélection

Suivant >



temps de positionnement attendu

je voudrais obtenir ce temps de positionnement :

1 s

Paramétrages de base vérin

..avec réducteur de débit unidirectionnel

Course requise

200 mm

Angle de montage

50 deg

Sens de déplacement

sortir
 rentrer

Alimentation pneumatique

Pression de service

6 bar

Paramètres de charge

Longueur de tuyau Unité de conditionnement
> Distributeur
Distributeur > Vérin

1 m

1 m

Masse déplacée

10 kg

Force impulsive supplémentaire

0 N

Force de friction supplémentaire

0 N

Suivant >

Puis les paramètres du système, la base de sélection :



1. Paramètres système 2. Sélection des vérins 3. Système 4. Simulation 5. Nomenclature

Conceptions de vérin Festo - Actionneurs pour toutes les applications

- Uniquement amortisseur de fin de course pneumatique ajustable (PPV)
- Uniquement vérins sans tige
- Uniquement tige de piston traversante (exécution spéciale S2)
- Uniquement anti-rotation
- Seulement en Course requise 200 [mm]
- Seulement en Longueur de course variable

Alésage sélectionné : - tout -

< Précédent Suivant >

Pièces trouvées [257] Afficher 10

| Type | N° de pièce | Raccord | Course [mm] |
|------------------|-------------|---------|-------------|
| DNC-32-200-PPV | 163326 | 1/8 | 200 |
| DNC-32-200-PPV-A | 163312 | 1/8 | 200 |
| DNC-40-200-PPV | 163358 | 1/4 | 200 |
| DNC-40-200-PPV-A | 163344 | 1/4 | 200 |
| DNC-50-200-PPV | 163390 | 1/4 | 200 |
| DNC-50-200-PPV-A | 163376 | 1/4 | 200 |

En suite la conception de vérin FESTO :

1. Paramètres système 2. Sélection des vérins 3. Système 4. Simulation 5. Nomenclature

Simulation du système et optimisation des résultats

Réglage PPV
100 %
Débit
5.7 Tours ouvert

Cliquez sur le code de type ou le symbole du composant que vous voulez sélectionner/modifier

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Actionneur | DNC-32-200-PPV |
| <input type="checkbox"/> Amortisseur | |
| Réducteur de débit unidirectionnel | GRLA-1/8-QS-8-D |
| Tuyau [vérin > distributeur] | PUN-8x1,25-BL (1 m) |
| Distributeur | VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3 |
| Tuyau [source > distributeur] | PUN-8x1,25-BL (1 m) |
| Silencieux | U -1/8 |

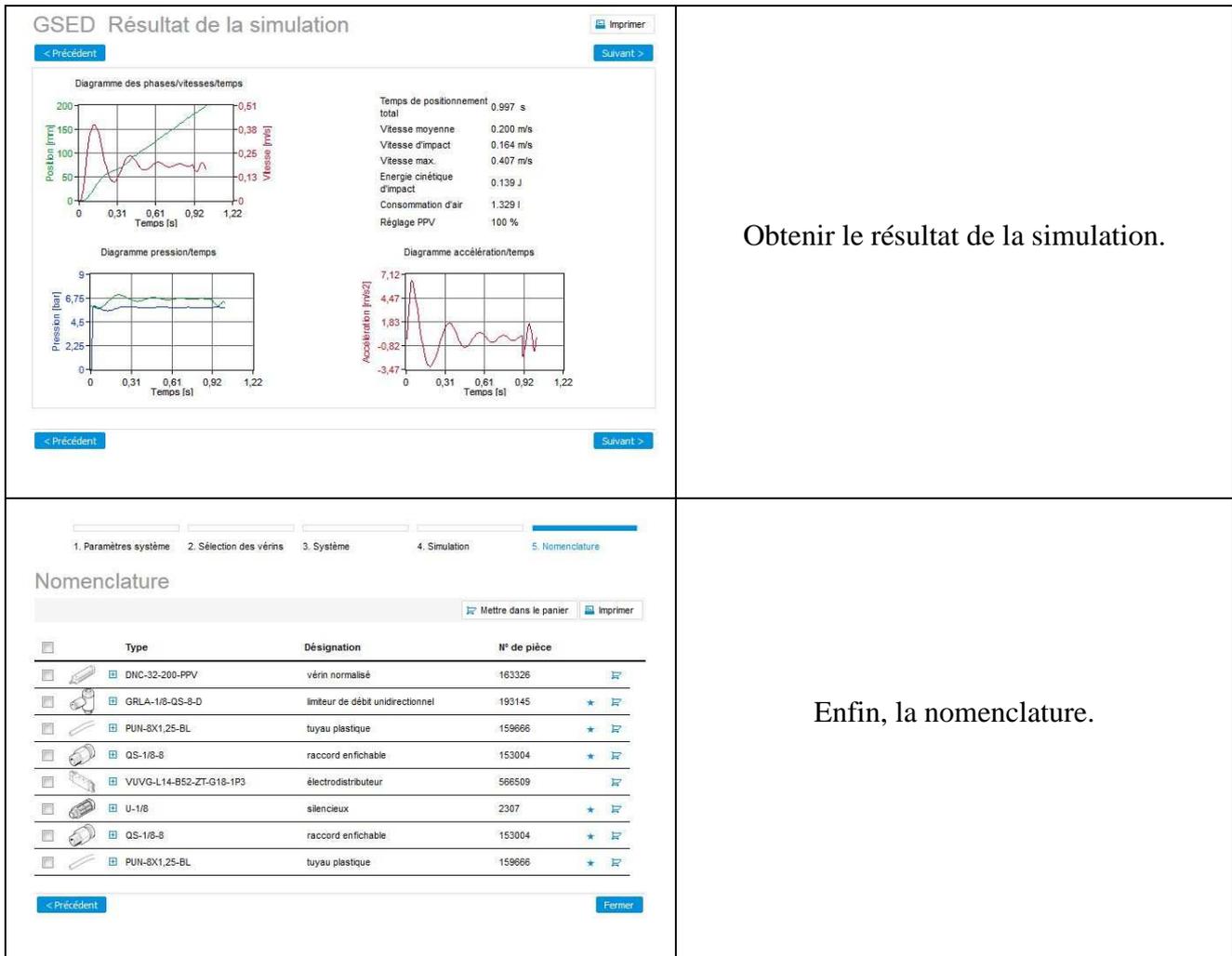
Pression de service: 6 bar

Sens de déplacement: sortir rentrer

Cycle de travail complet

< Précédent Simulation

L'outil peut même faire une simulation du système et optimisation des résultats.



Obtenir le résultat de la simulation.

Enfin, la nomenclature.

Figure 56: outil FESTO

La consommation en air :

Pour nous permettre de pouvoir déterminer le débit nécessaire à alimenter un vérin, il est important de pouvoir déterminer la consommation d'air de ce vérin. La consommation d'air peut être trouvée à l'aide du même outil. Il suffit de changer les paramètres de la conception et obtenir les résultats souhaités.

La consommation d'air d'un vérin double effet peut également être calculée de la manière suivante. $Q = A \cdot l \cdot (n \cdot 2) \cdot (p + 1)$

- Q = débit (cm³/min)
- A = la surface de piston (cm²)
- l = course du vérin (cm)
- p = la pression de travail (kg/cm² = bar)
- n = le nombre de cycles par unité de temps

Il est possible de recalculer le débit vers des l/min. (1 l/min = 1.000 cm³/min)

Choix du vérin :

Caractéristique :

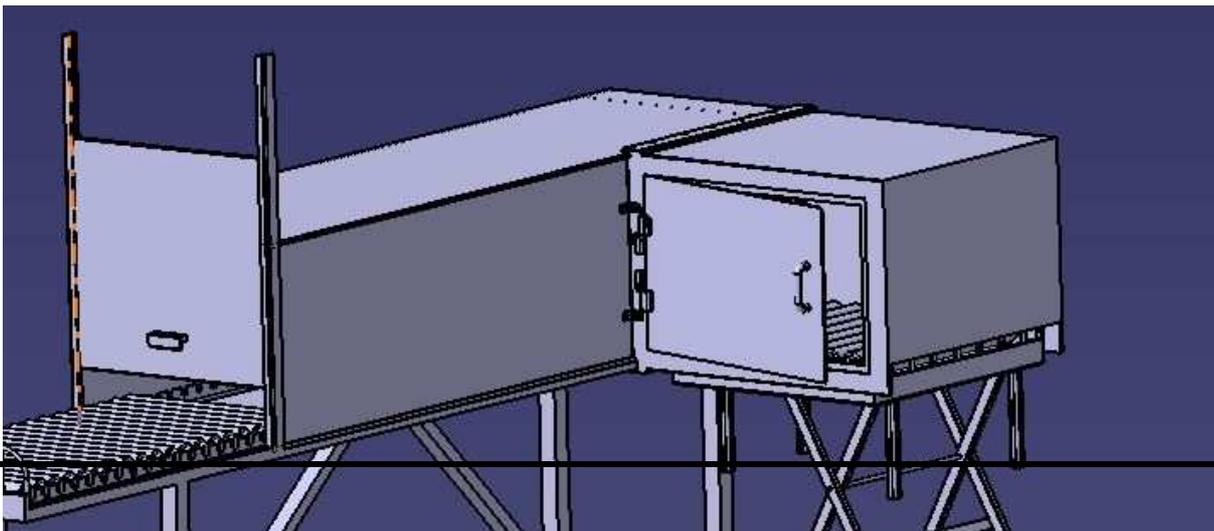
Course : 100 mm



Diamètre de piston :.....32 mm
Filetage de tige de piston :..... M10x1.25
Amortissement PPV :..... amortissement pneumatique réglable des deux côtés
Position de montage :..... indifférent
Conforme à la norme:..... ISO 15552
Extrémité de tige de piston:..... Filetage
Conception :.....Piston
.....Tige de piston
.....Tube profilé
Détection de position:.....Pour capteurs de proximité
Variantes :..... Tige de piston sur 1 côté
Pression de service :..... 0,6 ... 12 bar
Mode de fonctionnement :..... à double effet
Fluide de service:..... Air comprimé selon ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Note sur le fluide de commande et de pilotage Fonctionnement avec lubrification possible (nécessaire pour un fonctionnement ultérieur)
Classe de résistance à la corrosion :..... KBK 2
Température ambiante :..... -20 ... 80 °C
Energie d'impact en fin de course :..... 0,4 J
Longueur d'amortissement :..... 17 mm
Force théorique sous 6 bar, au recul :..... 415 N
Force théorique sous 6 bar, à l'avance:..... 483 N
Masse en mouvement à 0 mm de course :..... 110 g
Poids supplémentaire par 10 mm de course :..... 27 g
Poids de base à 0 mm de course :..... 465 g
Masse supplémentaire par 10 mm de course :..... 9 g
Mode de fixation au choix :.....tarauté
.....avec accessoires
Raccord pneumatique :..... G1/8
Note sur la matière :..... Conforme RoHS
Information matière couvercle :..... Aluminium moulé sous pression revêtu
Information matière joints :..... TPE-U(PU)
Information matière tige de piston :..... Acier fortement allié
Information matière profilé de vérin :..... Alliage d'aluminium anodisé lisse

vi. assemblage des différents composants :

La figure ci-après montre l'ensemble l'accouplement et le positionnement de l'élévateur avec le sécheur, cela pour répondre aux exigences citées précédemment :



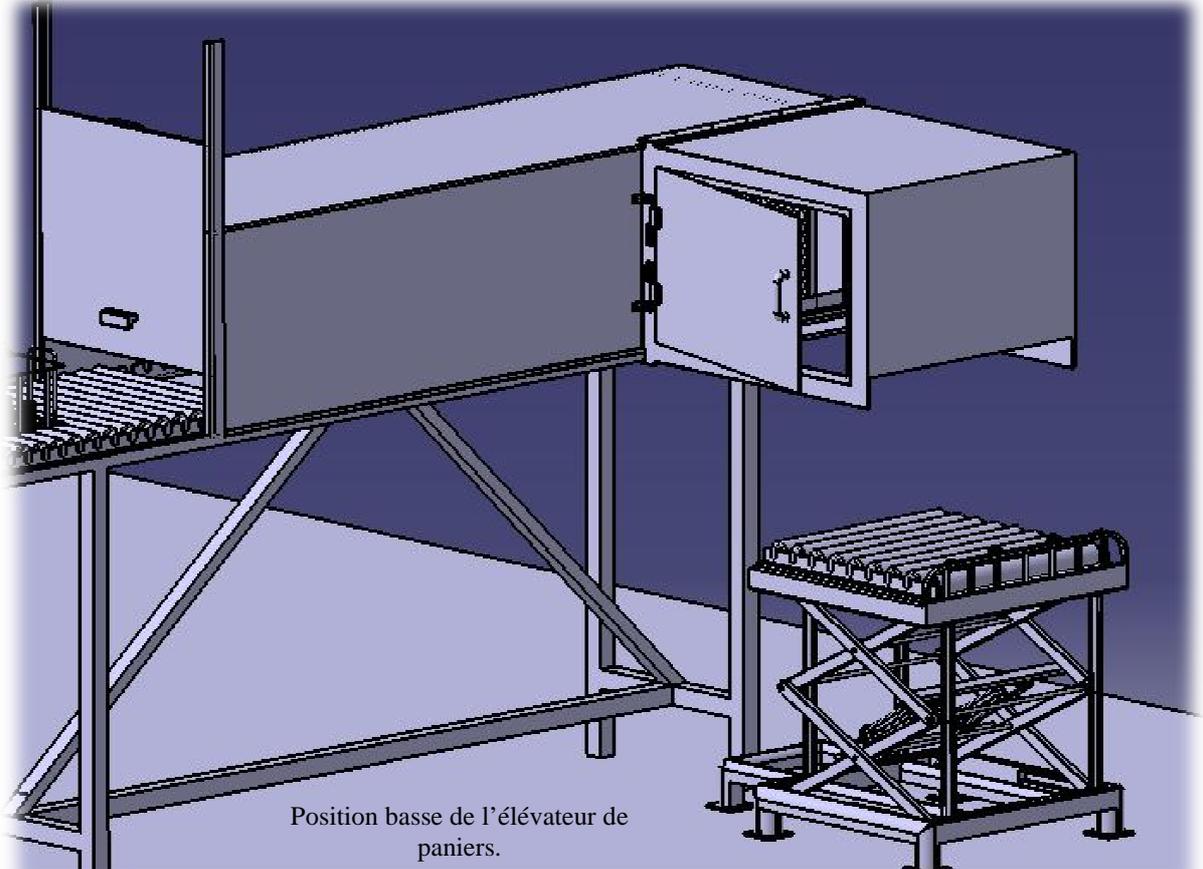


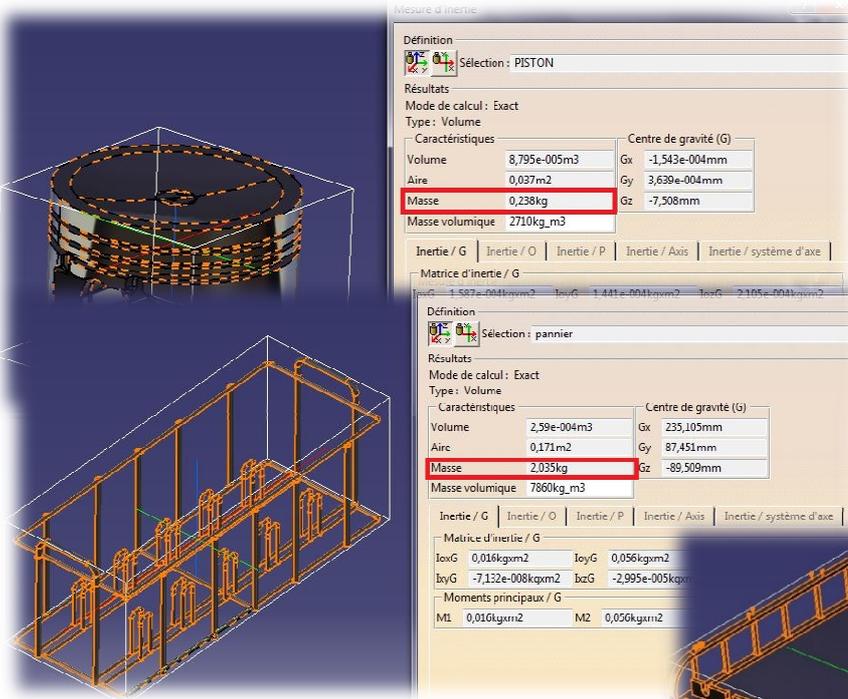
Figure 58: positions d'élèveur

Etude statique des composants d'élèveur :

Pour réaliser une étude statique pour les composants on s'est basé sur CATIA V5 et plus précisément à l'atelier generative structural analysis. Cette dernière nous a permis de voir les contraintes appliquées sur les différentes parties des pièces constructives.

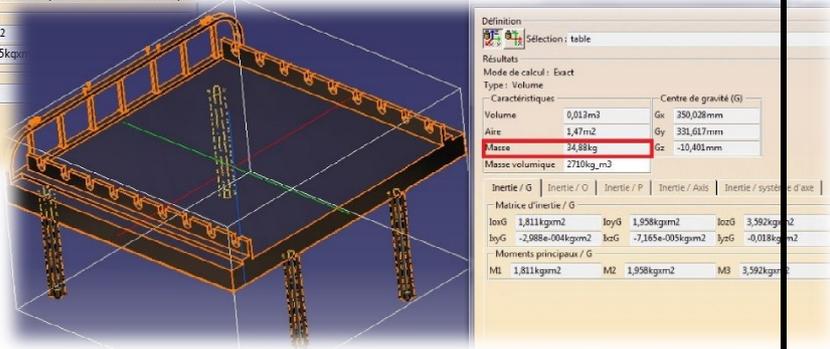
Pour définir les charges appliquées sur la structure, on doit déterminer la masse des paniers remplis de pistons et même la masse de la table supérieure :

D'après une estimation des masses en CATIA on a pu obtenir la masse en appliquant le matériau adéquat au panier, élèveur et les pistons, les résultats obtenus sont les suivantes :



La masse du piston est de :
 $m_{piston} = 0.238 \text{ Kg}$

La masse d'un seul panier est de :
 $m_{panier} = 2.035 \text{ Kg}$



La masse de la table supérieure est :
 $m_{table\ sup} = 34,8 \text{ Kg}$

Figure 59: masse des différents composants

Calcul numérique :

Chaque panier contient dix piston et l'élévateur au maximum à l'espace de deux paniers, en effet :

- La masse de dix pistons : $M_{total\ pistons} = 10 * m_{piston} = 2,38 \text{ Kg}$
- La masse des deux paniers : $M_{total\ paniers} = 2 * m_{panier} = 4,07 \text{ Kg}$

$$M_{total} = 2,38 + 4,07 + 34,8 = 42,25 \text{ Kg}$$

Donc le poids vau : $P = M_{total} * g = 414,47 \text{ N}$

La table est prise par quatre appuis équidistants ce qui donne :

$$P_{appuis} = \frac{P}{4} = \frac{414,47}{4} = 103,62 \text{ N}$$

En position statique on a :

Le bras de l'élévateur est en inclinaison de 60° par rapport à la normale donc par projection l'intensité de la force \vec{F} est :

$$F = \frac{P}{\cos 60} = \frac{103,62}{\cos 60} = 207.24 \text{ N}$$

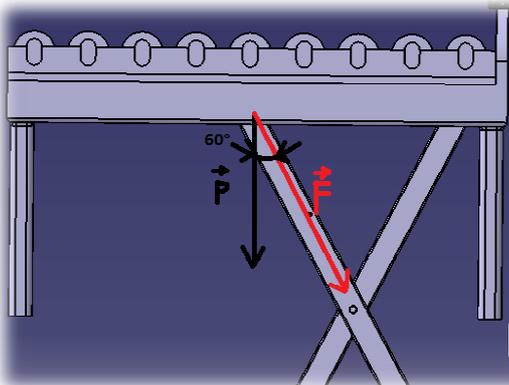


Figure 60: position statique

L'intensité de la



force de l'avance et recule des deux vérins est de :

$$Fv_{avance} = 483 \text{ N}$$

$$Fv_{recule} = 415 \text{ N}$$

Etude des éléments finis :

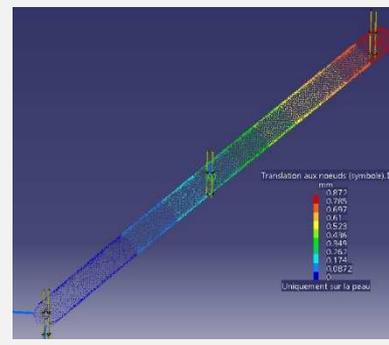
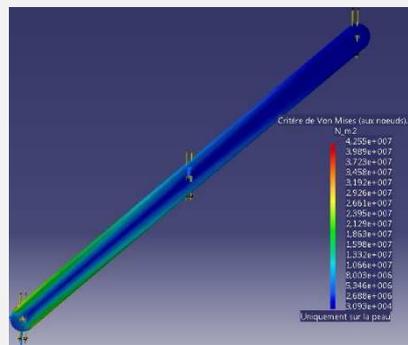
Un critère de plasticité ou d'écoulement plastique permet de savoir sous des sollicitations données si une pièce se déforme plastiquement ou reste dans le domaine élastique. De nombreux essais ont montré que l'on pouvait utiliser deux critères principaux : le critère de Tresca-Guest ou le critère de Von Mises. En résistance des matériaux, on désire parfois rester dans le domaine élastique, on parle alors de critère de résistance.

L'élément

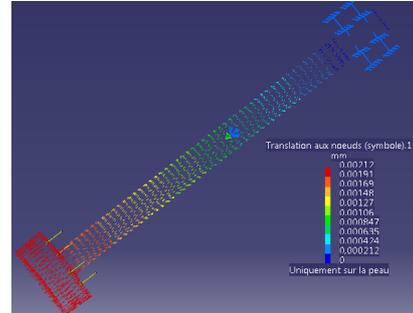
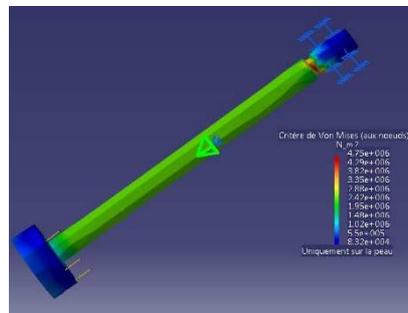
Von mises

Déformation

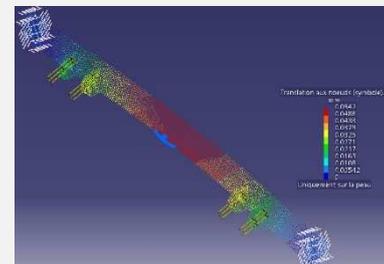
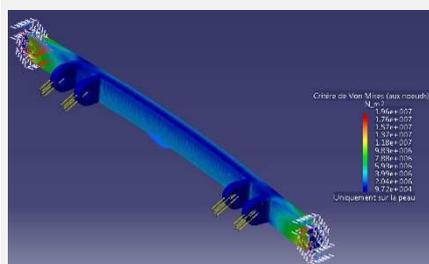
Bras élévateur



Tige du vérin

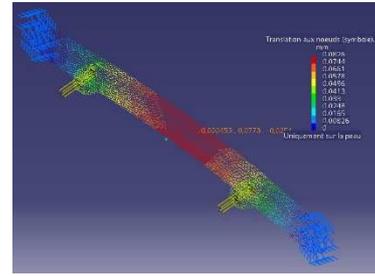
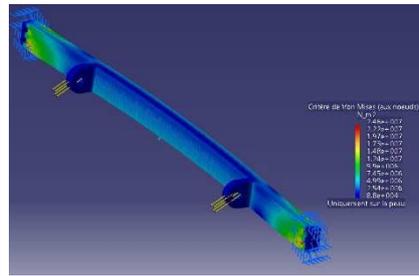


Support de fixation inférieur des vérins hydrauliques





Support de fixationsupérieur des vérins hydrauliques



Support de fixation au sol

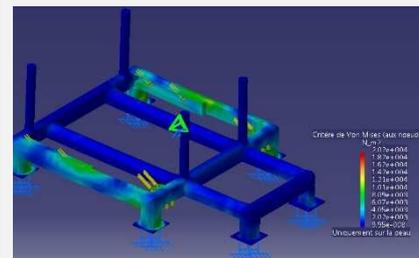
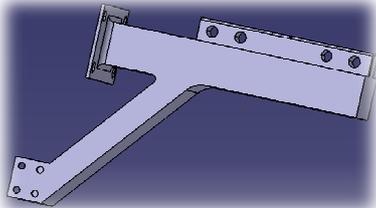
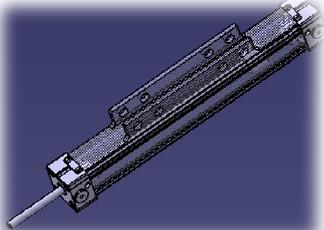


Figure 61: application des éléments finis sous CATIA V5

La communication entre le sècheur des paniers et l'élévateur pour glisser les paniers est faite à l'aide d'un vérin à simple effet monté sur un support conçu pour le porter et le garder en position convenable à l'opération. Ce vérin est animé à l'aide d'un capteur de proximité qu'on déterminera après et une lame montée sur la tige du vérin assurant la poussée des paniers. La figure ci-après montre le montage du vérin et son intégration dans la machine :

| Pièce | Description |
|---|--|
|  | <p style="text-align: center;"><i>Support de fixation du vérin</i></p> |
|  | <p style="text-align: center;"><i>Vérin pneumatique à simple effet</i></p> |



La lame poussoir montée sur la tige du vérin

Figure 62: le montage du vérin et l'intégration dans la machine

Montage final et implantation dans le sécheur des paniers :

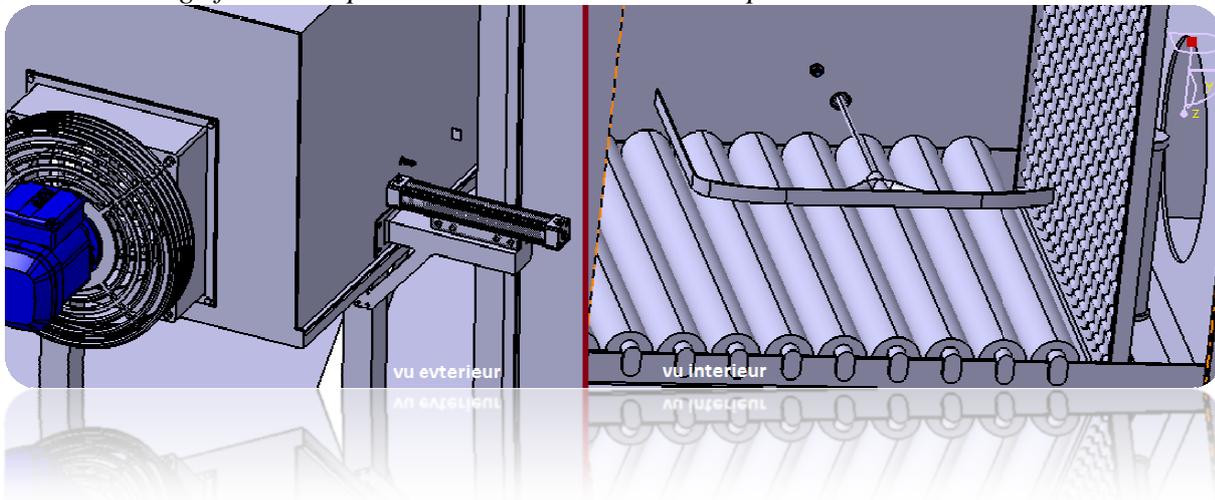


Figure 63: montage final

d- Positionnement et mise en place des capteurs de détection :

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité ou une déviation d'aiguille. On fait souvent (à tort) la confusion entre un capteur et un transducteur car le capteur est constitué au minimum d'un transducteur.

Dans notre machine on est sensé d'implanter des capteurs détectant des entrées dans le but d'automatiser la Graphiteuse de pistons. Cette implantation a pour effet de réduire le temps de l'opération et des actions faites par l'opérateur.

i. Implantation des capteurs de fin de course :

La détection de ce type de capteurs s'effectue par contact du panier des pistons sur le levier ou un galet. Ce capteur peut prendre alors deux états :

- ✓ Enfoncé (en logique positive) l'interrupteur est fermé.
- ✓ Relâché (en logique négative) l'interrupteur est ouvert.

Dans notre cas on est sensé d'implanter des capteurs de fin de course dans des zones adéquates à notre machine afin d'éviter la mauvaise détection et de donner une information précise et claire à la partie commande. Cette opération concerne l'élévateur et le sécheur des paniers.

Implantation en élévateur des paniers :



1. L'implantation de deux capteurs sur la table supérieure de l'élévateur a pour rôle de détecter la présence des paniers par coupure du courant. Les deux capteurs sont montés derrière une plaque pour éviter le problème d'arc-boutement lors du fonctionnement en garantissant l'effort nécessaire d'appuis. La plaque est positionnée à l'aide de quatre boulons avec un jeu fonctionnel pour la guider en translation.

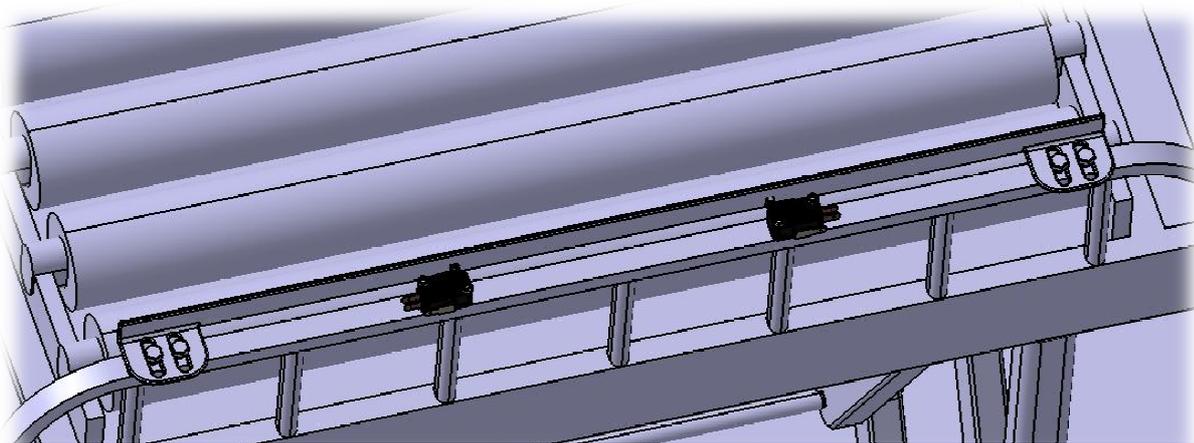


Figure 64: capteur table

2. L'implantation de deux capteurs sur la

table inférieure de l'élévateur a pour rôle de détecter la position de l'élévateur (position basse).

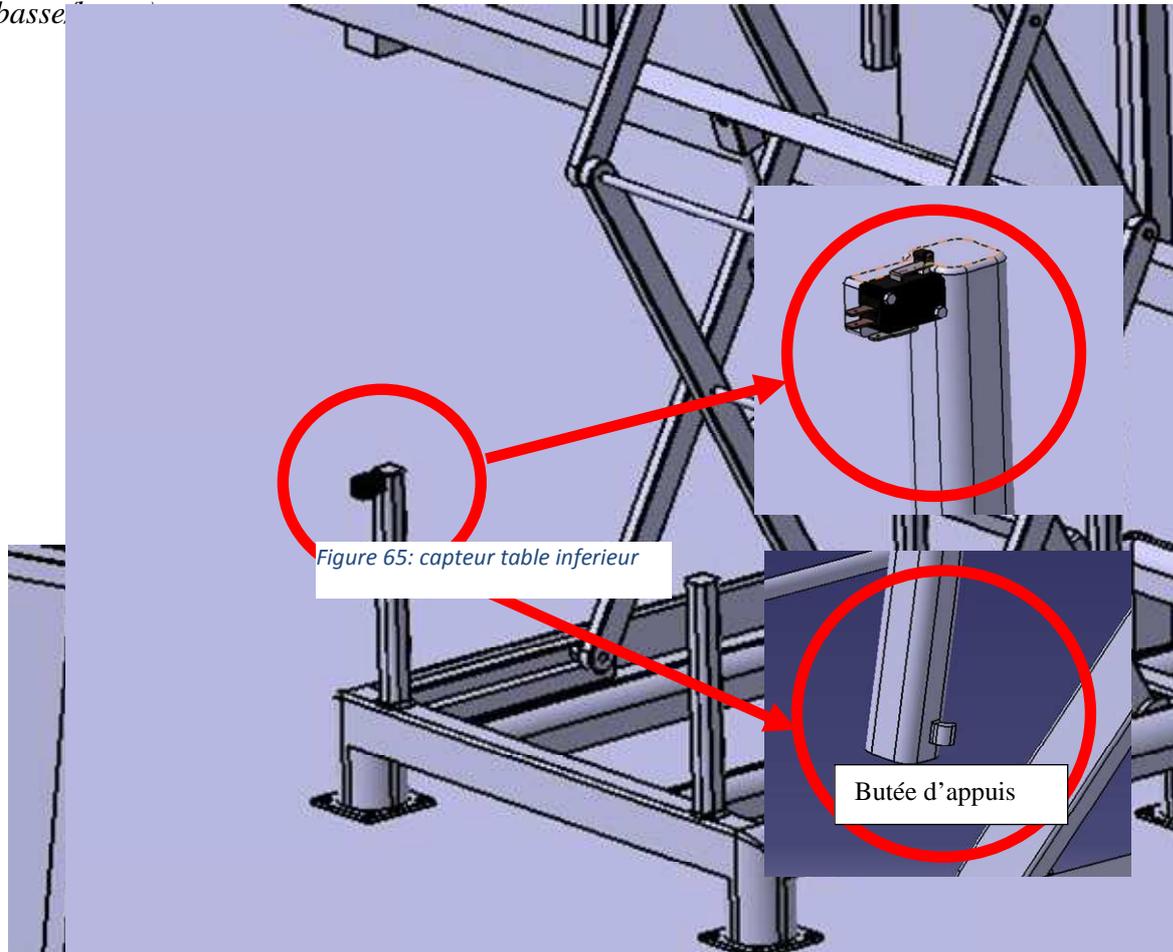


Figure 65: capteur table inférieur

Butée d'appuis



3. L'implantation de deux capteurs Figure 66: capteur table supérieure pour a pour rôle de détecter la position de la porte (position basse/haute).

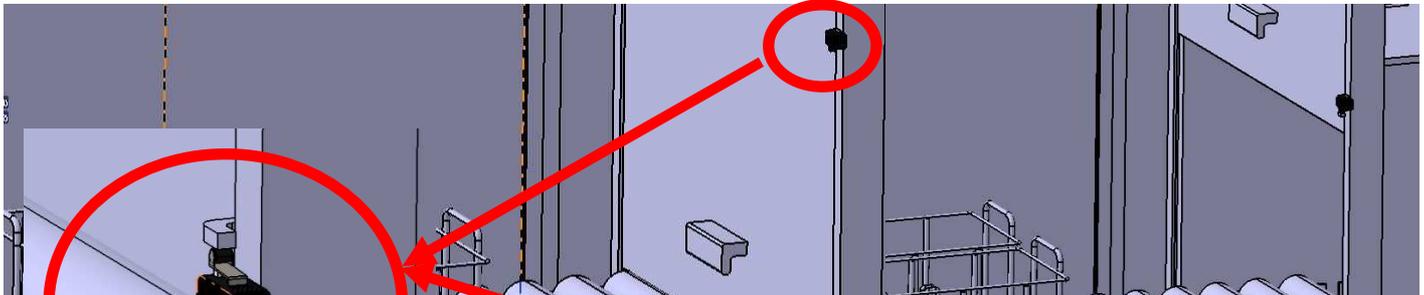
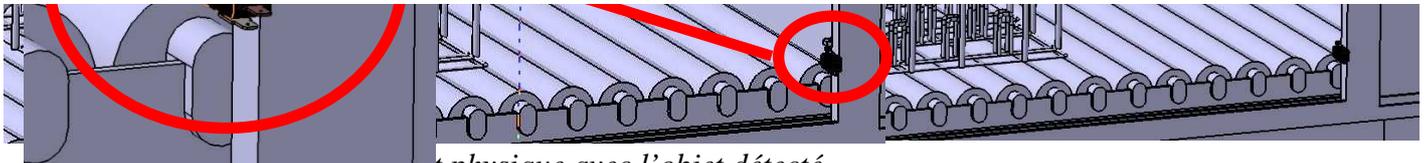


Figure 67: capteur porte



- pas de contact physique avec l'objet détecté.
- possibilité de détecter des objets fragiles et fraîchement peints.
- pas d'usure et la durée de vie indépendante du nombre de manœuvres.
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche).
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

Dans ce cas, on est sensé d'implanter des capteurs de proximité dans des zones adéquats dans notre machine. Cette implantation a pour rôle d'éviter une mauvaise détection en premier temps et donner une information précise et claire à la partie commande. Cette opération concerne la graphiteuse et le sècheur des paniers.

Implantation au sècheur de paniers :

1. L'implantation d'un capteur au sein du sècheur des paniers a pour effet de détecter la présence des paniers pour faire actionner le vérin pneumatique à simple effet qui a le rôle de pousser les paniers vers l'élévateur.

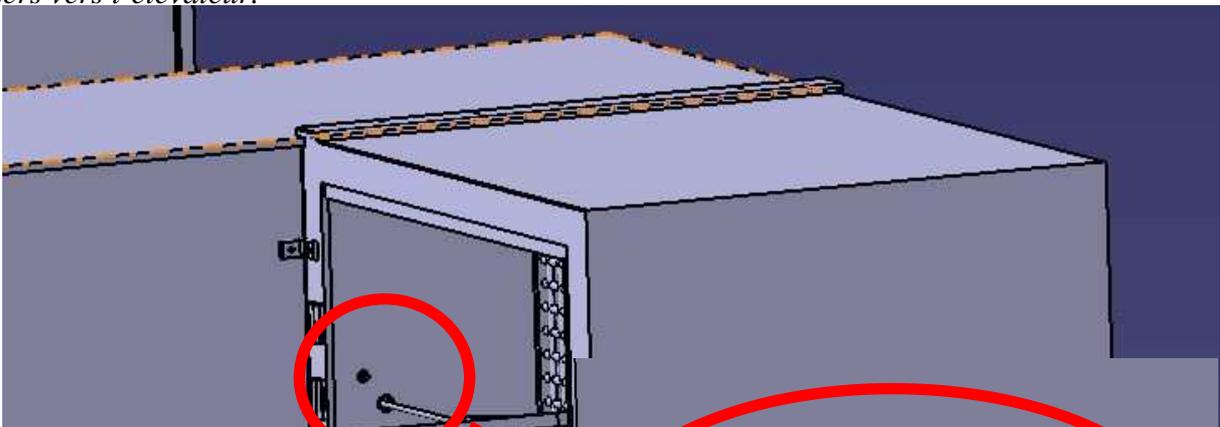


Figure 68: capteur sècheur

2. L'im
du p





Figure 69: capteur entrée sécheur

3. L'implantation d'un capteur à côté du jet du graphite a aussi pour rôle de détecter la présence du piston dans le support du serrage.

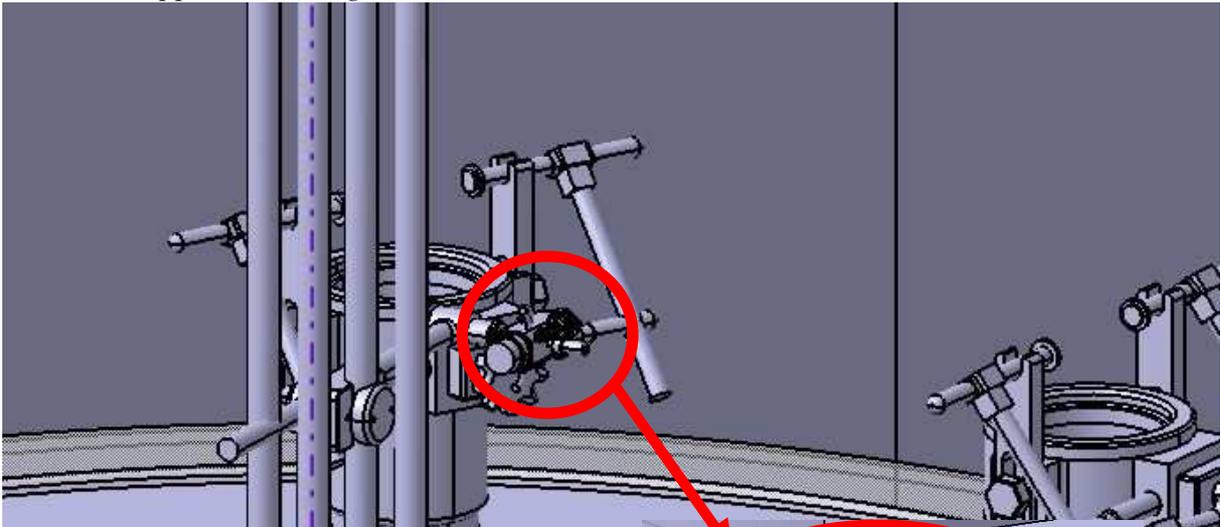


Figure 70: capteur jet du graphite

maint
réduit

1

rétabl
la norme NF X 60-010).

2. Méthodes de maintenance :

Les méthodes de maintenance peuvent être classées en trois grandes familles : la maintenance préventive, corrective et d'amélioration.

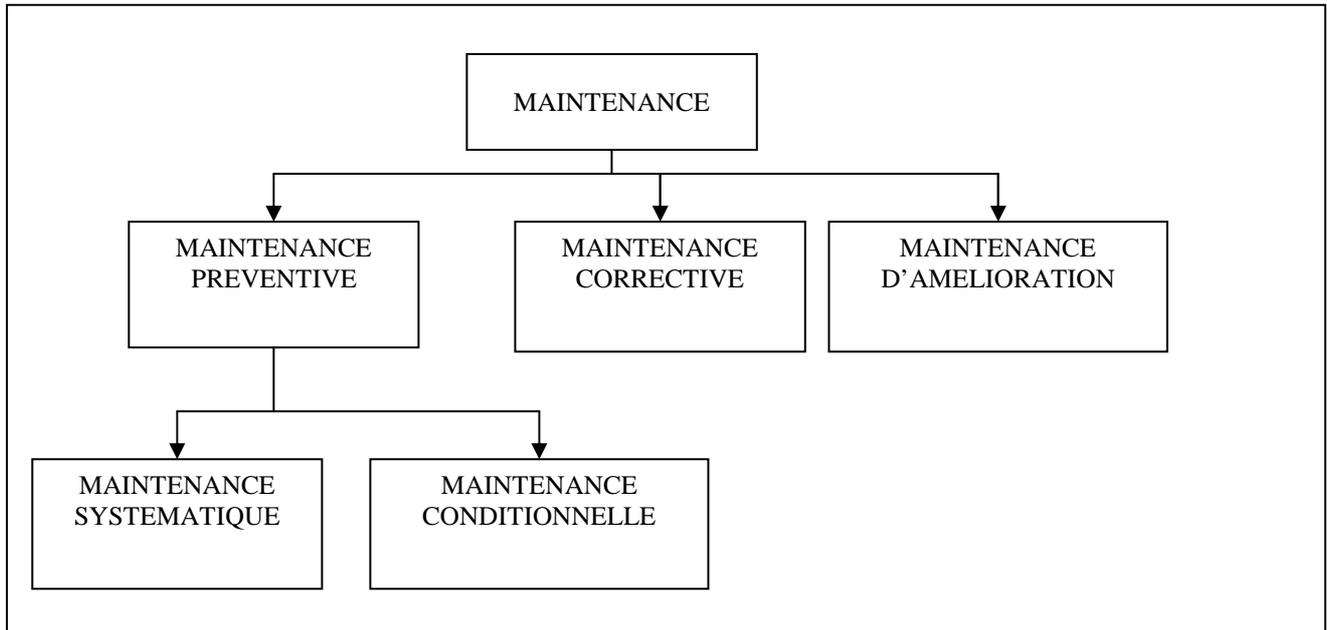


Figure 71: Méthode de maintenance

3. Le dossier technique de maintenance :

Pour réaliser les opérations de maintenance sur un équipement d'une machine de production ou d'un système de manutention, il faut disposer d'un certain nombre de documents et en créer d'autres.

i. Le dossier technique :

Ce dossier doit contenir tous les renseignements nécessaires à une intervention de maintenance. Il est composé des documents suivants :

- L'implantation et la nomenclature des composants : ces données permettent de situer les composants sur le système.
- L'analyse du système : le système est analysé du point de vue fonctionnel (SADT de niveau A-0 et A0 ou/et GEMMA) et du point de vue temporel (GRAF CET) qui décrit le fonctionnement des différentes séquences en fonction du temps.
- Les schémas électriques sont indispensables en maintenance et sont essentiellement comme suit :
 - Le schéma développé du circuit de puissance ;
 - Le schéma développé du circuit de commande ;
 - Les schémas des borniers et de raccordement d'un éventuel automate ;
 - Les mnémoniques (adresses et correspondances des entrées/sorties) ainsi que le programme de l'automate.

Ils peuvent être complétés par d'éventuels :

- Schémas de circuits pneumatiques et hydrauliques ;
- Notices particulières à des appareils spéciaux ou à des cartes électroniques.

ii. Le dossier de maintenance :



C'est le carnet de santé de l'équipement. Il permet de suivre dans le temps toutes les défaillances du système. Il comprend :

- *L'historique des interventions est un tableau qui indique la nature des interventions et leurs dates (Voir annexe 1). Il permet de :*
 - connaître la nature des défaillances précédentes ;
 - décider des améliorations à apporter ;
 - chiffrer les coûts de maintenance ;
 - opérer les approvisionnements des pièces de rechange.
- *Le processus de visite préventive est un document qui indique au technicien de maintenance les opérations de contrôle ou de vérification à effectuer sur l'équipement et la périodicité de ces visites.*
- *Le compte rendu de visite signale les travaux à effectuer sur un équipement et leur urgence (Voir annexe 2).*

4. La maintenance préventive :

Elle doit permettre d'éviter les défaillances des équipements en cours d'utilisation et d'avoir ainsi une meilleure continuité de service.

i. Maintenance systématique :

C'est une maintenance qui est effectuée à des dates planifiées à l'avance avec une périodicité qui dépend du nombre d'heures et des cycles réalisés...

ii. Maintenance conditionnelle :

C'est une maintenance qui met en évidence l'état de dégradation d'un bien. Elle permet de suivre l'évolution d'un défaut et de planifier une intervention avant une défaillance partielle ou totale.

5. La maintenance corrective :

Il s'agit d'une « maintenance effectuée après défaillance ». La défaillance partielle ou totale est définie par la norme comme étant une altération ou une cessation de l'aptitude d'un équipement à accomplir la fonction qu'il doit remplir.

i. L'opération de maintenance :

L'opération de maintenance corrective prend la forme d'intervention de dépannage ou de réparation :

- **Dépannage** : remise en état provisoire de fonctionnement.
- **Réparation** : remise en état de fonctionnement définitive.
- Rédaction d'un rapport d'intervention (Voir annexe 3).

Les vibrations, l'humidité, la poussière, les détériorations de toutes sortes peuvent produire des défaillances de l'équipement. L'opération de maintenance repose sur le diagnostic relatif à une défaillance.

- On effectue des constatations en observant la défaillance du système.
- On émet des hypothèses concernant les causes des pannes possibles.
- On effectue des tests permettant le contrôle des hypothèses.
- On effectue la remise en état.

ii. Précautions pour les contrôles et les essais :

Avant toute intervention sur un équipement, il faut se munir des équipements de protection individuelle (EPI) et se conformer aux directives du chargé des travaux.



6. La maintenance d'amélioration :

Cette maintenance a pour objectif de réduire toutes les interventions de maintenance et de tendre vers zéro panne.

On est contraint à réaliser :

- La rénovation des installations et des équipements existants.
- Les modifications du matériel existant à la suite de plusieurs défaillances de même nature après réflexion et étude afin d'éliminer le problème. Ce type de maintenance implique une concertation entre les services (production, bureau d'étude, maintenance,...).
- La mise en conformité des installations et des équipements pour répondre aux nouvelles normes de sécurité.



Chapitre IV:

Automatisation de la graphiteuse de pistons

Vous trouverez dans cette partie :

- ⇒ Présentation des automates programmables.
- ⇒ Automatisation de la graphiteuse des pistons.

I- Introduction

L'automatisation est l'art d'utiliser les machines afin de réduire la charge de travail d'opérateur tout en gardant une productivité et la qualité. Elle fait appel à des systèmes



électroniques qui englobent toute la hiérarchie de contrôle-commande depuis les capteurs de mesure, en passant par les automates, les bus de communication, la visualisation, l'archivage jusqu'à la gestion de production et des ressources de l'entreprise.

II- Les automates programmables industriels

1. Définition

L'automate programmable industriel A.P.I ou Programmable Logic Controller PLC est un appareil électronique programmable. Il est défini suivant la norme française EN-61131-1, adapté à l'environnement industriel, réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques analogiques ou numériques.

La force principale d'un automate programmable industriel API réside dans sa grande capacité de communication avec l'environnement industriel. Outre son unité centrale et son alimentation, il est constitué essentiellement de modules d'entrées/sorties, qui lui servent d'interface de communication avec le processus industriel de conduite. Il a comme rôles principaux dans un processus :

- D'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs
- En faire le traitement
- La commande des actionneurs
- Assurer également la communication pour l'échange d'information avec l'environnement

Un automate programmable peut être à logique **positive** ou **négative** :

- **Logique positive** : Le commun interne des entrées est relié au 0V.
- **Logique négative** : Le commun interne des entrées est relié au 24V.

Généralement un automate possède 2 modes de fonctionnement principaux:

- **Mode STOP ou MANUEL** : L'automate n'exécute pas le programme. C'est souvent le mode obligatoire pour transférer le programme de la console vers l'API.
- **Mode RUN ou START ou AUTOMATIQUE**: L'automate exécute le programme en exécutant des cycles de scrutation (voir plus loin). Dans ce mode certaines modifications et manipulations de valeurs de variables sont autorisée avec parfois certaines limitations.

2. Domaines d'utilisation des automates

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

3. Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations peuvent être de type :



Tout ou rien (T.O.R.) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir ...

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

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

III- Architecture des automates

1. Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

L'automate compact : on distinguera les modules de programmation (logo de Siemens, Zelio de Schneider, Millennium de Crouzet...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques...) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates de fonctionnement simple sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

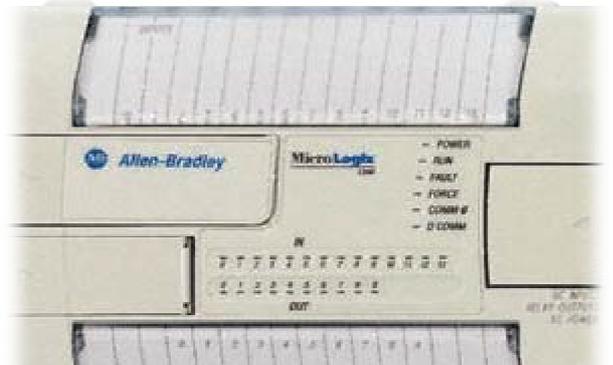


Figure 72: Automate compact (Allen-Bradley)

L'automate modulaire : le processeur, l'alimentation, et les interfaces d'E/S résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le « fond de panier » (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

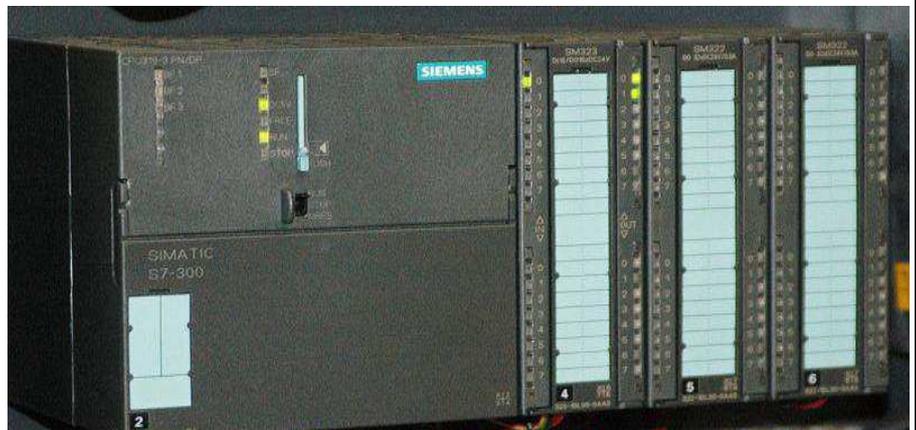


Figure 73: Automate modulaire Siemens



2. Structure interne des automates programmables

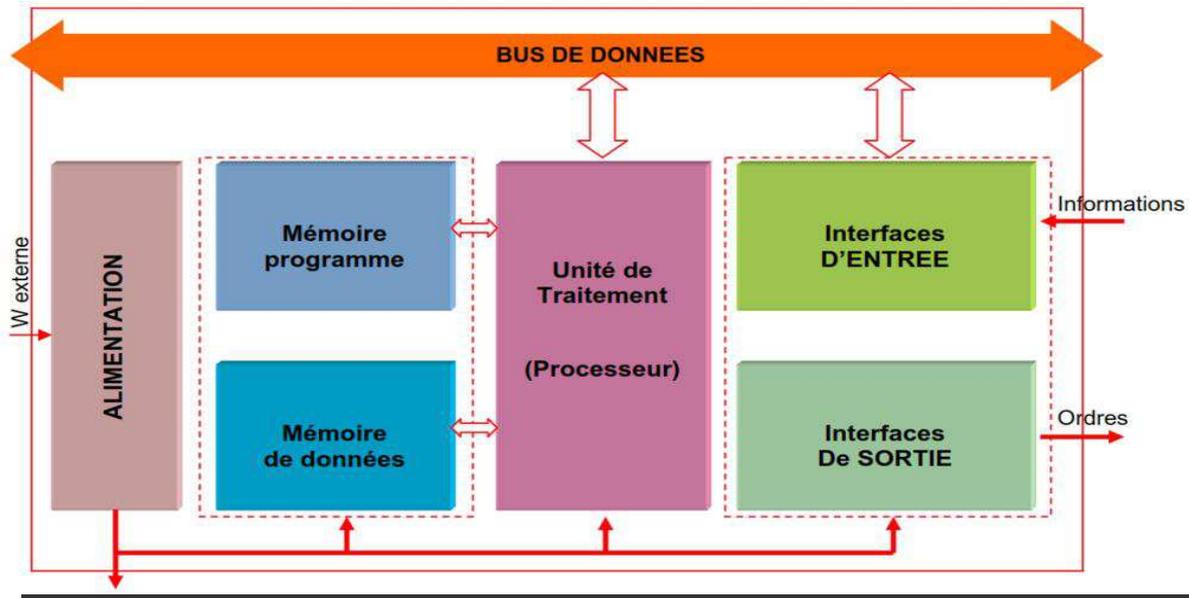


Figure 74: Architecture interne d'un automate programmable

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire. Un API se compose donc de trois grandes parties :

Le microprocesseur : réalise toutes les fonctions logiques ETOU, les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul... à partir d'un programme contenu dans sa mémoire. Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées 'BUS' qui véhiculent les informations sous forme binaire.

La mémoire : Elle est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système. Elle permet de :

- stocker le programme du processus
- stocker les informations issues des entrées
- stocker les informations générées par le processeur et destinées à la commande des sorties (valeur des sorties, des temporisations, etc.)
- stocker les informations liées à des calculs intermédiaires

Il existe dans les automates plusieurs types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes :

- La conception et l'élaboration du programme font appel à la RAM et l'EEPROM
- La conservation du programme pendant l'exécution de celui-ci fait appel à une EPROM

Les modules d'entrées-sorties :

Le module des entrées : a pour rôle de recevoir les informations en provenance des capteurs et de l'interface homme/machine, les traiter en les mettant en forme, en éliminant les parasites d'origine industrielle et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative pour la protection (isolation galvanique).



Le modules des sorties : transmet des informations aux pré-actionneurs et aux éléments de signalisation de l'IHM, tout en adaptant les niveaux de tension de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système en garantissant une isolation galvanique entre ces dernières

Les autres parties :

Liaisons de communication : Elles permettent la communication de l'ensemble des modules de l'automate et des éventuelles extensions.

Les liaisons s'effectuent :

- Avec l'intérieur par des bus reliant divers éléments, afin d'échanger des données, des états et des adresses
- Avec l'extérieur par des borniers sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique

Traitement interne : L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur, ...).

Lecture des entrées : L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

Exécution du programme: L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

Ecriture des sorties : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux

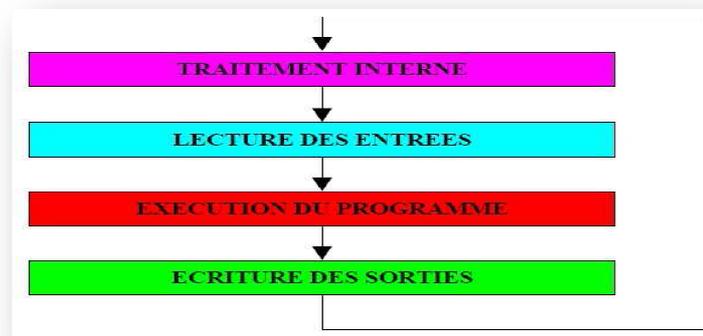


Figure 75: structure de traitement d'un API

positions définies dans la mémoire image des sorties.

Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique). Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

IV- Les langages de programmation des APIs :

1. Liste d'instructions (IL : Instruction List) :

Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.



```
! %L0 : LD      %I1.0  
        ANDN   %M12  
        OR (   %TM4.Q  
          AND  %M17  
        )  
        AND   %I1.7  
        ST    %Q2.5  
! %L5 : LD      %I1.10  
        ANDN   %Q2.3  
        ANDN   %M27  
        IN    %TM0  
        LD    %TM0.Q  
        AND   %M25  
        AND   %MU00:XS  
        [%MU015 := %MU010+500]
```

Figure 76: Liste d'instructions

2. Langage littéral structuré (ST : Structured Text) :

Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme *if ... then ... else ...* (si ... alors ... sinon ...). Peu utilisé par les automaticiens.

```
IF %M0 THEN  
  FOR %MU099 := 0 TO 31 DO  
    IF %MU0100 [%MU099] > 0 THEN  
      %MU010 := %MU0100 [%MU099]  
      %MU011 := %MU099;  
      %M1 := TRUE;  
      EXIT;          (*Sortie de la boucle FOR*)  
    ELSE  
      %M1 := FALSE;  
    END_IF;  
  END_FOR;  
ELSE  
  %M1 := FALSE;  
END_IF;
```

Figure 77: Langage littéral structuré

3. Langage à contacts (LD : Ladder diagram) :



représentation graphique qui décrit les comportements successifs de la partie commande d'un système automatisé (ordres à émettre, actions à effectuer, événements à surveiller).

ii. Principe du Grafcet

Pour visualiser le fonctionnement de l'automatisme, le GRAFCET utilise une succession alternée d'ETAPES et de TRANSITIONS. A chaque étape correspond une ou plusieurs actions à exécuter. Une étape est soit active, soit inactive, les actions associées à cette étape sont effectuées lorsque celle-ci est active. Les transitions indiquent avec les liaisons orientées, les possibilités d'évolution entre étapes.

A chaque transition est obligatoirement associée une condition logique pouvant être vraie ou fausse. Cette condition de transition est appelée réceptivité. L'évolution d'une étape à une autre ne peut s'effectuer que par le franchissement d'une transition, cette ne peut être franchie, donc activer l'étape suivante que si elle est validée par l'étape antérieure active, et que les conditions de réceptivité soient satisfaites.

iii. Description du Grafcet

• À

Étape

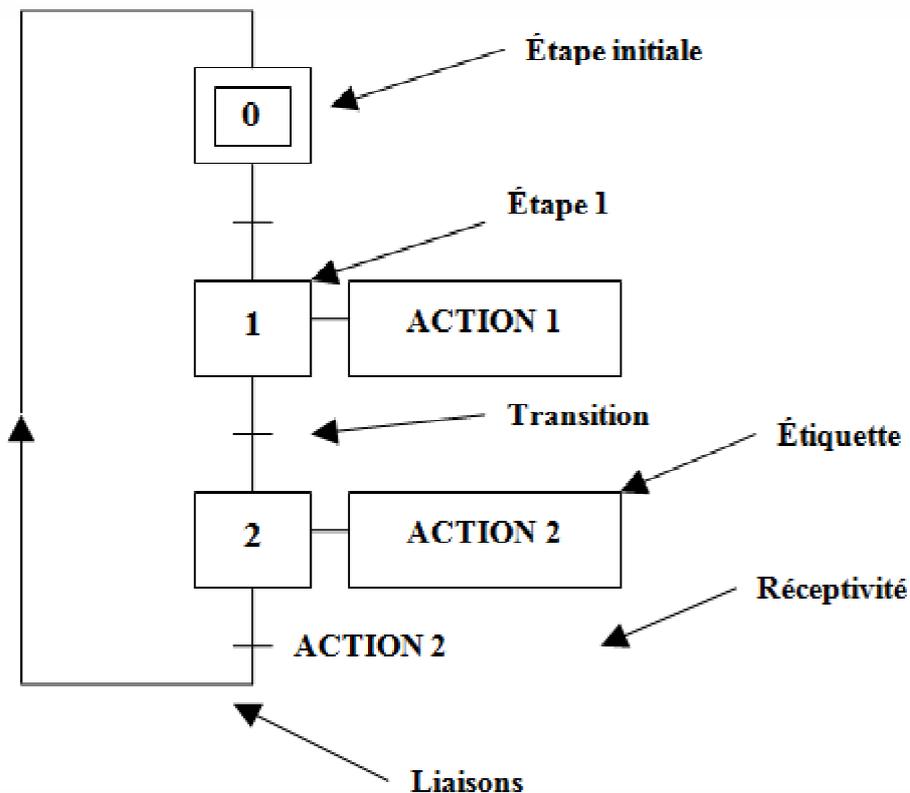


Figure 80: Principe du Grafcet

initiale: représente une étape qui est active au début du fonctionnement. Elle se différencie de l'étape en doublant les côtés du carré.

• **Transition:** la transition est représentée par un trait horizontal.



- **Réceptivité:** les conditions de réceptivité sont inscrites droite de la transition
- **Etape:** chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement
- **Action(s):** elles sont décrites littéralement ou symboliquement à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles reliés par un trait à la partie droite de l'étape
- **Liaisons orientées:** indique le sens du parcours.

iv. Niveaux d'emploi du GRAFCET

Afin de définir correctement le cahier des charges d'un équipement, le diagramme fonctionnel est utilisé à 3 niveaux :

- **Niveau 1 :** ne prend en compte que l'aspect fonctionnel du cahier des charges. Il ne considère que les actions à réaliser et les informations nécessaires pour les obtenir, sans spécifier comment elles seront technologiquement obtenues. (Spécification fonctionnelle repérée par des phrases)
- **Niveau 2 :** pourra être différent du Grafcet de niveau 1, compte tenu de la nature et en particulier de la technologie des capteurs et actionneurs utilisés. (Spécification technologique)
- **Niveau 3 :** spécification opérative c'est une interface en machine.

v. Règles d'évolution du Grafcet

Règle1 : L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement. Elles sont activées inconditionnellement et repérées sur le GRAFCET en doublant les côtés des symboles correspondants.

Règle2 : Une transition est soit validée soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont activées. Elle ne peut être franchie que:

- ✓ lorsqu'elle est validée
- ✓ et que la réceptivité associée à la transition est vraie.

La transition est alors obligatoirement franchie.

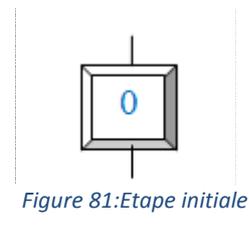
Règle3 : Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes. Cette évolution du GRAFCET est donc synchrone. Il y a évolution asynchrone lorsque le franchissement de la transition entraîne l'activation des étapes suivantes et que c'est la vérification de cette activation qui autorise la désactivation des étapes précédentes.

Règle 4 : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont franchies.

Règle 5 : Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée. L'activation doit être prioritaire sur la désactivation au niveau d'une même étape.

V- Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles. Un automate utilisant des langages de





programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions. La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

Il faut ensuite quantifier les besoins :

-Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.

-Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.

-Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).

-Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

Une fois terminée, on est dans la troisième et finale phase de sortie, où l'automate met à jour ses signaux de sortie dépendant des résultats obtenus lors du traitement des entrées. Ces sorties restent figées jusqu'au prochain cycle.

Chaque fois que l'on minimise le temps d'un cycle, on améliore l'efficacité de notre automate. Malheureusement, le constructeur joue le rôle principal dans ce cas puisqu'il fixe la fréquence interne en se référant au processeur qu'il a utilisé. Mais l'utilisateur peut minimiser ce temps écoulé en améliorant le coût de son algorithme.

VI- Automatisation de la graphitisation des pistons:

1. Cahier des charges fonctionnel :

Au démarrage du premier cycle, un moteur électrique fait tourner une toupie contenant six supports de pistons, l'opérateur met dans chacun d'eux un piston. Le moteur tourne en appuyant sur un bouton poussoir jusqu'à l'arrivée d'un support de serrage d'un piston en face du jet de graphitage, ce dernier est détecté par un capteur de proximité (lié au support portant le jet), la toupie s'arrête pour entamer l'opération de graphitage tout en maintenant la rotation de support et avec une temporisation bien définie (pour assurer l'opération en question). Ensuite la toupie tourne si le capteur détecte un piston il va être soumis au même traitement et l'opérateur est chargé de prendre chaque piston graphité et le mettre dans un panier et mettre un autre à sa place. S'il ne trouve aucun piston dans trois supports successifs, le moteur s'arrête et l'opérateur prend l'ensemble des paniers contenant les pistons graphités au sécheur (8 paniers maximum soit 80 pistons).

A la porte du sécheur un capteur détectant la présence du panier et deux autres indiquant la position de la porte (niveau haut et niveau bas). Une fois le panier est détecté la porte s'ouvre et sous l'effet du pesanteur le panier se déplace dans le sécheur avec une temporisation pour déplacer les paniers avant la fermeture de la porte, le premier panier sera détecté par un capteur de proximité déclenchant le ventilateur et deux résistances chauffantes avec une temporisation, ensuite un vérin simple effet s'actionne pour déplacer le panier de la chambre du sécheur vers un élévateur (construit à base de deux vérins double effet) ayant deux capteurs de fin de course situés derrière une lame d'appui, une fois le panier touche la lame, l'élévateur s'abaisse et l'opérateur est chargé de prendre le panier, notant que l'élévateur est munie de deux capteurs détectant sa position (au niveau haut ou bien au niveau bas).



2. GRAFCET du fonctionnement de la machine :

Table des actions :

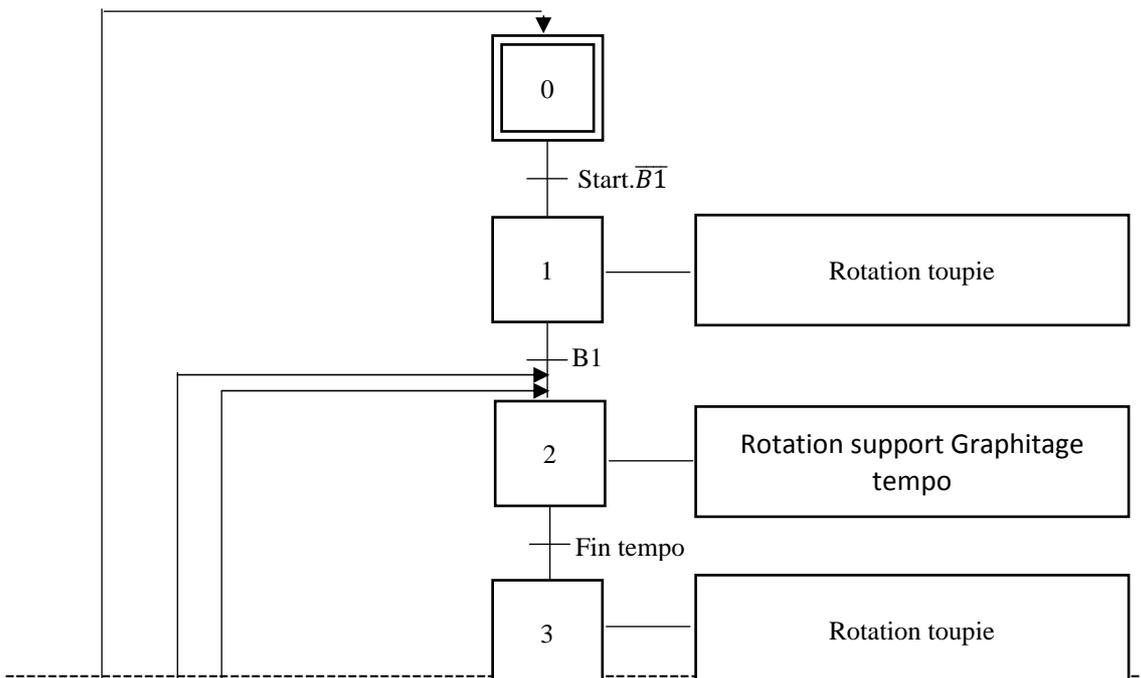
| ABREVIATION | EXPLICATION |
|-------------|---|
| RT | Rotation toupie |
| RS | Rotation support |
| GR | Graphitage |
| OP | Ouverture de la porte |
| FP | Fermeture de la porte |
| AV | Activation de la ventilation |
| AR | Activation des résistances de chauffage |
| VS- | Avance vérinsécheur |
| VE+ | Avance vérin élévateur |
| VE- | Reculé vérin élévateur |
| MPS | Mise du panier au sécheur |

Tableau 12: Table des actions

Table des entrées :

| ABREVIATION | EXPLICATION |
|-------------|---|
| B1 | Présence de la pièce au poste du graphitage |
| B2 | Présence de la pièce devant la porte du sécheur |
| B3 | Présence de la dans la chambre du sécheur |
| F1, F2 | Détection du panier dans l'élévateur |
| CH | Capteur niveau haut |
| CB | Capteur niveau bas |
| PF | Porte fermée |
| PS | Porte ouverte |

Tableau 13: Table des entrées



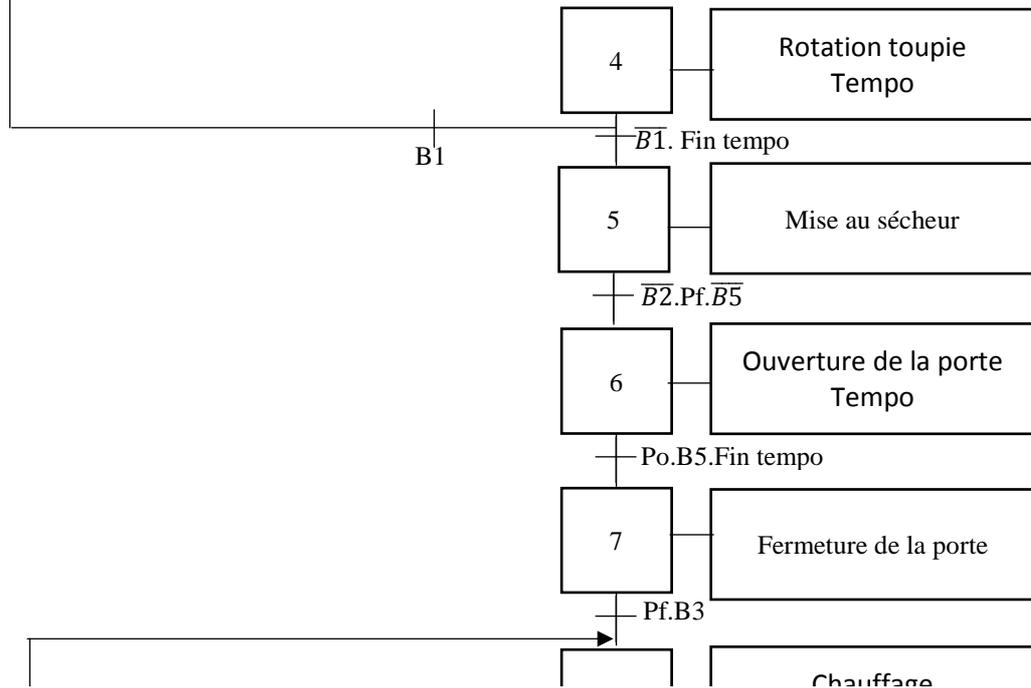


Figure 82: GRAFCET du fonctionnement de la machine

VII- Programmation et simulation du fonctionnement de la Granbitouse :

Après la description du fonctionnement de la machine, nous allons présenter un programme que nous allons implanter dans l'automate grâce au logiciel de conception de programmes de systèmes d'automatisation.

1. Présentation du logiciel de programmation :

i. Présentation de SIMATIC step 7 :

STEP 7 est le logiciel de programmation pour les systèmes automatisés à base de microprocesseur. C'est le logiciel de programmation de S7-300. STEP 7 offre toutes les fonctionnalités nécessaires pour configurer, paramétrer et programmer S7-300. Il met à disposition du programmeur des fonctions d'assistance. Pour résoudre efficacement les problèmes d'automatisation. Les caractéristiques de STEP 7 facilitent la tâche de déprogrammation pour l'utilisateur. Il permet l'accès "de base" aux automates Siemens et permet de programmer individuellement un automate (en différents langages). Step 7 prend également en compte le réseau, ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau (pour le programmer), et éventuellement aux automates de s'envoyer des messages entre eux.

ii. Mode d'emploi :

Dans STEP 7 on est libre de choisir l'une des deux procédures suivantes

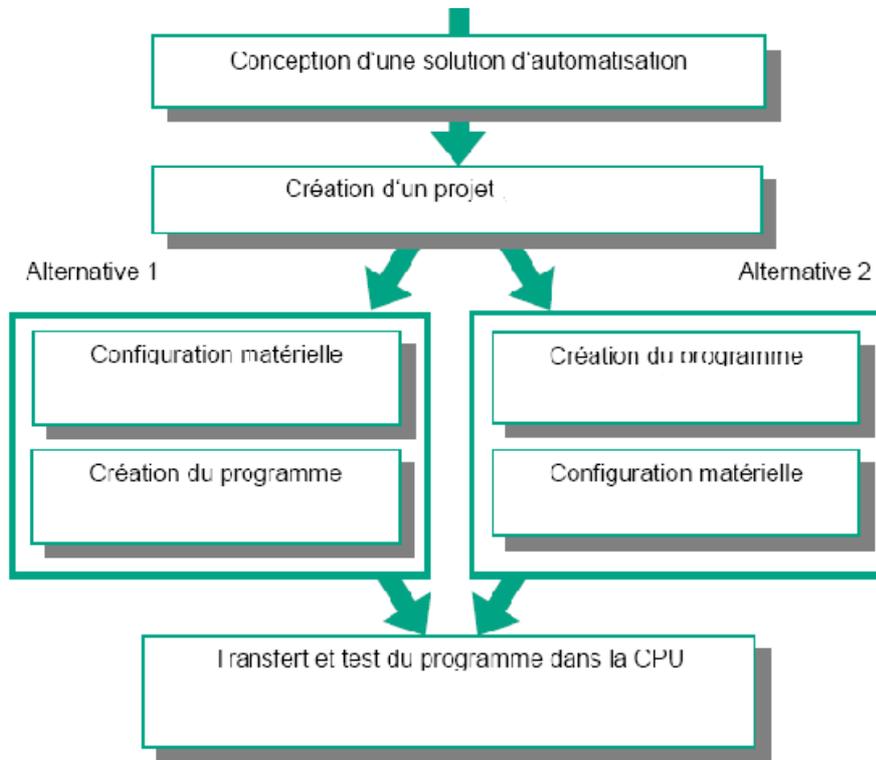


Figure 83: Mode d'emploi du step 7

2. l'automate programmable SIMENS

i. Présentation de l'automate

L'automate utilisé dans notre projet est S7300, avec CPU 313-C2DP qui contient 16 entrées et 16 sorties TOR avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules.

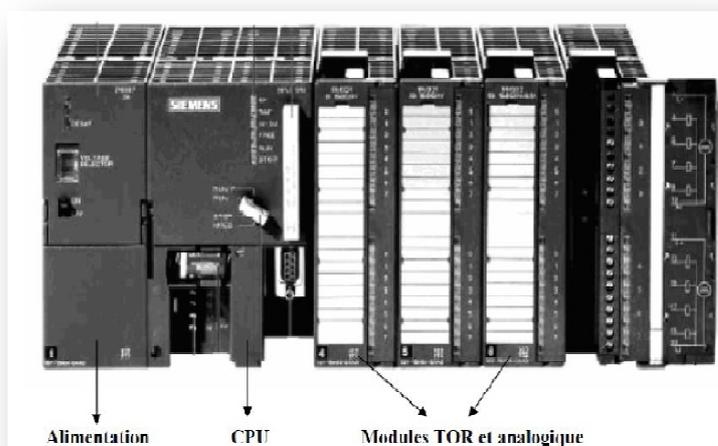


Figure 84: Présentation de l'automate



ii. Entrées / Sorties TOR (Tout Ou Rien) :

Chaque entrée et chaque sortie possède par défaut une adresse absolue déterminée par la configuration matérielle. Celle-ci est indiquée de manière directe, c'est-à-dire absolue. L'adresse d'une entrée ou d'une sortie d'un module TOR est composée de l'adresse d'octet et de l'adresse de bit. La convention adoptée par Siemens pour l'adressage des données est le suivant



3. Programmation de la Graphiteuse sur STEP7:

Pour piloter la Graphiteuse de pistons, nous réaliserons un programme que nous implanterons dans l'automate grâce au logiciel de conception de programmes de systèmes d'automatisation SIMATIC STEP7.

L'automate programmable (S7300) contrôle et commande à l'aide du programme S7 de la station d'usinage. L'adressage des modules d'E/S se fait par l'intermédiaire des adresses du programme S7.

L'interaction du logiciel (STEP7) et du matériel (la machine) est présentée dans la figure ci-dessous :

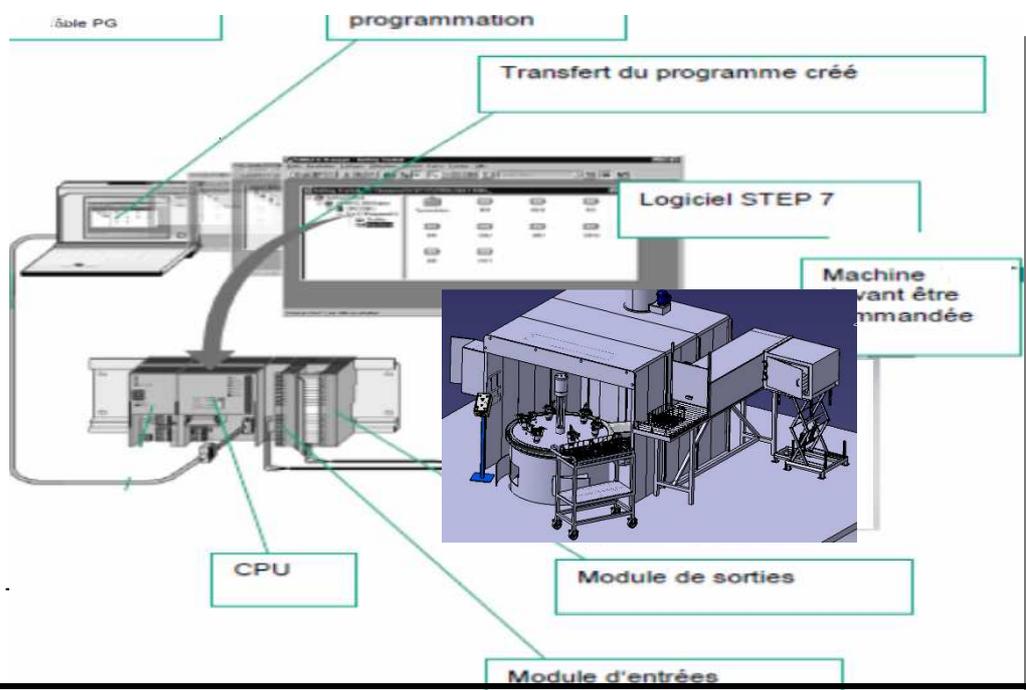


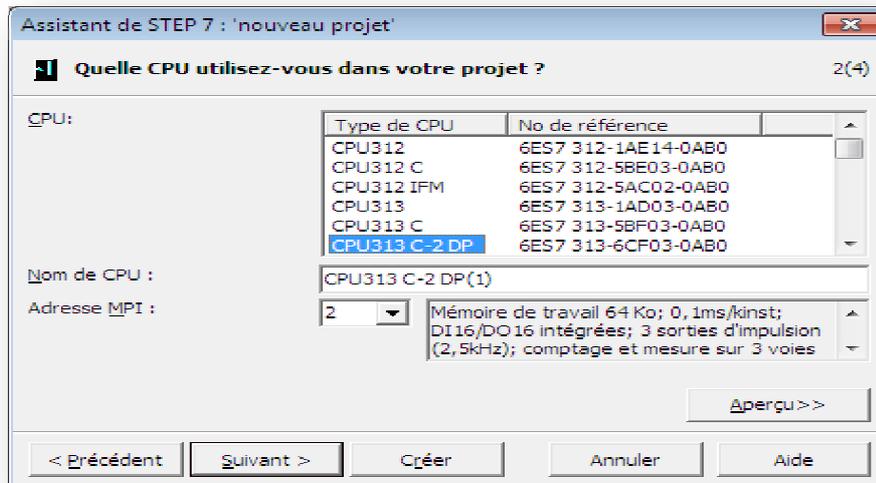
Figure 85: L'interaction du logiciel (STEP7) et du matériel



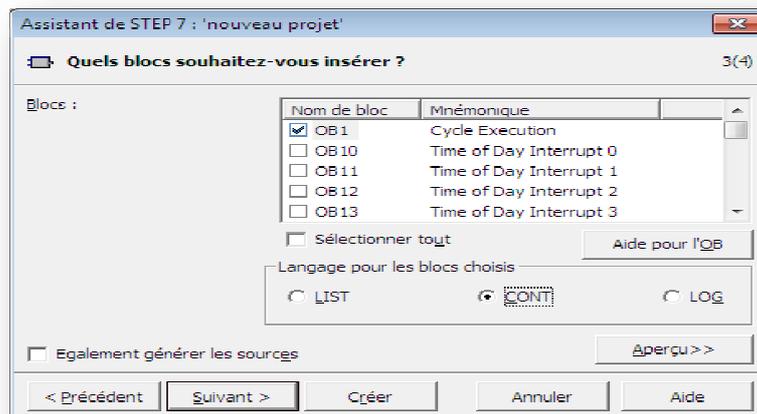
i. Création d'un projet

Le lancement de STEP 7 fait s'ouvrir le gestionnaire de projets SIMATIC Manager. L'assistant de STEP 7 est par défaut toujours activé. Celui-ci a pour but d'assister dans la création du projet STEP 7. La structure du projet sert à ordonner les données des programmes créés au cours du projet.

- On sélectionne pour notre projet la CPU 313 C-2DP. L'adresse MPI est réglée par défaut sur 2.
- On Confirme nos sélections et on passe au prochain dialogue avec Suivant comme l'indique la figure.



- On sélectionne le bloc d'organisation **OB1** (s'il n'est pas déjà sélectionné). On choisit le langage de programmation **CONT**. On confirme les sélections avec **Suivant**.



- Enfin on de projet on valide

choisit un nom « station de traitement » et

ii. Configuration matérielle :

C'est une étape importante, qui correspond à l'agencement des châssis, des modules et de la périphérie décentralisée. Les modules sont fournis avec des paramètres définis par défaut. Une configuration matérielle est nécessaire pour :



- Modifier les paramètres ou les adresses pré-réglées d'un module,
- Configurer les liaisons de communication.

Le choix du matériel SIMATIC S300 avec une 313C-2DP nous conduit à introduire la hiérarchie suivante :

On commence par le choix du châssis selon la station choisie auparavant, Pour la station SIMATIC S300, on aura le châssis « RACK-300 » qui comprend un rail profilé.

La « CPU 313 C-2DP », qui contient 16 entrées numériques (DI) et 16 sorties numériques (DO), est impérativement mise à l'emplacement n°2.

L'emplacement n°3 est réservé comme adresse logique pour un coupleur dans une configuration multi-châssis.

Pour faire la configuration matérielle, on clique sur « Matériel ». Une autre figure qui nous montre notre configuration matérielle.

The screenshot shows the hardware configuration window for a SIMATIC S300 station. The top part shows a rack configuration table with the following data:

| Emplacement | Module |
|-------------|---------------|
| 1 | PS 307 5A |
| 2 | CPU 313C-2 DP |
| X2 | DP |
| 2.2 | DI16/DO16 |
| 2.4 | Comptage |
| 3 | |
| 4 | |

The bottom part shows a detailed table for the selected modules:

| Emplacement | Module | Référence | Firmware | Adresse MPI | Adresse ... | A... | C... |
|-------------|---------------|---------------------|----------|-------------|-------------|--------|------|
| 1 | PS 307 5A | 6ES7 307-1EA00-0AA0 | | | | | |
| 2 | CPU 313C-2 DP | 6ES7 313-6CE00-0AB0 | V1.0 | 2 | | | |
| X2 | DP | | | | 1023* | | |
| 2.2 | DI16/DO16 | | | | 124...125 | 124... | |
| 2.4 | Comptage | | | | 768...769 | 768... | |
| 3 | | | | | | | |

iii. Programmation

La table des Mnémonique :



Après avoir saisi la table de la mnémonique on aura la figure ci-dessous :

a
col
onn
e «
mn
ém
oni
que
»
doit
con
teni
r
une
des
cri
ptio
n
sim
ple
de
la
var

| Etat | Mnémonique | Opérande | Type de données | Commentaire |
|------|------------------------|----------|-----------------|---|
| | AR | A 0.6 | BOOL | activation des resistances de chauffage |
| | ARRET OU MARCHE | A 1.3 | BOOL | arret ou marche |
| | ARRET_URGENCE | A 1.4 | BOOL | arret urgence |
| | ARU | E 1.2 | BOOL | bouton bousoir de l'arret urgence |
| | AV | A 0.5 | BOOL | activation du ventilateur |
| | B1 | E 0.1 | BOOL | présence de piston au poste de graphitage |
| | B2 | E 0.3 | BOOL | présence de piston devant la porte du sécheur |
| | B3 | E 0.4 | BOOL | présence de piston dans la chambre du sécheur |
| | BP_ARRET | E 1.1 | BOOL | boton pousoir arret |
| | BP_STARTE | E 0.0 | BOOL | boton pousoir starte |
| | CB | A 1.1 | BOOL | capteur niveau bas |
| | CH | E 0.5 | BOOL | capteur niveau haut |
| | F1 | E 0.6 | BOOL | détecteur du panier au niveau de l'élévateur |
| | F2 | E 0.7 | BOOL | détecteur du panier au niveau de l'élévateur |
| | FP | A 0.4 | BOOL | fermeture de la porte |
| | générale | OB 1 | OB 1 | bloc d'organisation générale |
| | GR | A 0.2 | BOOL | graphitage |
| | M_OP | M 0.0 | BOOL | mnémonique de l'ouverture de la porte |
| | marche arret | FC 4 | FC 4 | fonction de marche et arret |
| | OP | A 0.3 | BOOL | ouverture de la porte |
| | PF | E 0.2 | BOOL | porte fermée |
| | ROTATION_SUPORT | A 0.1 | BOOL | rotation support |
| | ROTATION_TOUPIE | A 0.0 | BOOL | rotation toupie |
| | Sécheur | FC 2 | FC 2 | fonction Secheur |
| | sécurité de la machine | FC 3 | FC 3 | fonction sécurité de la machine |
| | Toupie | FC 1 | FC 1 | fonction Toupie |
| | VE- | A 1.0 | BOOL | recul vérin élévateur |
| | VE+ | E 1.0 | BOOL | avance vérin élévateur |
| | VOYANT_Rouge_ARU | A 1.6 | BOOL | voyant rouge arret urgence |
| | VOYANT_VERT | A 1.7 | BOOL | voyant vert RS |
| | VOYANT_VERT_START | A 1.5 | BOOL | voyant vert start |
| | VS+ | A 0.7 | BOOL | avance vérin sécheur |

Tableau 14: table mnémonique

iabl

e. On indique dans la colonne « opérande » l'adresse de la variable (E pour une entrée, A pour une sortie...). Le logiciel donne le type de données dans la colonne suivante (ici « BOOL » pour booléen, c'est-à-dire binaire).

iv. Les réseaux des blocs

La partie programme utilisateur est composée de « blocs » dans Step7. Le programme contient un bloc nommé « OBI » : « Organisation Bloc n°1 ». Il s'agit en quelque sorte du programme principal qui sera chargé d'appeler les éventuels « sous programmes » qui pourront être des fonctions ou des blocs fonctionnels FC1 FC2 FC3 FC4 comme le cas échéant. (Voir les annexes). On fait l'appel des programmes dans le bloc d'organisation OBI.

4. La simulation de la station

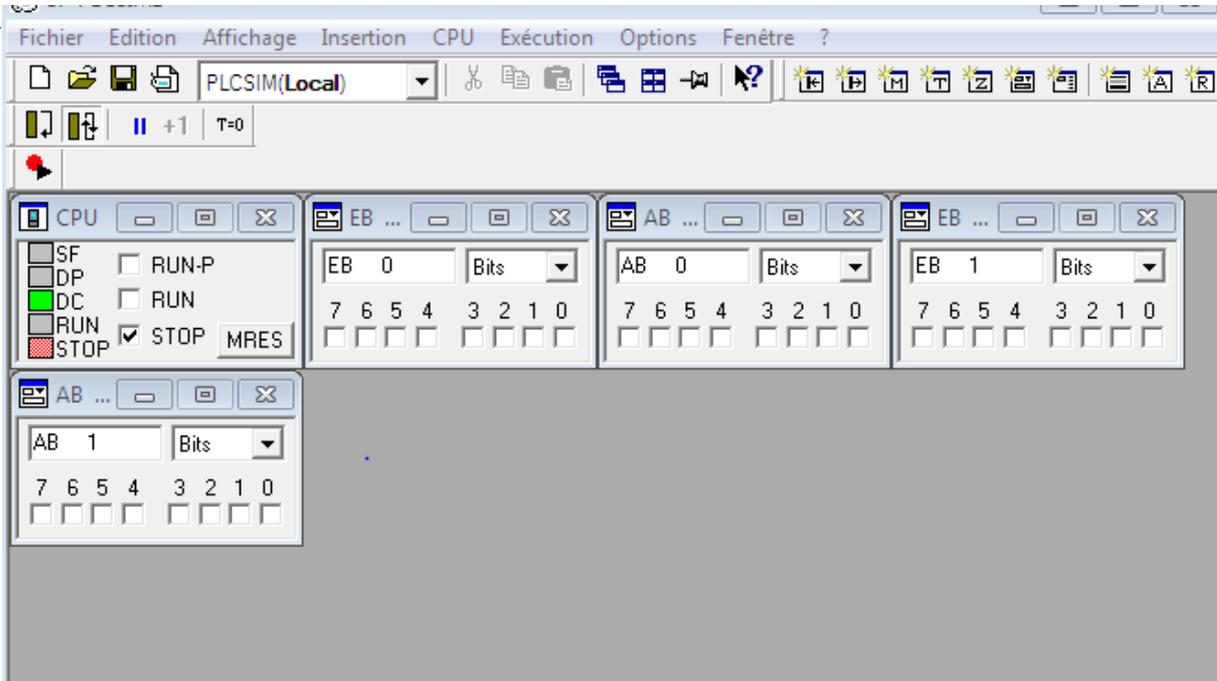
La simulation sur PLCSIM

Pour tester le programme sans connecter le PC à un automate, il suffit d'activer le simulateur. Tous les accès à l'interface de l'automate sont simulés de manière interne par le logiciel de simulation S7-PLCSIM.



Pour lancer PLCSIM, il faut que le Simulateur 'soit activé.

VIII



émarrage du moteur électrique et arrêt d'urgence:

1. Schéma de démarrage du moteur électrique de la Graphiteuse de pistons:

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau. Le moteur est commandé par un bouton marche et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire.

Le schéma de puissance est constitué principalement d'un sectionneur, d'un contacteur et d'un relais thermique. Dans le cas d'une partie commande en basse tension comme montré sur le schéma de commande, il faut ajouter un transformateur (mono 230V ou mono 400V) et ses protections. Ce montage est aussi équipé de voyants (optionnels).

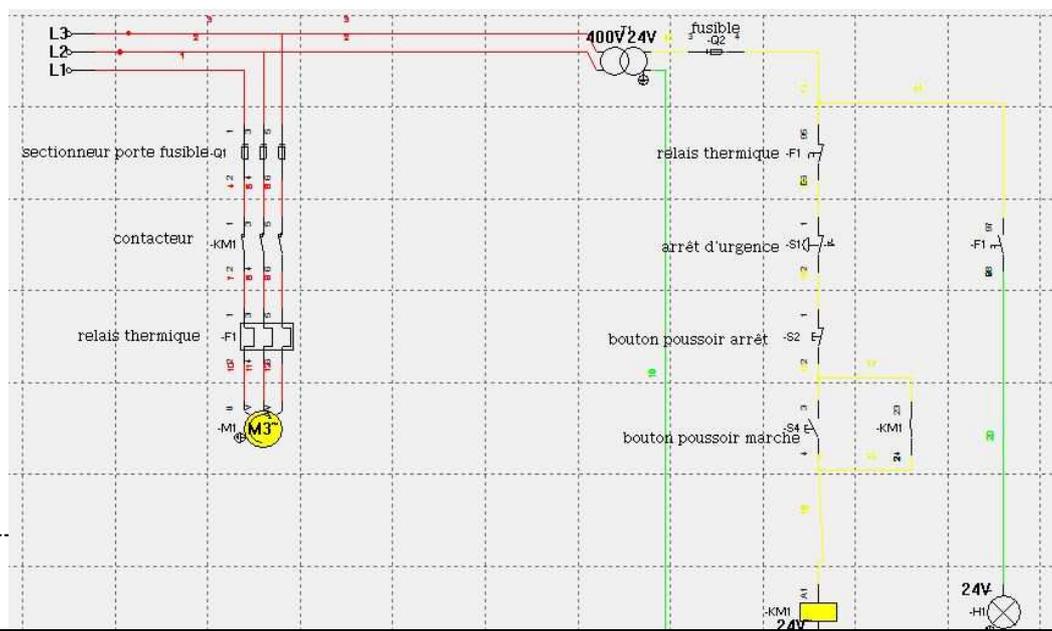


Figure 86: schéma de puissance et schéma de commande



2. branchement arrêt urgence électrique:

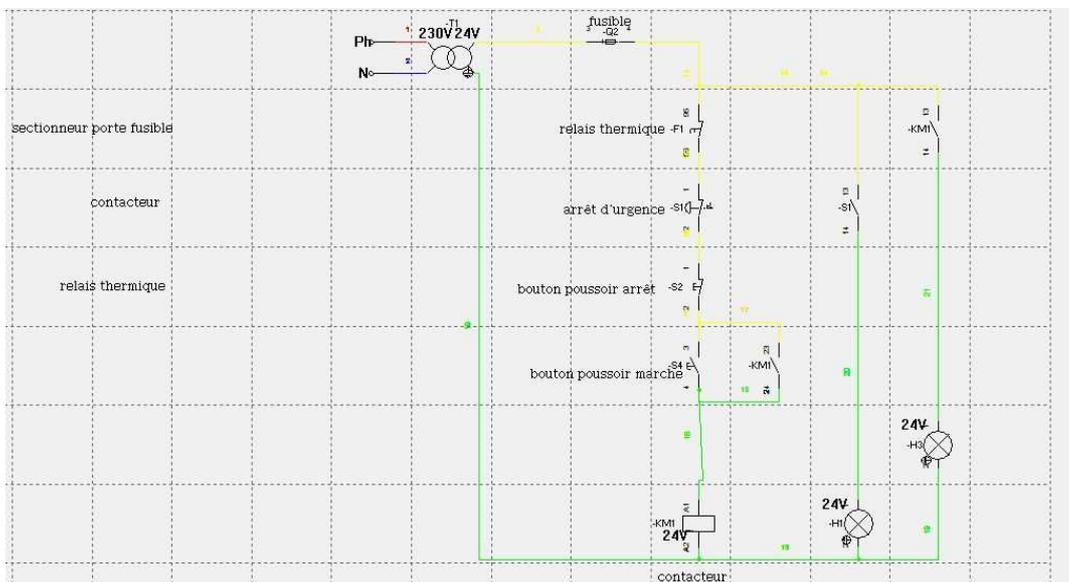


Figure 87: arrêt urgence électrique



Conclusion générale et perspectives

Le travail que nous avons réalisé dans le cadre de ce Projet de Fin d'Etudes nous a été très bénéfique. En effet, il nous a permis d'une part de nous intégrer dans le milieu industriel, et d'autre part d'établir des relations avec les professionnels confirmés dans le domaine d'industrie d'automobile.

A l'issue de ces quatre mois de travail, nous avons concouru les différentes étapes de réalisation d'un projet industriel, et ceci partant de l'établissement du cahier des charges pour effectuer l'étude et la conception. Ensuite nous avons mis en place les différentes solutions possibles à réaliser par la suite.

Dans ce projet nous avons conçu une graphiteuse des pistons automatisée qui permet de mettre une couche de graphite sur la jupe du piston. Les signaux issus des capteurs sont conditionnés par un automate programmable, assurant le contrôle permanent des paramètres de décapage.

En guise de conclusion, la Société Marocaine des fonderies du nord « Floquet-Monopole » Maroc-FES a étudié la possibilité d'adopter notre solution et nous espérons que notre nouvelle machine sera d'une grande utilité.



Bibliographie

- *La norme AFNOR X50-151*
- *La norme NF X 60-010*
- *La norme ISO-VDMA*
- *La fiche de données de sécurité N° 1907/2006 (SECTION 8- Contrôles de l'exposition/protection individuelle, au niveau des Contrôles de l'exposition).*
- *Guide de calcul en mécanique, hachette, 2003 du D. Spenlé et R. Gourhant*
- *Guide de mécanique Sciences et techniques industrielles, Nathan*
- *Catalogue des moteurs asynchrones pour sinamics S120 du Siemens*
- *Processing station, Frank Ebel, Markus Pany, DIN EN 60848.*
- *Grafset, IEC/CEI 60848, cours de Raymond Philippe.*
- *Automates programmables, MEC-743, cours de Martin Viens, Ecole supérieur de technologie*
- *Automates programmables industriels, cours de Philippe LE BRUN, Strasbourg, Décembre 1999.*
- *Systèmes d'apprentissage pour l'automatisme, Lucas-Nülle, Lehr- und Meßgeräte GmbH*

Webographie

- http://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel.
- <http://www.festo-didactic.com/fr-fr/>.