

RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Thème :

AMELIORATION DU SYSTEME DE PRECHAUFFAGE DES ELEMENTS TOURNANTS DE FREINAGE

Présenté par :

Hammani Nadia

Encadré par :

- Pr. Janati Idrissi Khalid

Département Génie Mécanique, FST Fès

- Mr. Guaou Abdelfettah

Encadrant de la société Floquet Monopole

Effectué à : Floquet Monopole

Soutenu le : 19/07/2022

Devant le jury :

• Pr. Janati Idrissi Khalid	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. Moutaouakkil Imane	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. El Aouni Youssef	Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Année Universitaire : 2021-2022

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A mes parents aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Surtout à ma plus chère du monde, à ma femme dont je suis fier d'être sa fille a mère madame Zineb KRHISS parce qu'elle était mon école, mon enseignante, ma conseillère, mon soutien continuel...

A mes profs et encadrant qui nous ont prodigues de conseils et de sagesse pour réussir notre parcours et consolider notre formation. je vous remercie pour vos encouragements et votre entière disponibilité.

A notre Faculté qui nous a donnée l'occasion d'acquérir une formation professionnelle.

Toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

REMERCIEMENT

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport par des remerciements, à ceux qui m'ont beaucoup appris cours de ce stage de fin d'étude.

J'adresse mes remerciements, avec une mention spécial, au professeur **Mr. Khalid JANATI IDRISSI** · Mon encadrant qui a suivi et a su orienter ce travail et qui avait toujours une montagne d'idées·je le remercie aussi pour tout le temps qu'il nous a consacré et tous les conseils qu'il nous a prodigué durant la période de ce stage· , pour son aide à tout moment, ses nombreuses bonnes idées, sa bonne humeur de tous les jours et la confiance qu'il m'a accordée pour réaliser ce travail,

Je tiens également à remercier mon maître de stage au sein de l'entreprise Floquet monopole M ·Ingénieur **ABDEL FETTAH GUAOU** pour leur conseil, le partage et leur expérience professionnelle, la transmission de leur méthode de travail· Il a su montrer patient pour répondre à mes nombreuses questions·

Mes remerciements vont également à l'ensemble du personnel de Floquet Monopole

pour la remarquable collaboration, leur aide et leur soutien pendant toute la période de stage

Je tiens aussi à remercier nos collègues de GMPr d'avoir rendu cette année très agréable· Je ne peux terminer sans témoigner notre gratitude à tout le corps professoral de la filière GMPr de la FST-Fès pour avoir su sacrifier leurs temps pour partager avec nous leur savoir et leur connaissance durant notre formation·

Table des matières

Introduction générale	1
I. Présentation générale du projet :	3
1. Généralité sur la société floquet monopole :	3
2. Historique :	3
3. Clients :	4
4. Renault :	4
5. La fiche technique de Organisation technique de la FMI :	5
a. Organigramme :	5
b. Présentation des services :	6
II. Présentation des produits de l'entreprise :	7
1. Les disques freins :	7
2. Les moyeux tambour :	8
III. Présentation du projet :	12
1. Cahier de charge :	12
a. Contexte du projet :	12
b. Les acteurs du projet :	12
c. Les objectifs d'étude :	12
d. Besion exprimé :	12
e. Contrainte du projet :	13
2. Démarche du travail adoptée :	14
3. Planification du projet :	15
4. Conclusion :	16
I. Etude des techniques actuelles :	18
1. Description d'opération 100 protections peinture :	18
2. Décomposition du convoyeur de préchauffage :	19
3. Décomposition du convoyeur de séchage :	19
II. Les défauts de peinture :	20
1. Diagnostic et problématique :	22
2. Analyse Pareto :	23
3. Clarification du problème par la méthode QQQQCP :	24
4. Problématique :	24
III. Analyse fonctionnelle :	25

1.	Diagramme de bête à corne :	25
2.	Diagramme pieuvre (graphe des interactions) :	26
3.	Méthode FAST (Function Analysis System Technic):	27
IV.	Les techniques de chauffage actuelle :	29
1.	La technique de préchauffage :	29
2.	La technique de séchage :	29
I.	Les techniques de chauffages :	31
1.	Chauffage par infrarouge :	31
a.	IR court.....	31
b.	IR moyens	31
c.	IR longs.....	31
3.	Comparaison entre les deux procédés de chauffage :	32
4.	Les techniques de séchage industrielle :	33
Conclusion :		33
5.	Deux propositions pour le type d'infrarouge possible dans notre cas :	34
a.	L'infrarouge à gaz naturel	34
b.	Chauffage radiant électrique	34
6.	Caractéristiques physiques et mécanique de la fonte grise GL :	35
a.	Présentation du matériau fonte grise GL 11 :	35
b.	Caractéristiques physiques GL :	36
c.	Caractéristiques mécaniques GL :	36
7.	Calcul du temps de cycle :	37
II.	Simulation thermomécanique sur Abaqus :	38
Introduction.....		42
I.	Choix du moteur électrique et du réducteur de vitesse :	42
1.	Coefficient de frottement μ_s :	43
2.	Calcul du couple résistant C_r :	44
3.	Calcul de La vitesse de rotation de la roue :	44
4.	Calcul du ratio :	44
5.	Calcul du couple moteur C_m :	44
6.	Calcul de la Puissance mécanique p_m :	44
II.	Calcul des efforts appliqués :	45
1.	Tension utile :	45
2.	Tension due à la force centrifuge :	45
3.	Rupture de la chaine :	45
III.	Dimensionnement chaine-roue dentée :	45

1. Choix de la chaine :	45
a. Calcul de la puissance effective P :	46
b. Détermination du nombre de dents du pignon :	47
c. Choix de la chaine du convoyeur :	47
d. Calcul de l'entraxe C :	50
e. Estimation de la longueur L de la chaine :	50
f. Calcul de la longueur exprimée en maillons (Lm) :	50
2. Dimensionnement de la roue dentée :	51
3. Choix du matériau :	54
4. Simulation sur ABAQUS :	55
a. Généralité sur ABAQUES :	55
b. Les étapes de simulation suivie sur abaqes :	57
d. Facteur de sécurité :	59
I. Etude des coûts du convoyeur d'op 100 :	61
1. Description du besoin en matériels mécanique :	61
2. Gain en temps :	62
3. Gain en espace :	62
Conclusion générale	63

Liste des figures

Figure 1:L'entrée du Floquet monopole	3
Figure 2:Echelle historique de FMI	4
Figure 3:La fiche technique	5
Figure 4:Organigramme de FMI	5
Figure 5:Zone de stockage des produits finis.....	7
Figure 6:Disque frein	7
Figure 7:A-Disque de frein plein B-Disque de frein ventilé.....	7
Figure 8:le moyeu tambour (MT ventilé-MT lisse)	8
Figure 9:Processus d'usinage du moyeu tambour	9
Figure 10:Machine EMAG de tournage.....	10
Figure 11: Analyse du besoin.....	13
Figure 12:les étapes de la démarche DMAIC	14
Figure 13:Planification du projet	15
Figure 14:Donnée techniques de cabines de préchauffage	18
Figure 15:Convoyeur de préchauffage.....	19
Figure 16:Convoyeur de séchage.....	20
Figure 17:Défauts de séchage (tache d'eau).....	21
Figure 18:Les composants de convoyeur de préchauffage	21
Figure 19:défaut de brillance	21
Figure 20:Diagramme de Pareto des risques.....	23
Figure 21:Diagramme bête a corne	25
Figure 22:Diagramme de pieuvre	26
Figure 23:Modèle de FAST	27
Figure 24:Diagramme de FAST du convoyeur de préchauffage	28
Figure 25:Chauffage de gaine	29
Figure 26:Installation de chauffage de gain à 'intérieur de convoyeur de préchauffage	29
Figure 27:Séchage par ventilation d'air chauffé 'séchage par la chaleur'	29
Figure 28:Fonctionnement de l'infrarouge a gaz naturel.....	34
Figure 29:Chauffage radiant électrique.....	35
Figure 30:Etape step sur Abaqus	38
Figure 31:Choix du type de chauffage	38
Figure 32:Détermination du temps de chauffage	38
Figure 33:Determination de l'émissivité de la fonte grise.....	39
Figure 34:Le résultat final.....	39
Figure 35:Les conditions initiales	39
Figure 36:la Courbe(temps-température).....	40
Figure 37:Tambour TV8 sur SolidWorks	42
Figure 38:Tambour MT8 sur SolidWorks.....	42
Figure 39:Le poids de TV8	42
Figure 40:le poids de MT8.....	42
Figure 41:Choix du pas de la chaine	46
Figure 42:Les types de la chaine d'accumulation.....	47
Figure 43:Les dimensions de la chaine 08B	48
Figure 44:La géométrie de la chaine 08B	48

Figure 45:Les axes et les plaques intérieurs.....	49
Figure 46:Rouleau.....	49
Figure 47:Rouleau convoyeur.....	49
Figure 48:Rondelle plate.....	50
Figure 49:Montage correct de la chaine.....	51
Figure 50:Assemblage des composants de la chaine sur SolidWorks	51
Figure 51:Esquisse de la roue dentée sur SolidWorks	52
Figure 52:La démarche de conception suivie.....	52
Figure 53:Modélisation sur SolidWorks	53
Figure 54:Assemblage roue-chaine.....	53
Figure 55:La position du TV8 sur la chaine du convoyeur.....	53
Figure 56:Assemblage finale sur SolidWorks.....	54
Figure 57:Procédure d'analyse numérique	56
Figure 58:Les phases suivies pour résoudre les problèmes en éléments finis.....	56
Figure 59:L'étape LOAD sur Abaqus	57
Figure 60:Etape mesh (maillage quadratique).....	58
Figure 61:Résultats obtenus par Abaqus (contrainte de Von Mises).....	58

Liste des tableaux

Tableau 1:Ressources outils.....	16
Tableau 2:Les composants de convoyeur de préchauffage.....	19
Tableau 3:Les composants de convoyeur de séchage.....	20
Tableau 4:Les modes de défaillances par ordre décroissant.....	22
Tableau 5:Description des fonctions de diagramme pieuvre.....	27
Tableau 6:Caractéristiques de chauffage de gaine.....	29
Tableau 7:Les avantages et les inconvénients de l'infrarouge.....	32
Tableau 8:Les avantages et les inconvénients de la convection.....	32
Tableau 9:Comparaison entre les techniques de séchage industrielle.....	33
Tableau 10:Les caractéristiques physiques de la fonte grise.....	36
Tableau 11:Les caractéristiques mécaniques de la fonte grise GL.....	36
Tableau 12:Coefficient de frottement.....	43
Tableau 13:Facteur de service Ks.....	46
Tableau 14:Choix de la rondelle (ajustement avec serrage avec l'axe).....	50
Tableau 15:Valeur normalisées du module m.....	51
Tableau 16:Caractéristiques mécaniques du tube carré en acier 40*40*2.....	55
Tableau 17:Besion en matériels mécanique.....	62

Abréviations

Fst F : Faculte des sciences et technique

FMI : Floquet monopole de l'industrie

TV8 : Tambour ventile

MT8 : moyeu tambour

DMAIC : Définir, mesurer, analyser, améliorer et contrôler

ISO : International Organizations for Standardization

FAST :Function Analysis System Technic

Introduction générale

L'industrie automobile est un secteur développé au Maroc qui bénéficie, depuis toujours, d'une attention particulière des sphères sociale et économique. Ce dernier est parmi des secteurs les plus organisés et les plus productifs au Maroc qui se caractérise par l'intervention des entreprises dans plusieurs domaines de compétence.

De ce fait, mes efforts durant ce projet, portent sur l'étude et l'amélioration du système de préchauffage des éléments tournants de freinage, en se basant sur les principes de la démarche DMAIC pour résoudre les problèmes. Pour ce faire, le présent rapport comporte cinq grands chapitres présentant la démarche suivie pour la réalisation de ce projet.

Le premier chapitre décrit dans un premier temps l'organisme d'accueil au sein de laquelle ce stage s'est déroulé, en présentant aussi le processus de fabrication des tambours et les disques de frein, l'organigramme de l'entreprise, on traitera dans un deuxième temps le cahier de charge du projet, son objectif et le planning de mon travail.

Dans le deuxième chapitre je vais faire un diagnostic de notre problématique à l'aide de diagramme Pareto et la méthode QQQCP et aussi je vais étudier les techniques actuelles utilisées dans l'usine Floquet monopole et je vais décomposer notre système en utilisant l'analyse fonctionnelle pour bien définir leurs composants.

Dans le troisième chapitre on va améliorer la technique de préchauffage et séchage en changeant la l'ancienne technologie par une autre nouvelle avec une simulation dans Abaqus.

Dans le quatrième chapitre je vais faire une étude dynamique pour choisir un motoréducteur et aussi dimensionner la chaîne et la roue dentée de notre convoyeur avec une simulation de la piste de convoyeur sur Abaqus et finalement réaliser la conception sur SolidWorks.

L'objectif de dernier chapitre est de déterminer les gains et les bénéfices qui peuvent apporter ce projet pour l'usine Floquet monopole.

Enfin, ce rapport sera clôturé par une conclusion générale.

Chapitre 1 :
Présentation générale
du projet

I. Présentation générale du projet :

1. Généralité sur la société Floquet monopole :

Floquet Monopole 'FM' a démarré son activité en 1981 en misant 35 millions de DH dans son usine qui s'appelait à l'époque 'Fonderie du Nord'. Ses fondateurs (les familles Laraoui et Tazi, étaient connues plutôt dans l'agriculture, les transports, et l'entrepreneuriat) se lançaient ainsi dans un domaine très technologique et trop risqué. Floquet Monopole est la première entreprise de l'écosystème automobile dans la région Fès Meknès. Située dans la zone industrielle de Sidi Brahim, à Fès. Floquet Monopole est certifiée ISO 9002 depuis 1997. Au début, l'entreprise fabriquait des pistons sous licence FM. La marque appartenait à une multinationale américaine appelée 'Dana'. Ce dernier leader des équipementiers mondiaux et alimentait les chaînes de montage de plusieurs constructeurs automobiles dans le monde.

Actuellement, la firme produit des pièces de première monte disque et tambour frein, grâce à une technologie de pointe. Ses principaux clients sont Renault et PSA, avec qui elle réalise un chiffre d'affaires de plus de 300 millions de DH.



Figure 1: L'entrée du Floquet monopole

2. Historique :

- SMFN 1981 : Création de la Société Marocaine des Fonderies du Nord, Spécialisée dans la fabrication des pistons en Aluminium.
- En 1999, rachat Nom commercial de Floquet Monopole, conception et développement :
- Depuis Mai 1999, SMFN est devenu unique propriétaire de la marque de Floquet Monopole France.
- À partir de 2015 : Diversification des activités hors pistons, chemises et axes vers des

métiers d'usinage et assemblage des éléments tournants Avant (disques de freins) et arrière (moyeux tambour et tambour). En parallèle

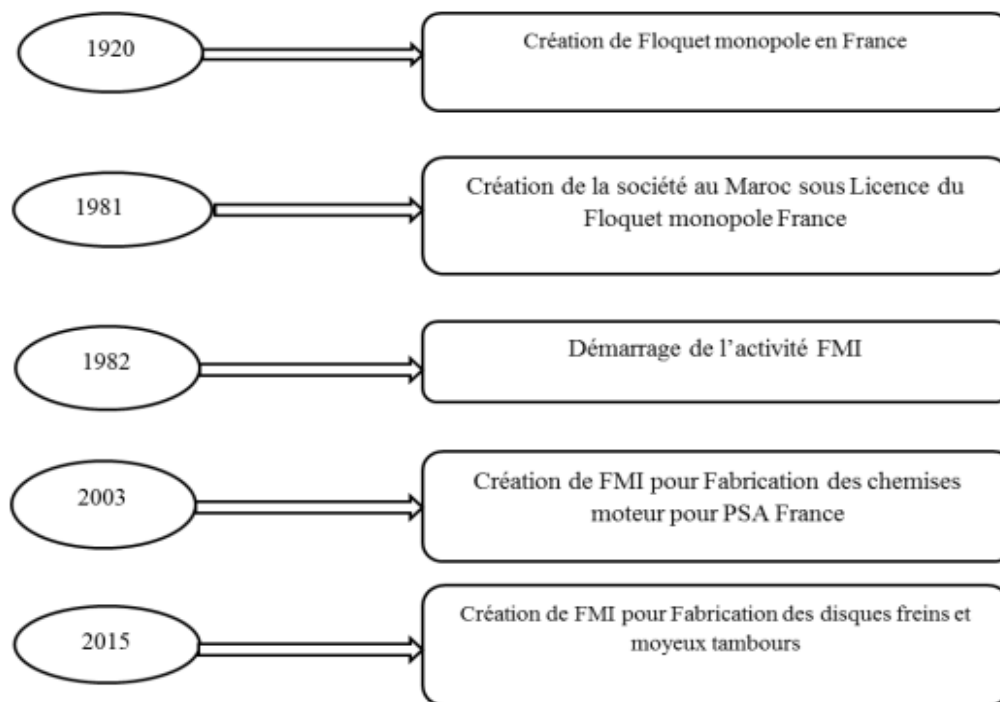


Figure 2: Echelle historique de FMI

3. Clients :

Le groupe FMI a réalisé plusieurs projets avec de grands constructeurs de l'automobile. En 1999, il a signé son premier contrat en OEM avec PSA Peugeot Citroën. Et en 2003, il a paraphé un contrat très important avec PSA de fourniture de chemises de moteur dans le cadre de l'externalisation d'une usine de Sochaux, ici, à Fès, qui s'est poursuivi, en 2005, par la fabrication d'autres modèles de chemises, que nous livrions directement à La Française de Mécanique, à Lille, pour alimenter les chaînes de montage.

4. Renault :

L'arrivée de Renault, en 2015, a pérennisé la société. Selon le DG Mohammed Laraqui, cela représentait un exploit et aussi une fierté, d'avoir pu entrer dans le panel des fournisseurs de Renault, car cela révélait la capacité du groupe à produire pour un constructeur mondial. Avec Renault, le groupe réussit à signer un contrat qui stipulait la livraison également des pièces de châssis, et notamment des disques de frein. Il a créé trois lignes de production dédiées pour le groupe Renault, afin d'alimenter leurs chaînes de montage de l'usine de Tanger et de Renault Somaca.

5. La fiche technique d'organisation de la FMI :

a. Organigramme :

Raison Sociale : Floquet Monopole Industrie de précision (FMI).
Forme : Société Anonyme (SA)
Date de création : 1981
Siège : Quartier Industriel Sidi Brahim, Lot 59, Rue 813 Fès-Maroc
Activités : Fabrication des éléments de frein à disque et moyeu tambour
Capital : 20 800 000 DHS
Chiffre d'affaire : 80 000 000 DHS
Email : fm@floquetmonopole.co.ma
sales@floquetmonopole.co.ma
Téléphone : 05 35 64 26 91 / 05 35 64 28 69

Figure 3:La fiche technique

La Société est divisée en plusieurs services dont chacun remplit des tâches bien précises et l'ensemble contribue à optimiser les conditions de production et la qualité du produit.

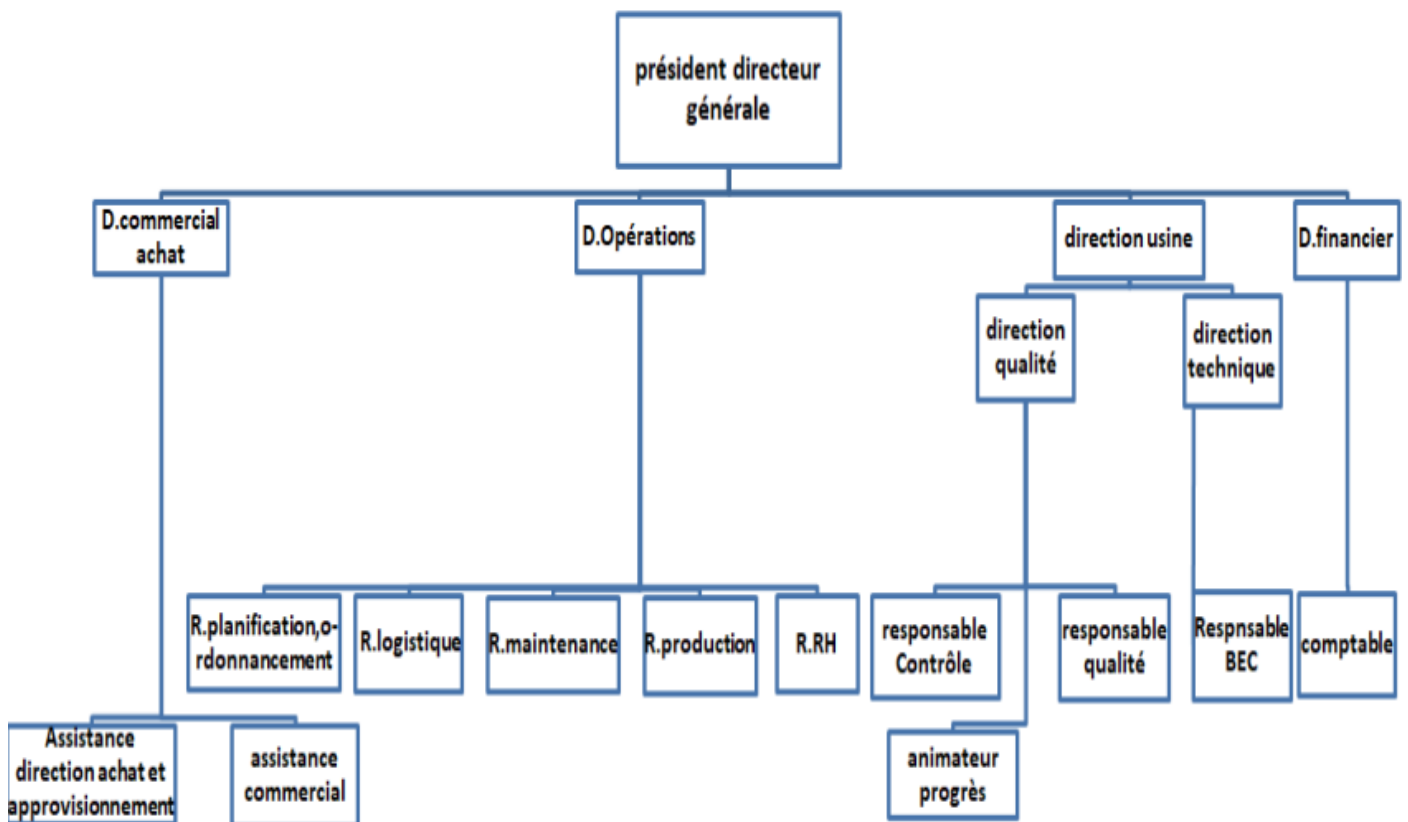


Figure 4:Organigramme de FMI

b. Présentation des services :

La société est constituée de plusieurs services qui assurent le bon déroulement des procédés de fabrication et de contrôle, parmi ces services en trouve :

Le bureau de méthode

Ce service a pour but de définir et de préciser chaque étape de production en utilisant les outils C.A.O. Parmi ses objectifs on peut citer l'établissement des gammes usinage, l'établissement des fiches techniques, l'établissement des plans des outillages de fabrication et de contrôle et la définition des montages d'usinage des paramètres du processus.

Le bureau d'étude et de développement

Il sert à étudier un mécanisme, à concevoir le fonctionnement, à choisir les matériaux constitutifs, à préciser les formes, les dimensions et l'agencement en vue de la fabrication.

Le service maintenance

Ce service assure le bon fonctionnement des moyens de fabrication. Il permet aussi la réalisation des interventions sur les moyens de fabrication, l'établissement d'une fiche après chaque panne, réalisation des interventions sur les moyens de production, l'établissement des dossiers des machines.

Le service qualité

C'est un service qui assure le bon fonctionnement grâce à ses caractéristiques qui lui donnent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites. Ces besoins peuvent évoluer avec le temps, ceci implique la révision périodique des exigences pour la qualité. Les besoins peuvent inclure, par exemple les aspects de performances, de facilité d'emploi, de sûreté de fonctionnement, de sécurité, des aspects économiques et esthétiques.

Le service contrôle et métrologie

A chaque étape du processus, des contrôles fréquents sont effectués au cours de chaque opération. Le laboratoire de contrôle véhicule, par sondage, dans des lots de pièces finis ou en cours de fabrication. Tous les disques qui sont non conformes passent obligatoirement par le laboratoire métrologique pour un autre test.

Service production

C'est un service qui s'occupe du positionnement réel dans le temps des dates de début et de fin des opérations (ou groupes d'opérations) afin de tenir les délais de fabrication.

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



Figure 5:Zone de stockage des produits finis

II. Présentation des produits de l'entreprise :

1. Les disques freins :



Figure 6:Disque frein



Figure 7:A-Disque de frein plein B-Disque de frein ventilé

Le disque de frein est la partie centrale du système de freinage. Fixé sur le moyeu de la roue, il est également relié à des plaquettes (elles-mêmes juxtaposées à des pistons) qui vont venir frotter le disque de chaque côté en cas d'activation du mécanisme. Il y a deux types de disques de freins plein et ventilé. La différence entre eux est assez simple, un disque plein est un disque pur et simple sans aucune particularité mais un disque ventilé ressemble à deux disques pleins superposés avec un espace entre eux pour améliorer le refroidissement. Le disque à frein a plusieurs avantages, parmi lesquels la résistance à la chaleur système antiblocage des roues, fonctionne à l'air libre ce qui lui permet d'évacuer la chaleur du freinage par ses deux faces .

2 .Les moyeux tambour :

Le tambour est entraîné par la rotation de la roue. Les mâchoires, situées à l'intérieur de ce tambour, sont liées par un ressort de rappel qui les empêche, quand le conducteur n'appuie pas sur la commande de freinage, d'entrer en contact avec le tambour. Ces mâchoires sont recouvertes d'une garniture composée d'un matériau de friction. Une fois que le frein est actionné, le piston vient pousser les mâchoires qui pivotent et entrent ainsi en contact avec le tambour en rotation, ce qui a pour action de ralentir le véhicule. C'est le ressort de rappel qui, en fin de freinage, permet d'éviter le blocage des roues en décollant les mâchoires du tambour.



Figure 8:le moyeu tambour (MT ventilé-MT lisse)

Processus de fabrication des moyeux tambour :

La gamme d'usinage comporte trois lignes dont les postes sont les mêmes à peu près pour ses différents produits (Disque et moyeux tambours), mais dans le cadre de mon projet je vais s'intéresser seulement à la ligne 2 où s'effectue l'usinage des 3 références moyeux tambours TV8 selon le processus suivant :

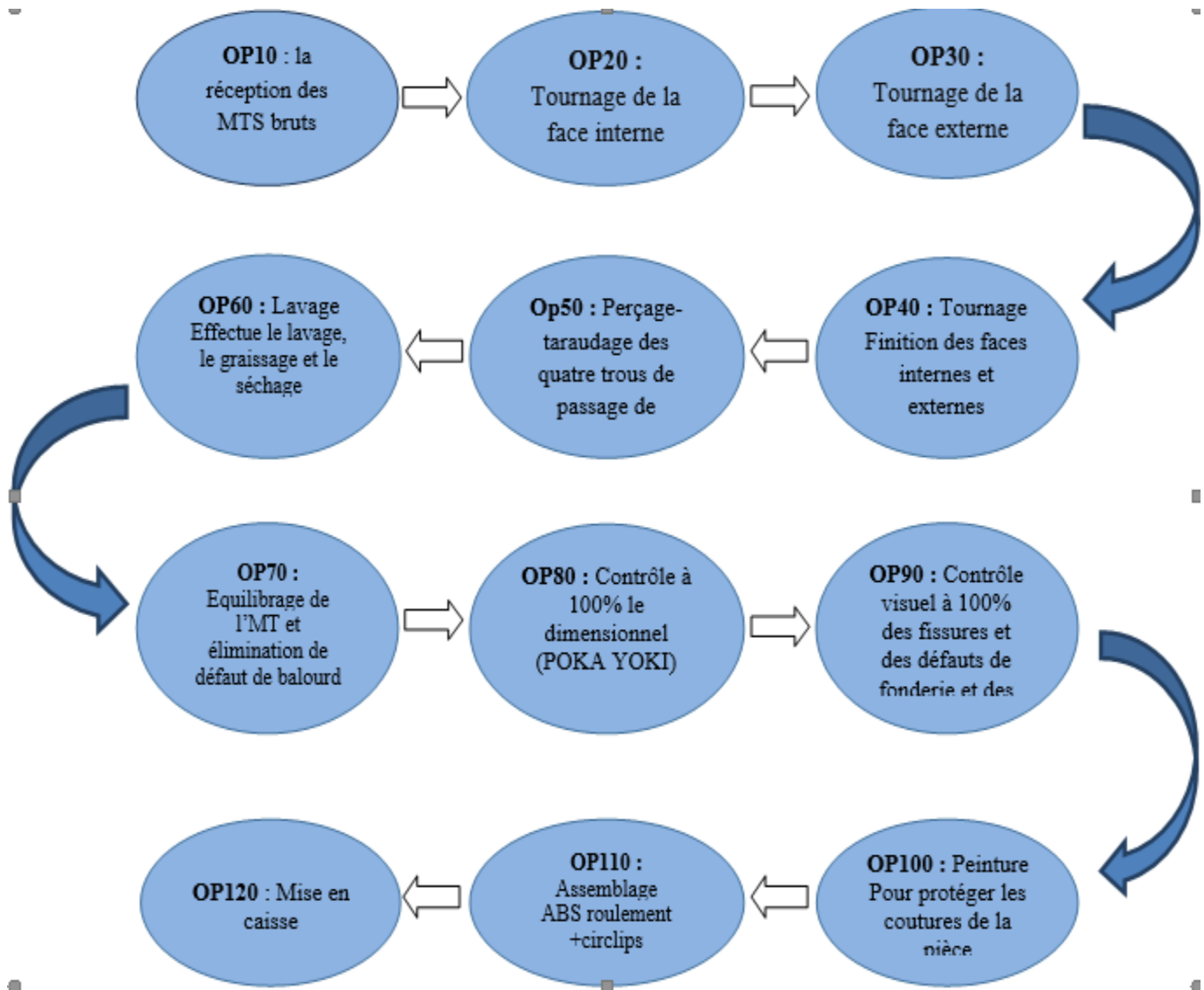


Figure 9:Processus d'usinage du moyeu tambour

- Réception de la matière première

La réception de la matière première, appelée OP10 au sein de l'usine, consiste à accueillir les lots des moyeux tambours bruts dès l'arrivée des camions de fournisseur. Une fois sur terrain, un contrôle à réception est ultime pour vérifier le nombre de lots. Une pièce par mille passe ensuite à la salle de métrologie pour servir à valider la conformité des matières premières. Un ordre de fabrication est finalement donné par le responsable magasin afin d'aboutir à la production.

- Tournage

L'opération de tournage, permet le lissage de la pièce suivant la surface choisie. On distingue trois machines sur l'OP20, l'OP30 et l'OP40 correspondant respectivement au tournage extérieur, tournage intérieur ébauche et tournage intérieur finition. Ces trois opérations ont pour but de gratter le moyeu tambour brut afin d'obtenir un lissage convenable avec les tolérances choisies.



Figure 10:Machine EMAG de tournage

-Perçage et taraudage :

Cette opération consiste à effectuer des trous taraudés (4 ou 5 trous selon la référence) sur le moyeu tambour à l'aide de la machine EMAG VL6 (OP50) qui contient un foret pour le perçage et un taraud pour le taraudage.

-Lavage

Sur l'OP60, trois étapes successives sont effectuées suivant un convoyeur électrique. La première consiste à dégraisser le moyeu tambour par l'utilisation d'un liquide à forte concentration de colle, la deuxième permet le lavage du moyeu tambour, de manière à enlever tout le liquide qui le recouvre et finalement la troisième qui permet le séchage du moyeu tambour.

-Equilibrage

Cette opération a pour but d'effectuer un équilibrage sur le moyeu tambour en le grattant pour permettre d'enlever le balourd. Cette opération est titrée OP70 dans l'usine.

-Contrôle SM-DIM-MA

Pour permettre la validation de l'équilibrage, un contrôle de tolérance géométrique est nécessaire. Ceci est effectué sur l'OP80, permettant de vérifier le moyeu tambour en affichant un message de conformité sur l'écran de la machine. Si tout va bien, la machine effectue un marquage sur le moyeu tambour, portant le logo du client, la référence, l'équipe, le diamètre maximum et la date. Par contre, Si celui-ci n'est pas conforme, il passe à la salle de métrologie pour subir quelques mesures.

-Contrôle visuel à 100%

Cette opération OP90 consiste à vérifier la présence de tous les éléments de marquage ainsi la conformité des trous taraudés à l'aide d'un tampon lisse et un autre fileté.

Peinture

Cette opération est effectuée sur l'OP 100, elle sert à protéger le moyeu tambour contre la rouille.

Assemblage

Dans cette opération OP 110, une presse automatique assure l'emmanchement du roulement et du codeur ABS ainsi que le montage du circlips sur le moyeu tambour.

-FireWall

C'est le poste final OP120 où se fait le contrôle final à 100% de la présence de toutes les étapes d'usinage, la vérification de l'aspect peinture et la lisibilité du marquage. Mise en caisse et magasin Les moyeux tambours ayant subi la dernière opération de la chaîne de production sont directement mis dans des plaquettes, le lot de 7 thermoformes est ensuite emballé pour rejoindre le stock de produits finis. Le responsable magasin effectue ensuite le contrôle des lots.

-Expédition

Des camions sont chargés plusieurs fois par semaine et sont obligés de suivre de difficiles trajets, c'est à ce titre que l'entreprise adopte une opération de matelotage pour garantir la sécurité des lots.

III. Présentation du projet :

1. Cahier de charge :

a. Contexte du projet :

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'études, durant lequel je suis censée réaliser un véritable projet industriel. Durant ce stage, je dois mettre en place mes connaissances acquises tout au long de mon cursus académique pour résoudre des problèmes internes et trouver des solutions pratiques.

b. Les acteurs du projet :

- ❖ **Maître d'ouvrage** : le maître d'ouvrage est la société Floquet Monopole Industrie
- ❖ **Maître d'œuvre** : Faculté des sciences et technique (FST F) représentée par : HAMMANI NADIA, étudiante en Filière Genie mécanique et productique GMPr
- ❖ **Acteurs relais** : Le projet a été réalisé sous le suivi et l'encadrement de :

Mr. KHALID JANATI IDRISSE : Encadrant pédagogique.

M ABDELFATTAH GAOU : Encadrant professionnel.

c. Les objectifs d'étude :

L'usine Floquet monopole connaît presque quotidiennement une augmentation des retouches et du rebuts dans les différents processus d'usinage des moyeux tamboures et des disques, ce qui reflète négativement sur la qualité des produits fabriqués, l'équilibre et le flux de travail.

En raison du volume de l'usine, j'ai décidée de me concentrer sur une seule ligne de production qui contient l'opération 100 « protection peinture ». Je constate que la référence TV8 est le produit le plus demandé par le client Renault et en même temps c'est la partie où le bureau d'étude se préoccupe d'améliorer la rentabilité de ce référence.

Ainsi, dans le cadre de ce projet, l'objectif principal de ce projet est consacré à une étude et analyse approfondie de notre problème et à proposer une solution efficace capable d'éliminer ou de réduire l'effet de ce problème

d. Besion exprimé :

Cette analyse consiste à identifier les spécifications de l'étude attendues par l'utilisateur. Il permet également d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer pour mieux répondre au cahier des charges. Pour cela, nous avons mis en place le schéma présenté dans figure 11 pour l'analyse des besoins.

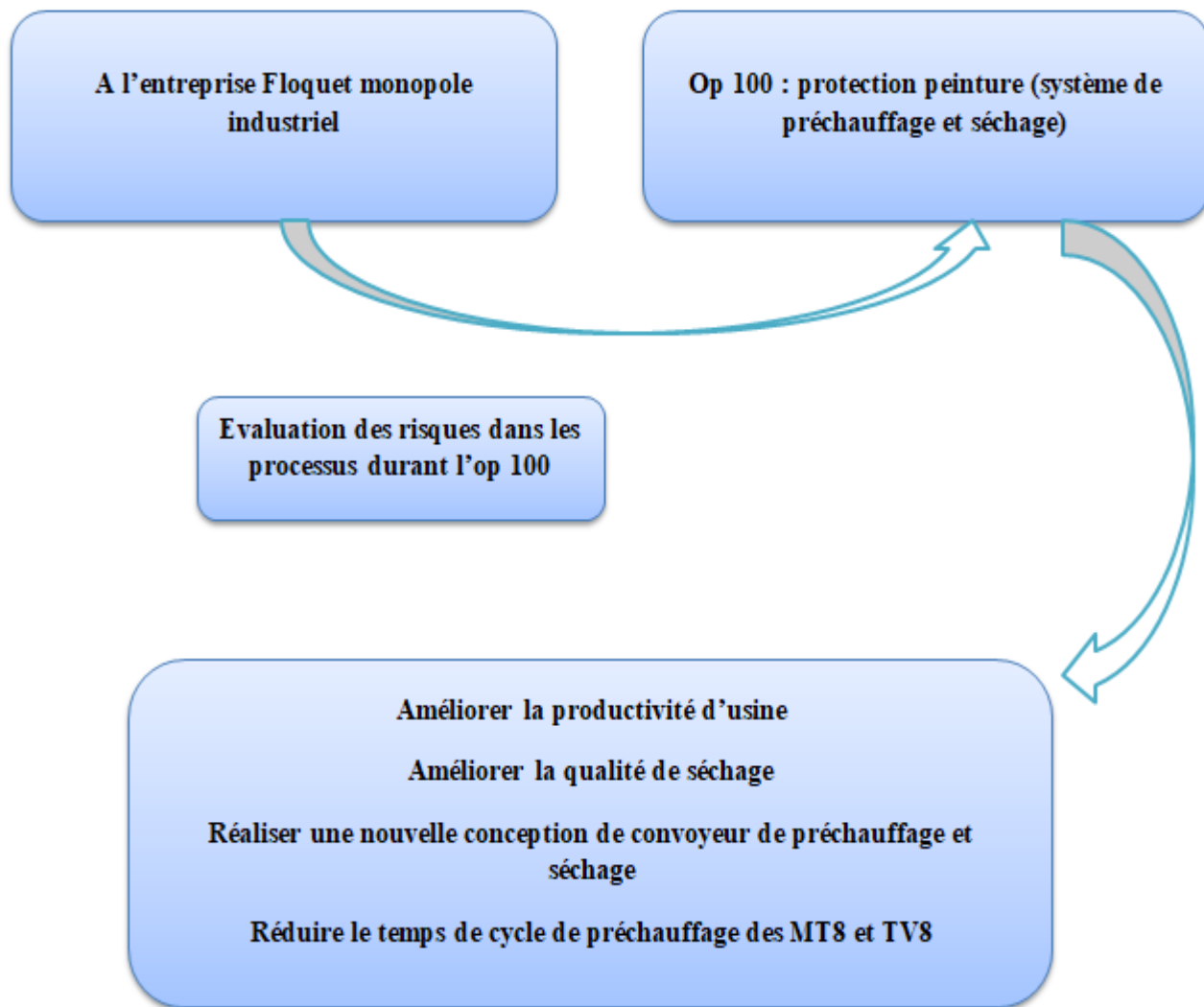


Figure 11: Analyse du besoin

e. Contrainte du projet :

Contraintes de temps : La durée de stage est insuffisante pour faire le suivi du plan d'action et des améliorations proposées.

2. Démarche du travail adoptée :

A fin de gérer mon projet je vais suivre la démarche DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve,Control). Le DMAIC est destiné à cadrer la résolution de problème et l'amélioration des produits et services dans les organisations. Il est composé de cinq étapes ordonnancées selon une logique qui peut sembler de bon sens, bien que cet enchaînement ne soit pas toujours respecté spontanément dans les faits :

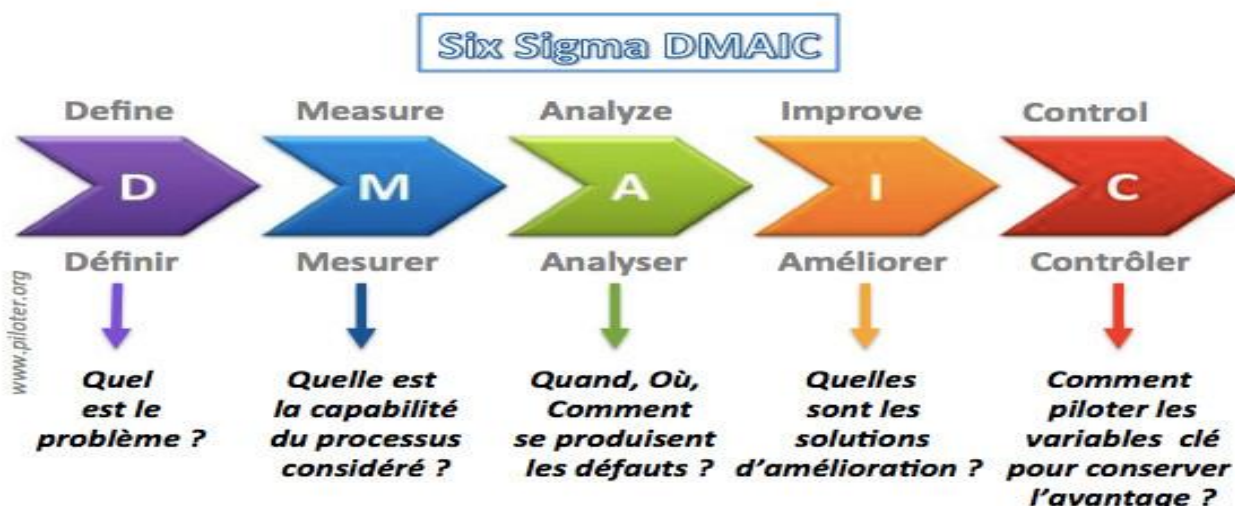


Figure 12:les étapes de la démarche DMAIC

✓ La première étape de la démarche DMAIC « **Définir** » :

Il consiste à définir et cerner la problématique, mettre les objectifs.

✓ La deuxième étape est la phase de « **Mesure** » :

l'étape du processus méthodologique de la démarche DMAIC adoptée lors de ce projet. Cette phase permet d'identifier la source des problèmes en construisant les connaissances sur les processus tels qu'ils sont en conditions opérationnelles. Elle consiste essentiellement à collecter des données dans le but de mieux quantifier les processus et comprendre la manière dont ils fonctionnent. Cette phase contribue à déterminer l'origine précise du problème et à obtenir des données fiables sur lesquelles est basée le reste de l'étude DMAIC, et plus particulièrement l'analyse au cours de la phase suivante.

✓ La troisième étape est « **Analyser** » :

Cette troisième phase du DMAIC est fondamentalement reliée à la précédente car elle consiste à analyser les données qui ont été recueillies au cours de l'étape de « mesure ». Grâce à ces données, il est plus facile de repérer la ou les sources du problème et de quantifier l'écart entre la situation présente et la situation souhaitée, notamment grâce à des outils graphiques et d'analyse qui permettent de mettre les écarts en évidence. Elle consiste essentiellement à Analyser des données dans le but de mieux comprendre les causes racines des dysfonctionnements. Cette phase contribue à détecter les failles et les possibilités d'amélioration du processus.

✓ La quatrième étape c'est « **Améliorer** » :

Innover ou Améliorer est la quatrième phase de la démarche DMAIC dans laquelle on balaye et on sélectionne les solutions possibles et les actions proposés pour améliorer le dysfonctionnement. Une multitude d'outils peuvent être utilisés, voir même des mises en place des procédures et des formations ciblés pour assurer une reproductibilité des bonnes pratiques et pérenniser les acquis.

✓ La cinquième étape c'est « **contrôler** » :

Pour vérifier et maintenir l'amélioration dans le temps et suivre la mise en place des actions proposées.

3. Planification du projet :

Afin de réaliser le projet dans les délais établis par la convention de stage, il faut définir les étapes essentielles et estimer le temps à consacrer pour chacune. Pour cela, j'ai utilisé le logiciel MsProject afin de représenter les différentes tâches et visualiser le planning à prévoir.

Voici donc le détail du travail à effectuer ainsi que son organisation :



Figure 13:Planification du projet

Ressources outils :

Logiciels	Fonction	Travail effectué
Solidworks	Logiciel CAO	Conception du convoyeur
Abaques	Logiciel CAO	Etude statique du pied de convoyeur et simulation thermique du MT8
Ms Project	Gestion du projet	Diagramme de gant

Tableau 1:Ressources outils

4. Conclusion :

Dans ce premier chapitre, j'ai présentée le groupe Floquet Monopole Fès au sein duquel j'ai éfectuée mon projet de fin d'études. J'ai également, le long de ce chapitre, élucider le processus de fabrication au sein de cette organisme ainsi que le contexte général,problématique, le cahier de charge et la planification de ce dernier.

Chapitre 2 :
Problématique et analyse
fonctionnelle

Introduction :

L'objectif de cette partie de mon projet est consacré à une étude critique des risques des composants d'opération 100(convoyeur, système thermique...), poser les problèmes, d'identifier les données disponibles. Pour cela je vais décrire les causes principales qui sont les causes critiques. Par la suite je vais faire une analyse pareto.

I. Etude des techniques actuelles :

La production des tambours passe par plusieurs opérations dans mes études Je vais concentrer juste sur l'opération 100 qui concerne la protection peinture.

1. Description d'opération 100 protections peinture :



Figure 14:Donnée techniques de cabines de préchauffage

Floquet Monopole est une entreprise qui fabrique des pièces d'automobile comme les disques et les tambours des freins après la réception des pièces brute les opérateurs suivent la gamme d'usinage qui contient plusieurs opérations parmi ces opérations on trouve l'opération 100 qui concerne la protection de peinture afin d'assurer cette étape ils ont recours au système de préchauffage et séchage car pour accélérer la vitesse de séchage, ils peuvent augmenter légèrement la température de la pièce avec du chauffage .

L'op 100 se compose des éléments suivants :

- *Le convoyeur de préchauffage
- *Le convoyeur de séchage
- * salle de préparation de peinture
- *La cabine de peinture
- *La table tournante
- *Armoire électrique
- *Le manipulateur

2. Décomposition du convoyeur de préchauffage :

D'après l'étude approfondie du convoyeur de préchauffage on peut constater qu'il se compose des éléments suivants :

Listes des principales composantes de convoyeur de Préchauffage
Chaine de convoyeur Les galets de la chaine Les coiffes Capteur présence pièce 2 Moteurs des résistances de chauffage Moteur réducteur 2 Résistances



Tableau 2:Les composants de convoyeur de préchauffage

Figure 15:Convoyeur de préchauffage

3. Décomposition du convoyeur de séchage :

D'après l'étude approfondie du convoyeur de séchage on peut constater qu'il se compose des éléments suivants :

Listes des principales composantes de convoyeur de Séchage
Capteur de proximité inductif Capteur présence pièce La chaine de convoyeur Les galets de convoyeur Moteur réducteur Ventilateur Les coiffes Support des coiffes Bouton poussoir



Tableau 3:Les composants de convoyeur de séchage

Figure 16:Convoyeur de séchage

II. Les défauts de peinture :

Presque quotidiennement au niveau d'opération 100 on peut avoir plusieurs défauts sur les moyeux tambour à cause de certains problèmes ces dernies peut devenir par suite des rebuts et cela reflète négativement sur la productivité de l'usine Floquet monopole. Parmi ces défauts on trouve :





Figure 17:Défauts de séchage (tache d'eau)



Figure 19:défaut de brillance



Figure 18:Les composants de convoyeur de préchauffage

Les causes des défauts de peinture sont diverses parmi ces défauts on trouve :

- Réglage défectueux du pistolet.
- Température trop basse de la peinture, du support ou de la cabine de peinture.
- Choix incorrect des durcisseurs et des diluants.
- Séchage insuffisant de la couche d'enduit dans les coins.
- le temps de préchauffage de la pièce est insuffisant.
- Le système de préchauffage n'atteint pas la température souhaitée pour chauffer la pièce.
- Manque de peinture.

1. Diagnostic et problématique :

Pour bien déterminer notre source de problème et de mieux visualiser les risques, en consultant l'historique de 3 mois de la société, j'ai dressé un tableau de toutes les différentes causes observées durant ma période de stage qui peuvent se produire avec leur fréquence d'apparition. En classifiant ces problèmes par ordre décroissant et en calculant le cumul et le cumul en pourcentage j'ai obtenu le tableau suivant :

Risque	Nombre de risque	cumuls	cumuls %
le temps de préchauffage de la pièce est insuffisant.	35	35	37,63%
Le système de préchauffage n'atteint pas la température souhaitée pour chauffer la pièce.	26	61	65,59%
Séchage insuffisant de la couche d'enduit dans les coins.	25	86	92,47%
Température trop basse de la peinture, du support ou de la cabine de peinture.	3	89	95,70%
Réglage défectueux du pistolet.	2	91	97,85%
Manque de peinture.	1	92	98,92%
Choix incorrect des durcisseurs et des diluants	1	93	100,00%
TOTAL	93		

Tableau 4:Les modes de défaillances par ordre décroissant

2. Analyse Pareto :

L'objectif de Pareto

Le diagramme de Pareto permet de hiérarchiser les Risques en fonction du nombre de risque et ainsi de définir des priorités dans le traitement des problèmes. Cet outil est basé sur la loi des 80/20, il met en évidence les 20% de causes sur lesquelles il faut agir pour résoudre 80 % du problème. Il sera utile pour déterminer sur quels leviers on doit agir en priorité pour améliorer de façon significative la situation. En ce qui concerne les risques que je vais étudier, ils sont déterminés à partir de la courbe de Pareto suivante :

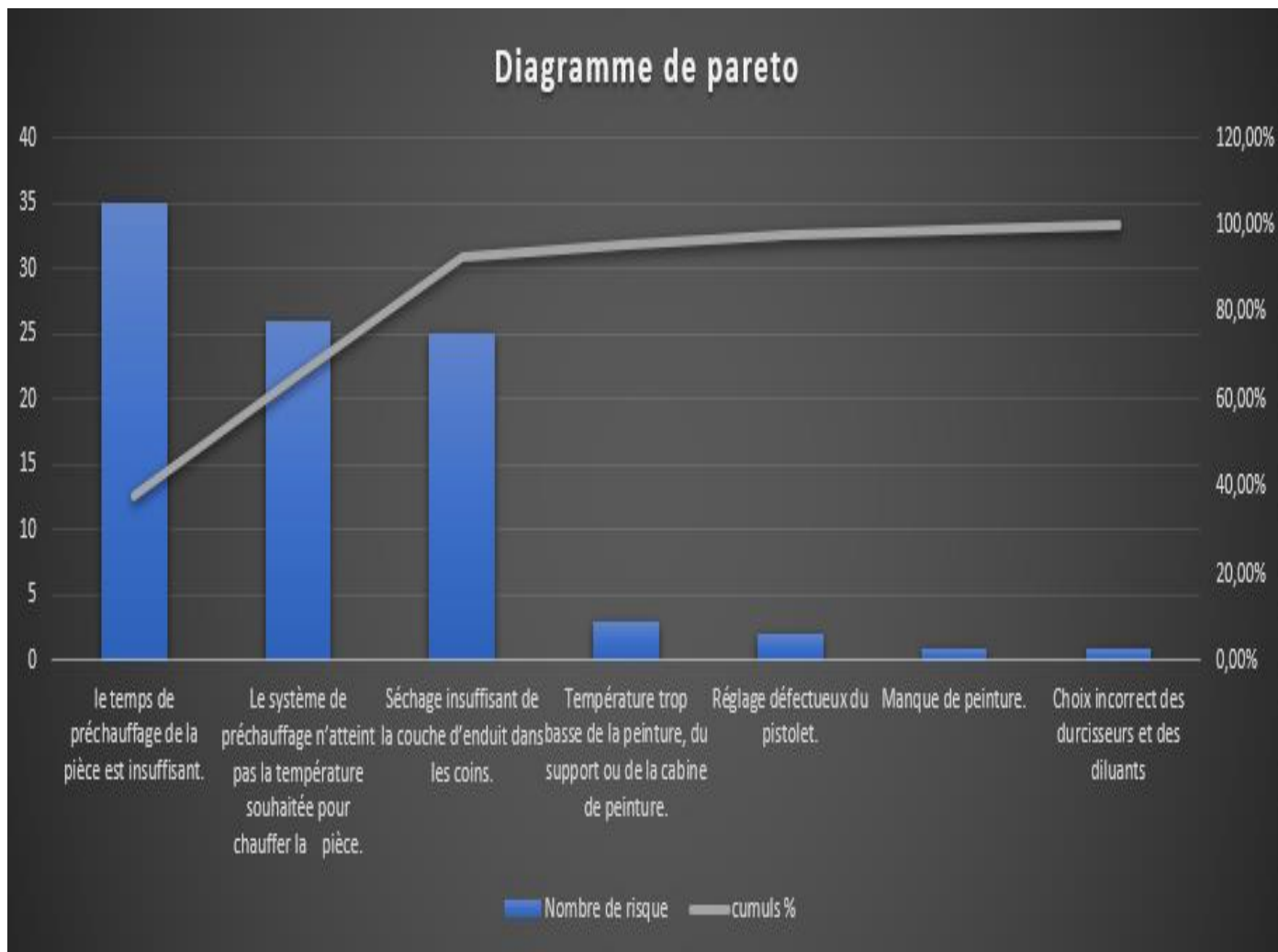


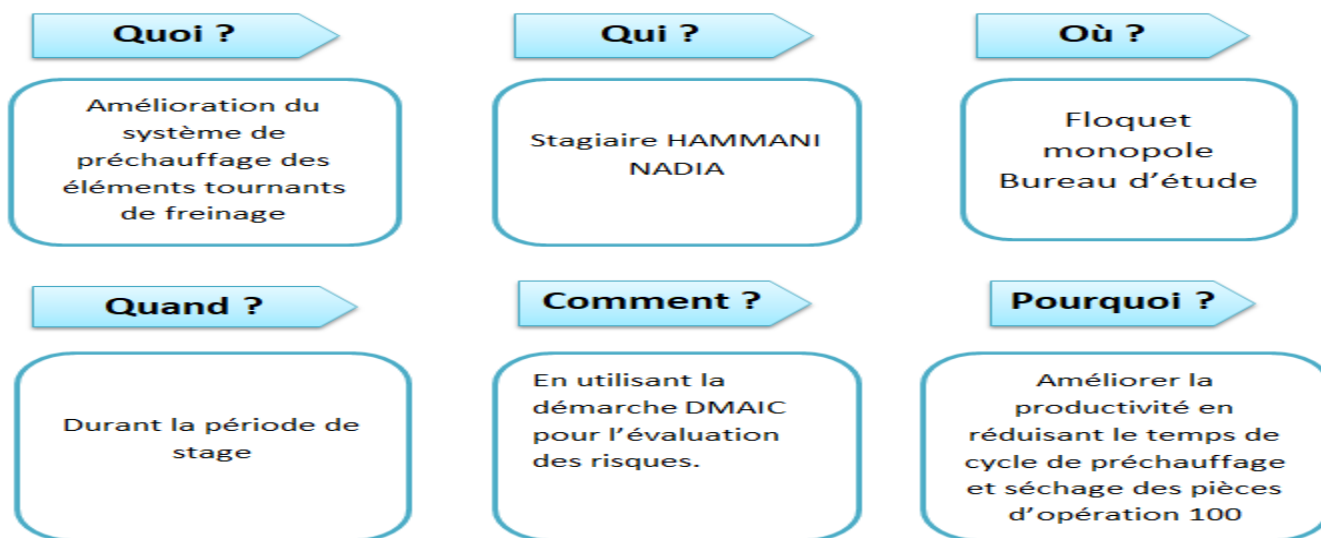
Figure 20: Diagramme de Pareto des risques

Interprétation du graphe :

D'après le résultat donné par le diagramme de Pareto ci-dessus, j'ai pu identifier la cause racine de notre problème. L'idée est qu'une seule solution peut résoudre plusieurs problèmes. Dans notre cas on va appliquer la règle de 20/80 pour identifier ce dernier, on trouve que le temps de préchauffage de la pièce est insuffisant et le système de préchauffage n'atteint pas la température souhaitée pour chauffer la pièce est les causes principales de notre problème. A base de ces données je vais développer un plan pour créer une solution capable de générer 80 % des résultats à l'aide de stratégies de résolution des problèmes DAMIC.

3. Clarification du problème par la méthode QQQQCP :

Le QQQQCCP (Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi), appelé aussi méthode du questionnement est un outil d'aide à la résolution de problèmes comportant une liste quasi exhaustive d'informations sur la situation.



4. Problématique :

De manière générale, la peinture industrielle assure deux fonctions principales : la décoration et la protection. En effet, si elle permet de donner un meilleur aspect esthétique, elle permet également de protéger les différents supports des agressions mécaniques et/ou chimiques – auxquelles ils peuvent être soumis au quotidien.

Au sein d'usine Floquet monopole l'opération 100 « la protection peinture » comme son nom l'indique, Elle vise à protéger le tambour de frein contre la corrosion. Pouvant être dangereuse sur le long terme, elle peut être évitée. En effet, il existe aujourd'hui des alternatives intéressantes pour y remédier. L'une d'entre elles consiste en l'application d'une couche de peinture industrielle antirouille. Au contact de surface de fonte grise GL11, la couche de peinture forme une barrière imperméable empêchant l'action corrosive de l'humidité et de l'oxygène atmosphérique. Aucune oxydation ne peut donc se produire.

En revanche Presque quotidiennement au niveau d'opération 100 on peut avoir plusieurs défauts sur les moyeux tambour à cause de certains problèmes ces derniers peuvent devenir par suite des rebuts et cela reflète négativement sur la productivité de l'usine Floquet monopole. Parmi ces défauts on trouve (défaut de séchage, tache d'eau et aussi défaut de brillance)

A part cela il existe des problèmes au niveau de convoyeur de préchauffage. Parce que ses composants commencent à fatiguer les galets de plastique sans roulement à billes qui considèrent comme un guide des moyeux tambour sont commencent à déformés. D'une part il existe aussi des coiffes qui sont attachées à la chaîne son rôle est de supporter les moyeux tambours qui sont tremblent de sa place. Cela conduit à une déstabilisation de TV8 par suite il ne pourra pas transporter ce dernier.

Pour assurer cette fonction il faut préparer un poste bien équipé de machines à chaleur car pour la réussite du processus de teinture il doit préchauffer la pièce avant de teindre et puis il faut le sécher. Mais malheureusement la technologie de chauffage adopté dans l'usine ne donne pas des résultats suffisantes car les pièces sorties de convoyeur de séchage mal sécher cela n'est pas seulement notre objectif, l'usine Floquet monopole est obligée d'usiner un certain nombre de pièces par jour, c'est pourquoi le facteur temps est très important. Notre objectif est de réduire le temps de cycle de préchauffage et séchage et aussi faire une nouvelle conception de convoyeur pour améliorer la productivité d'usine.

III. Analyse fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle est une étape qui « consiste à identifier, rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins de son client. La démarche est généralement conduite en mode projet et aussi peut être utilisée pour créer (conception) ou améliorer un produit déjà existé. Dans notre projet je vais appliquer cette démarche sur le système de préchauffage.

1. Diagramme de bête à corne :

Un diagramme bête à cornes est un outil utilisé pour l'analyse fonctionnelle du besoin. C'est un schéma qui permet de montrer si le produit est utile ou bien inutile pour le client, s'il exprime ses besoins.

Quand une entreprise cherche à créer un nouveau produit ou à améliorer un ancien, il utilise un diagramme bête à cornes. Ce diagramme illustre l'importance du nouveau produit, ce en quoi ce produit répond aux besoins de ces utilisateurs. Ce diagramme se doit de répondre à trois questions :

- À qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?

Je peux établir le diagramme bête à cornes de mon projet (figure 19) comme suit :

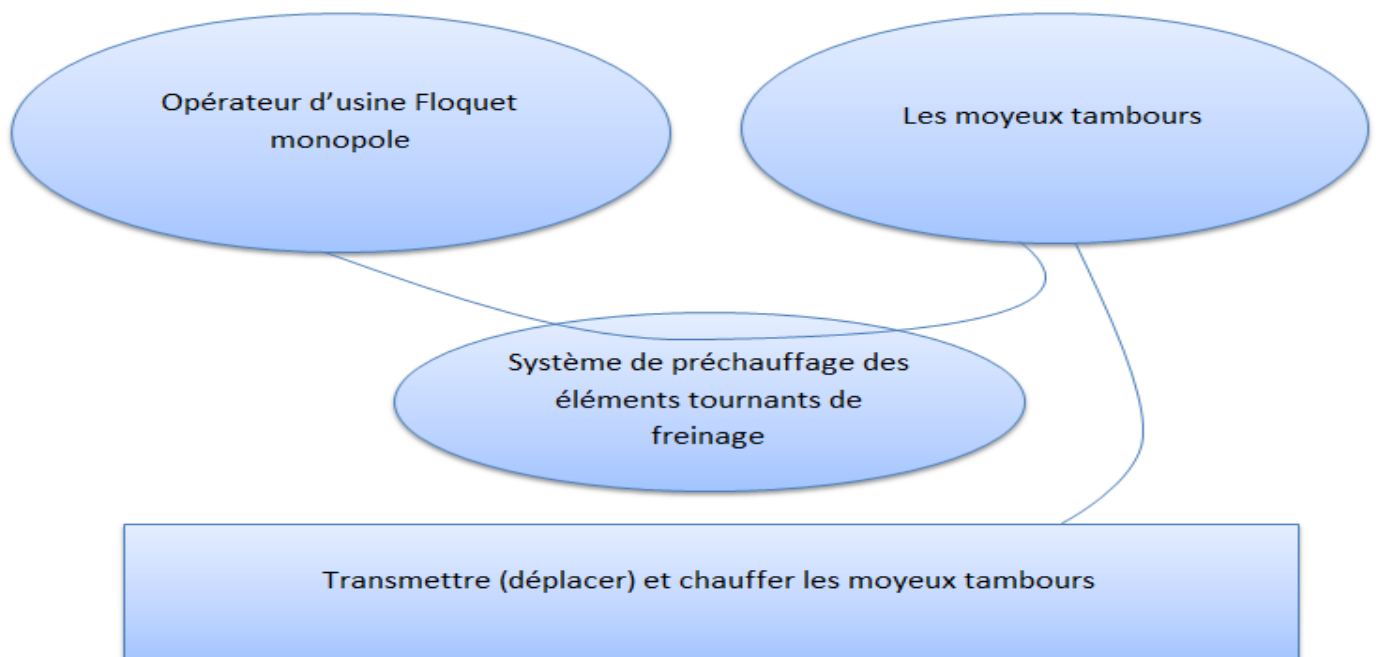


Figure 21: Diagramme bête à corne

2. Diagramme pieuvre (graphe des interactions) :

Le diagramme pieuvre ou graphe des interactions est un schéma qui représente la relation entre un produit/service et son environnement. C'est un outil d'analyse utilisé dans le cadre de la méthode APTE (Application aux Techniques d'Entreprise). Le diagramme pieuvre permet de représenter les fonctions de service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec le milieu extérieur. Concernant notre système, je dois bien définir des interactions de ce dernier afin de réaliser le diagramme de pieuvre.

Service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec le milieu extérieur. Concernant notre système, je dois bien définir des interactions de ce dernier afin de réaliser le diagramme de pieuvre.

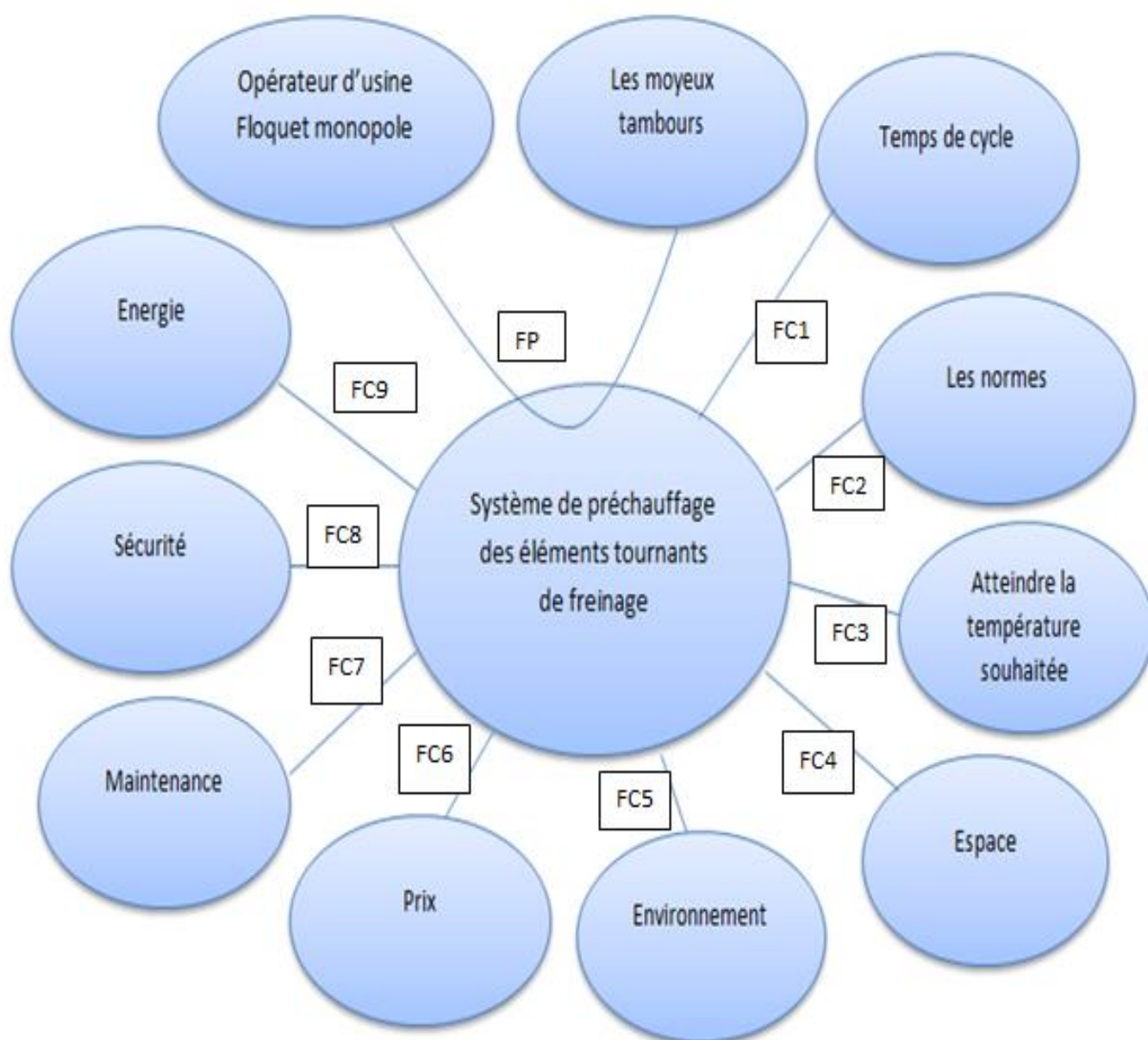


Figure 22:Diagramme de pieuvre

Fonction	Description
FP	Déplacer et chauffer les MT8 et TV8
FC1	Il faut chauffer les pièces en très peu de temps
FC2	Respecter les normes internationales
FC3	Réduire le temps de cycle de préchauffage
FC4	Un convoyeur qui ne prend pas beaucoup de place
FC5	Respecter l'environnement
FC6	Avoir un prix raisonnable
FC7	Être facile à maintenir
FC8	Être sécurisé
FC9	Être alimenté en énergie électrique.

Tableau 5:Description des fonctions de diagramme pieuvre

3. Méthode FAST (Function Analysis System Technic):

Un diagramme FAST (Functional Analysis System Technique) présente une décomposition hiérarchisée des fonctions du système allant des fonctions de service (fonctions en lien avec le milieu extérieur) et passant par les fonctions techniques (fonctions internes au système) jusqu'à l'énoncé des solutions technologiques employées ou prévues pour remplir les fonctions techniques. Le modèle F.A.S.T se présente sous forme d'un arbre fonctionnel (figure 21) établi à partir de la fonction globale ou d'une fonction de service, en s'appuyant sur la technique interrogative suivante :

Pourquoi Cette fonction doit-elle être assurée ? Comment ? Quand ?

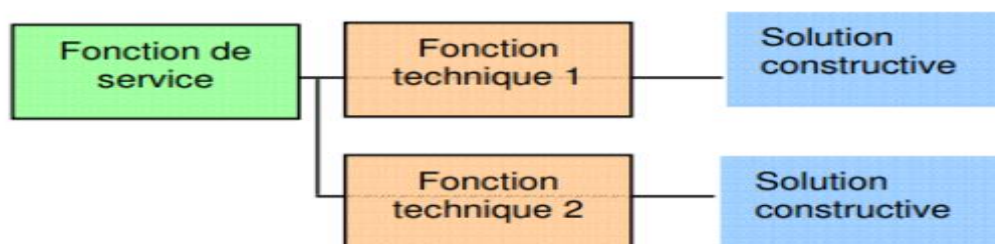


Figure 23:Modèle de FAST

On passe maintenant à représenter dans le schéma suivant (Figure. 22) le diagramme de FAST de Notre système.

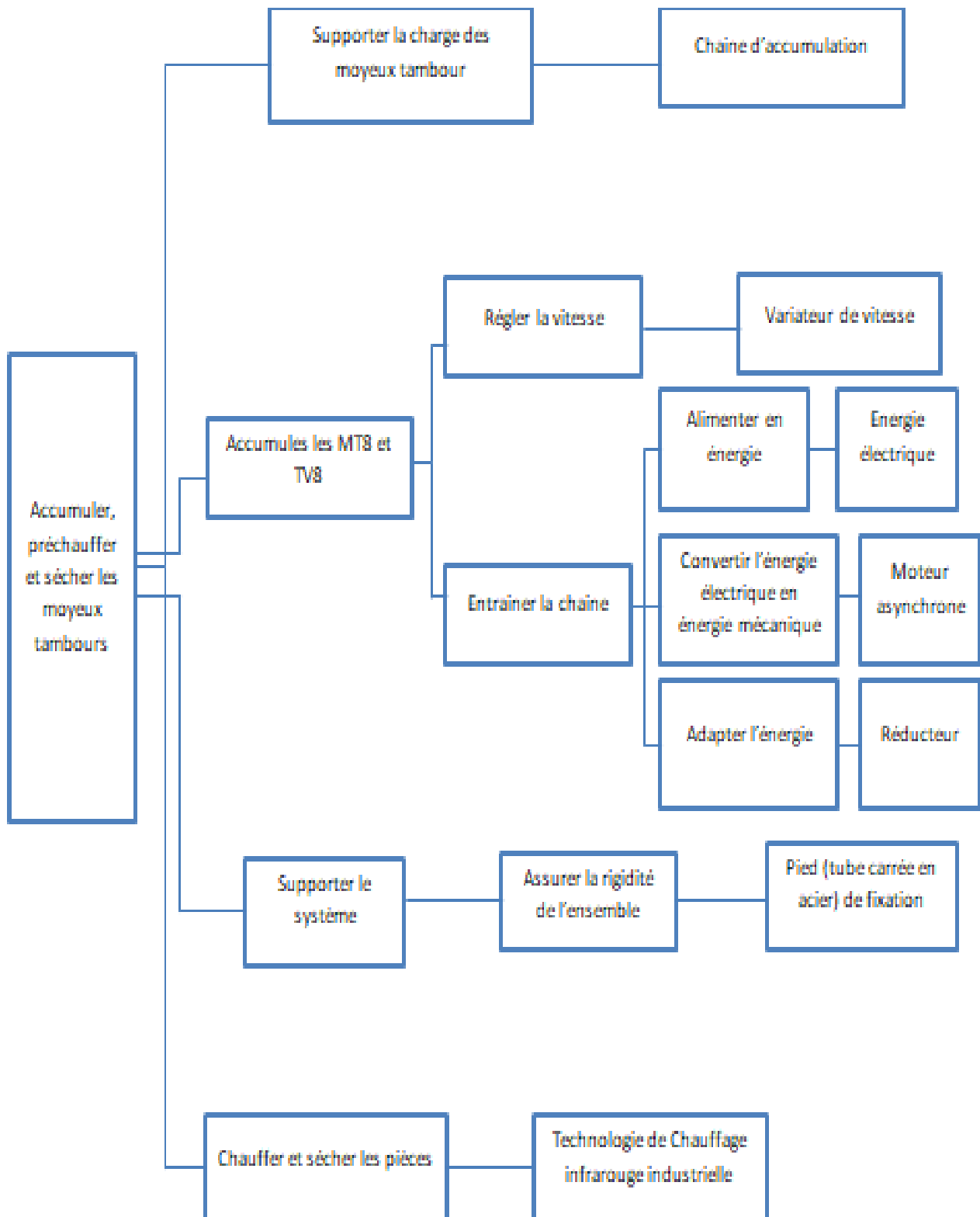


Figure 24:Diagramme de FAST du convoyeur de préchauffage

IV. Les techniques de chauffage actuelle :

1. La technique de préchauffage :

La technique de chauffage utilisée dans l'op 100 est le chauffage soufflant qui fonctionne tout simplement comme un ventilateur qui, cette fois, soufflerait de l'air chaud ! L'air ambiant est capté par l'appareil puis réchauffé par une résistance électrique incorporée. L'air chaud ainsi produit est projeté dans la pièce à chauffer par un système de ventilation. A l'aide d'un Chauffage de gaine électrique qui permet de chauffer l'air entrant dans un système de ventilation. Fabriqué en acier galvanisé



Figure 25: Chauffage de gaine

Référence VENTS NK160



Fiche technique

Voltage D'entrée	230V
Puissance	1200W
Poids	2.1 Kg
Diamètre	160mm

Tableau 6: Caractéristiques de chauffage de gaine

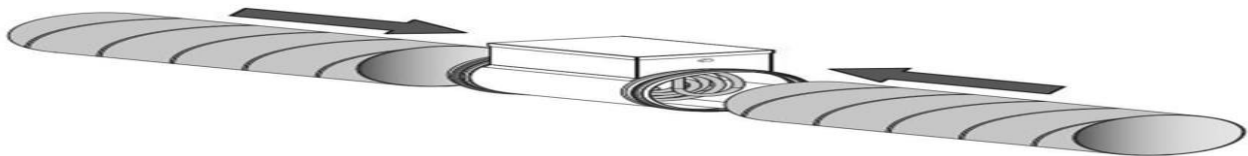


Figure 26: Installation de chauffage de gaine à l'intérieur de convoyeur de préchauffage

2. La technique de séchage :



Figure 27: Séchage par ventilation d'air chauffé 'séchage par la chaleur'

La technique de chauffage utilisée pour sécher les moyeux tambours est la même pour le préchauffage sauf dans ce poste le chauffage de gaine n'existe plus. Tout simplement il y'a une résistance qui permet de chauffer l'air entrant dans le système de ventilation.

Chapitre 3 :
Les techniques de
chauffage

I. Les techniques de chauffages :

Avant de choisir la technique de chauffage la plus optimale pour notre problème je vais étudier et comparer les solutions existantes.

1. Chauffage par infrarouge :

Principe :

L'infrarouge est une méthode de chauffage utilisant une énergie radiante, non absorbée par l'air, qui se convertit en chaleur lorsqu'elle frappe un objet opaque. L'absorption de l'infrarouge permet l'évaporation rapide de l'eau et des solvants. Lorsque la radiation est émise, l'objet à chauffer peut en partie l'absorber, la réfléchir ou la transmettre – car la radiation peut aussi passer au travers certaines matières telles que l'eau et les solvants. L'énergie absorbée se transfère ensuite par conduction à toute la pièce à chauffer.

C'est une utilisation particulière du chauffage par résistance. Une résistance parcourue par un courant électrique produit de la chaleur à une température telle qu'elle émet un fort rayonnement dans des longueurs d'ondes allant de 0,7 μm à 10 μm . On distingue trois domaines de longueur d'onde Pour les infrarouges (IR).

a. IR court

La température d'émission est de l'ordre de 2300°C. On l'obtient avec

- des lampes avec réflecteur (puissance de 150 à 350 W).

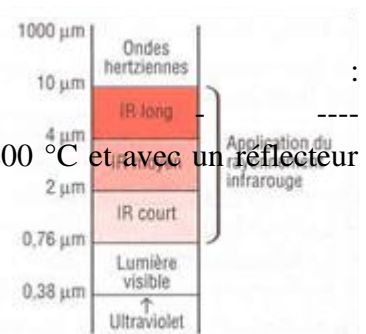
des tubes de quartz remplis de gaz et contenant un fil de tungstène porté à 2 200 °C et avec un réflecteur (puissance de 1 à 7 kW).

b. IR moyens

La température d'émission se situe entre 700 °C et 1 300 °C. Elle est obtenue par une résistance en nickel-chrome ou chrome-aluminium placée dans un tube en quartz ou en silice.

c. IR longs

La température est comprise entre 300 et 600 ° La résistance est noyée dans une gaine métallique ou dans une plaque céramique. L'émetteur se présente souvent sous forme de panneau radiant. la puissance d'un panneau peut aller jusqu'à 2.5 KW



Chauffage par convection :

Principe :

Une pièce en matériau conducteur placée dans une bobine inductrice parcourue par des courants variables est le siège de courants induits ou courants de Foucault. Ces courants sont dus à la création d'une force électromotrice provoquée par la variation du flux d'induction. Ils se développent dans le métal. Disponible pour chauffer le produit. Le dégagement de chaleur est obtenu par effet Joule dû à la circulation des courants de Foucault dans la masse métallique

3. Comparaison entre les deux procédés de chauffage :

Chauffage par infrarouge :

Avantages	Inconvénients
Pas de circulation d'air non voulue	Importance de dimensionnement et positionnement correcte
Econome en énergie	Camouflage des fils électriques
Installation facile	Economiser de l'énergie est possible dans certains cas
Apparence et finition moderne	

Tableau 7:Les avantages et les inconvénients de l'infrarouge

Chauffage par convection :

Avantages	Inconvénients
Une installation très simple et peu onéreuse	Une énergie en hausse
Sain, propre et écologique	Une chaleur pas toujours bien répartie
Un large choix de radiateurs	Une chaleur sèche

Tableau 8:Les avantages et les inconvénients de la convection

4. Les techniques de séchage industrielle :

	Avantages	Inconvénients
Séchage par chauffage et ventilation	<ul style="list-style-type: none"> - Séchage traditionnel - Adapté à toute sorte de pièce - Peut se contenter d'apports thermiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation volumineuse - Important volume d'air brassé
Séchage par utilisation de vapeur	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration possible de la qualité du produit - Peut réduire légèrement le temps de séchage 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement plus important que le séchage traditionnel
Séchage par condensation	<ul style="list-style-type: none"> - Plus efficace énergétiquement que le séchage traditionnel à condition de récupérer la chaleur de condensation de l'eau éliminée - Circuit fermé d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume d'eau liquide à évacuer peut être limitatif - Consommations électriques du déshumidificateur
Séchage micro-ondes	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert direct de l'énergie sans mouvement d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Fort coûteux - Doit souvent être associé à un séchage à air chaud
Séchage UV-Infrarouge	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert direct de l'énergie sans mouvement d'air - Bien adapté au séchage en surface 	<ul style="list-style-type: none"> - Inadapté au séchage volumique - Doit souvent être associé à un séchage à air chaud
Séchage par vide-pression	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation significative de la vitesse de séchage 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût ???

Tableau 9: Comparaison entre les techniques de séchage industrielle

Conclusion :

Mon choix doit être lié aux performances les plus efficaces et les plus optimales. Après une étude comparative sur les différentes techniques de chauffage, et en prenant compte des différentes caractéristiques techniques et socio-économiques, aussi Après l'évaluation des avantages et des inconvénients de chaque technique, je tiens à choisir la technologie : chauffage par rayonnement infrarouge.

Car Les techniques Infrarouges sont maintenant des techniques largement diffusées et on peut trouver des applications dans presque tous les secteurs industriels.

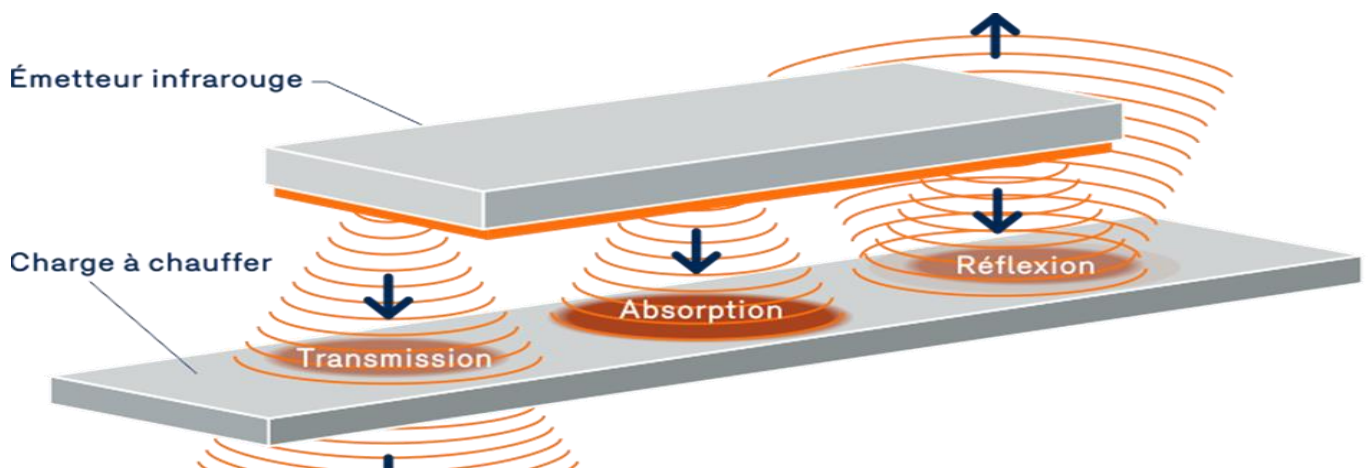
Ces techniques se caractérisent par :

- Le transfert direct de l'énergie au produit
- Une densité de puissance élevée
- La rapidité du chauffage
- Une faible inertie thermique
- Un rendement élevé par rapport aux techniques conventionnelles

5. Deux propositions pour le type d'infrarouge possible dans notre cas :

a. L'infrarouge à gaz naturel

L'utilisation de procédés de chauffage à convection soit encore populaire, l'infrarouge à gaz naturel est une solution très avantageuse pour de multiples applications de procédés industriels. Par exemple, l'infrarouge à gaz naturel peut être utilisé pour le séchage de produits de finition et de couches de protection sur les métaux comme dans notre cas.



b. Chauffage radiant électrique

Pour le séchage des peintures, par exemple, la radiation permet le transfert de chaleur de la pièce vers l'extérieur, ce qui évite la formation d'une peau de surface et de bulles créées par les solvants qui s'évaporent, phénomène rencontré dans les fours à convection.



Figure 29: Chauffage radiant électrique

- Température de fonctionnement : MAX 1200°C
- En acier inoxydable
- Puissance (0-100kw)

6. Caractéristiques physiques et mécanique de la fonte grise GL :

a. Présentation du matériau fonte grise GL 11 :

Composition chimique :

C'est la plus courante des fontes grises. Le graphite s'y trouve sous forme de lamelles. C'est cette forme lamellaire du graphite (effet d'entaille) qui rend les fontes GL fragiles. Par contre, le graphite améliore les caractéristiques de frottement de la fonte et donc favorise l'usinage.

Les principales qualités des fontes GL sont :

- *facilité d'usinage ;
- *très bonne résistance à la corrosion et à la déformation à chaud ;
- *très bonne absorption des vibrations ;
- *stabilité dimensionnelle (réalisation de machine-outil silencieuse et stable géométriquement) ;
- *excellente coulabilité ;
- prix du métal peu élevé ;

Les principaux défauts :

Relativement fragile comparé aux aciers et aux fontes GS

Les principales utilisations :

- Toutes pièces mécaniques (différentes grades de résistance) ;
- bâtis de machines-outils, bonne résistance aux vibrations ;
- Tuyaux et canalisation (il est possible de couler des tubes de grande taille via le coulage par centrifugation)

b. Caractéristiques physiques GL :

FORTE GL										
Caractéristiques physiques	Conductivité thermique (W/m·°C)					Capacité thermique spécifiques (J/kg·°C)		Résistivité électrique spécifique (Ω mm ² /m)	Densité (kg/dm ³)	Coefficient de Poisson
	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	200 °C	600 °C	20 °C	20 °C	20 °C
EN GJL 150	52.5	51	50	49	48.5	460	535	0.8	7.1	0.26
EN GJL 200	50	49	48	47	46	460	535	0.77	7.15	0.26
EN GJL 250	100	200	300	400	500	200	600	20	20	20
EN GJL 300	47.5	46	45	44	43	460	535	0.7	7.25	0.26

Tableau 10:Les caractéristiques physiques de la fonte grise

c. Caractéristiques mécaniques GL :

Fonte GL									
Caractéristiques mécaniques	Masse volumique (ρ en kg/dm ³)	Effort de tension, $R_{p0,2}$ (Mpa)	Effort de rupture, R_m (MPa)	Allongement, A (%)	Module d'élasticité (Gpa)	Coefficient moyen de dilatation thermique entre 20(°C) (10-6/(°C))			
						20 °C	(-)100°C	200 °C	400 °C
EN GJL 150	7,10	98 - 165	150 - 250	0.3 - 0.8	78 - 103	10	11.7	13	
EN GJL 200	7,15	130 - 195	200 - 300	0.3 - 0.8	88 - 113	10	11.7	13	
EN GJL 250	7,20	165 - 228	250 - 350	0.3 - 0.8	20	-100	200	400	
EN GJL 300	7,25	195 - 260	300 - 400	0.3 - 0.8	108 - 137	10	11.7	13	

Tableau 11:Les caractéristiques mécaniques de la fonte grise GL

Variation des propriétés mécaniques avec la température :

L'extension de l'emploi des pièces moulées en fonte grise à certaines applications nouvelles suppose une connaissance suffisante de leurs comportements à chaud ou, au contraire aux basses températures. Dans le cas des fontes grises ordinaires, on peut dire que, jusqu'à environ 350 °C, on n'aperçoit aucune modification de structure (quelle que soit la durée de chauffage), et on peut considérer que les caractéristiques mécaniques sont inchangées.

7. Calcule du temps de cycle :

Pour calculer Le temps de cycle nécessaire pour chauffer la pièce il doit calculer d'abord la puissance :

- La capacité thermique massique de fonte grise $GL=460 \text{ J /kg } ^\circ\text{C}$
- La température de départ des pièces $T_i= 20 \text{ } ^\circ\text{C}$
- La température souhaitée $T_f=45 \text{ } ^\circ\text{C}$
- La masse de moyeu tambour est $m=4.3 \text{ Kg}$
- Le changement de température est de $45 - 20= 23$

Par suite l'énergie en joule est égale :

$$P= 460*23*4.3=45494 \text{ joules}$$

Afin de savoir combien de puissance en watt on a besoin pour chauffer notre pièce :

Pour t= 15 s :

$$P = 45494 /15=3033 \text{ W}=3\text{KW}$$

Pour t=10 s :

$$P= 45494/10=4549\text{W}=4.5 \text{ KW}$$

Pour réduire le temps de cycle de chauffage de moyeu tambour on a besoin d'une puissance de 4.5 kW

Pour le chauffage par air chaud, le calcul de la puissance calorifique nécessaire sera le suivant :

$$P= V (\text{volume à chauffer}) * \delta (\text{delta température}) * X (\text{coefficient d'isolation})$$

$$P= 440 *60*40*10^{-6}*45*1.5(\text{bien isolé}) =71,28\text{W}$$

Mais cette puissance est insuffisante pour nous car notre objectif et de chauffer la pièce moyeu tambour est atteindre une température de 45°C de plus cette puissance nous permet juste de chauffer l'air et ne pas la pièce.

8. Comparaison entre consommation électrique par chauffage infrarouge et chauffage par air chaud :

$$(24*365*2400) / (1000) =21\ 024\text{W/an} \quad \text{voir (Tableau 6)}$$

$$(24* 365*1500) / (1000) =13\ 140 \text{ W /an}$$

$$21\ 024-13\ 140=7\ 884\text{W/an}$$

Conclusion

On peut alors économiser presque de 7 884 W chaque année cela reflète positivement sur le côté financière de l'entreprise.

II. Simulation thermomécanique sur Abaqus :

La simulation numérique est une représentation de phénomènes physiques complexes. C'est le moyen de simuler de manière virtuelle un produit dans son environnement final. Cette méthode permet de répondre à de multiples enjeux industriels :

- Anticiper les écueils de conception
- Réduire les prototypes
- Favoriser l'innovation

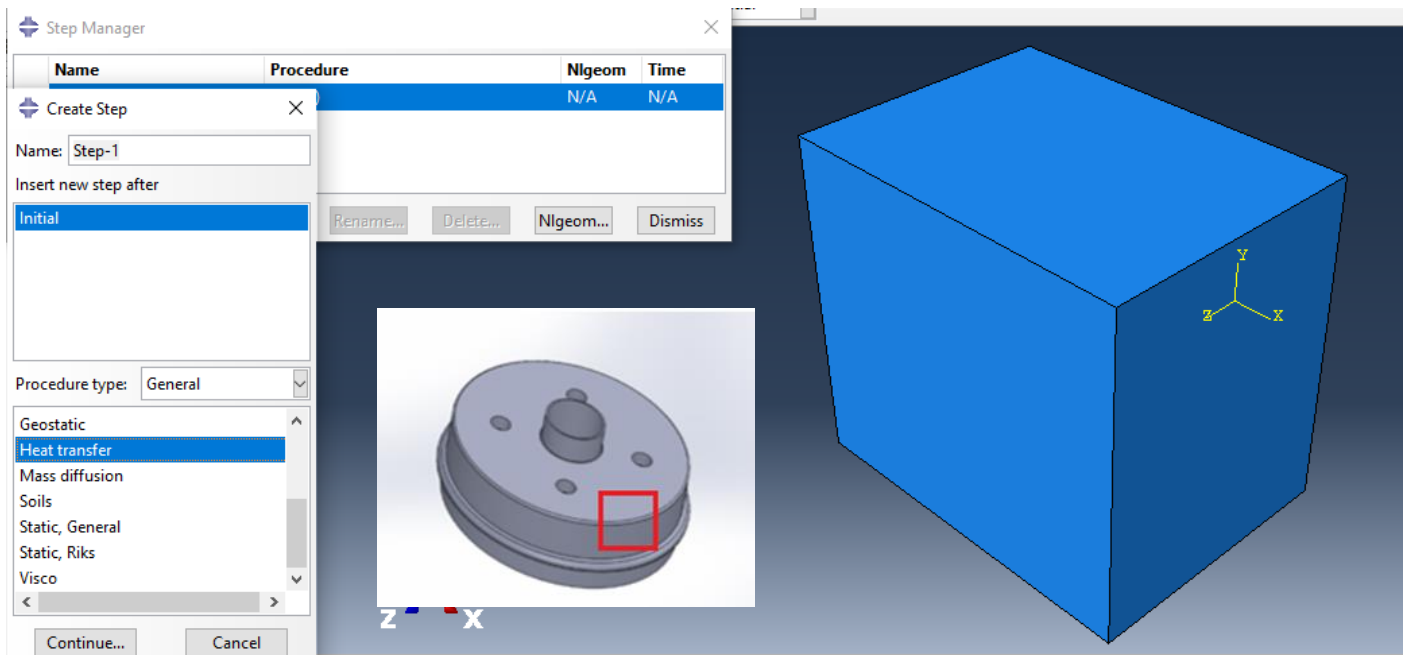


Figure 30:Etape step sur Abaqus

Dans l'étape Step il faut définir le type de procédure adopté dans notre cas on a le transfert de la chaleur.

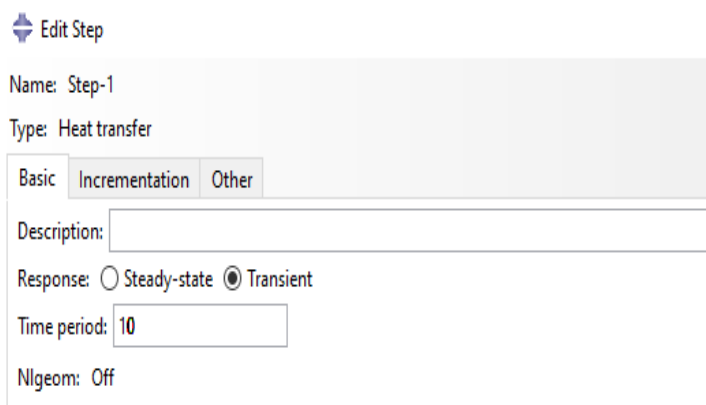


Figure 32:Détermination du temps de chauffage

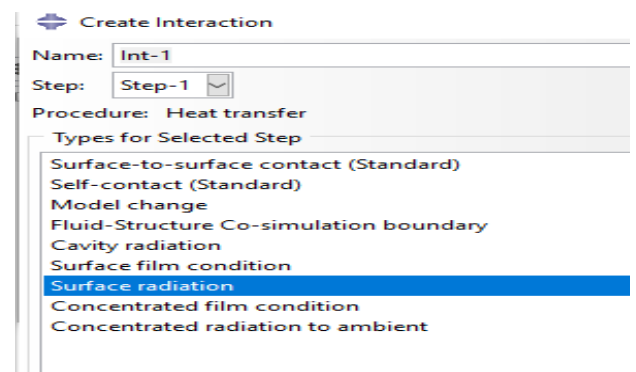


Figure 31:Choix du type de chauffage

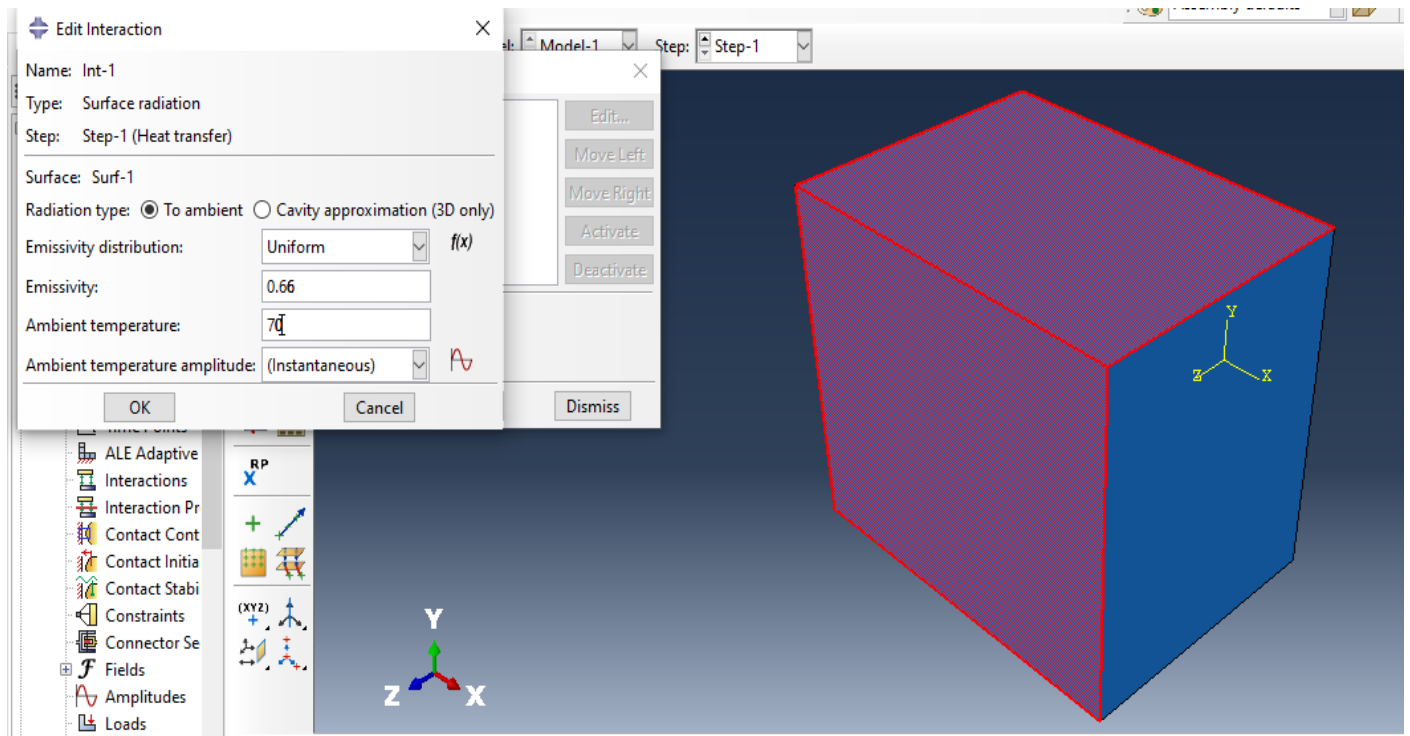


Figure 33:Determination de l'émissivité de la fonte grise

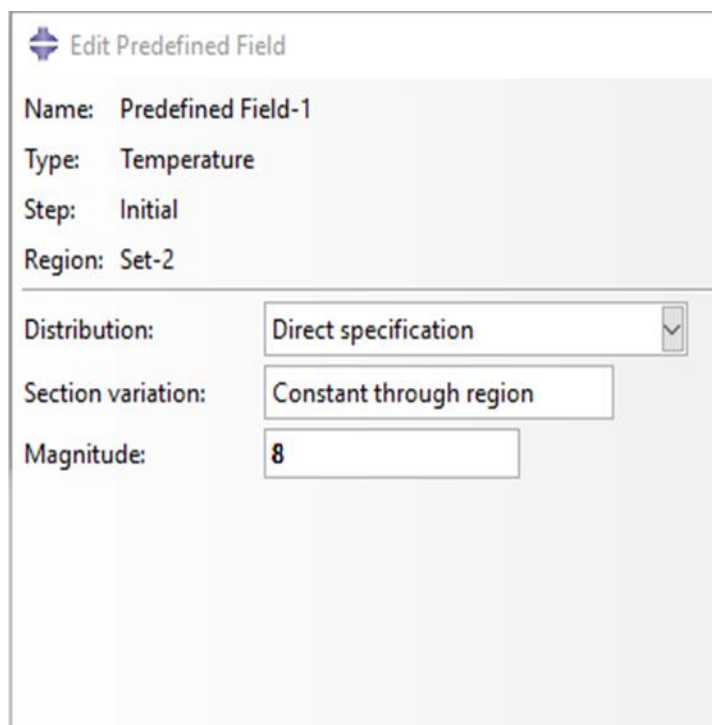


Figure 35:Les conditions initiales

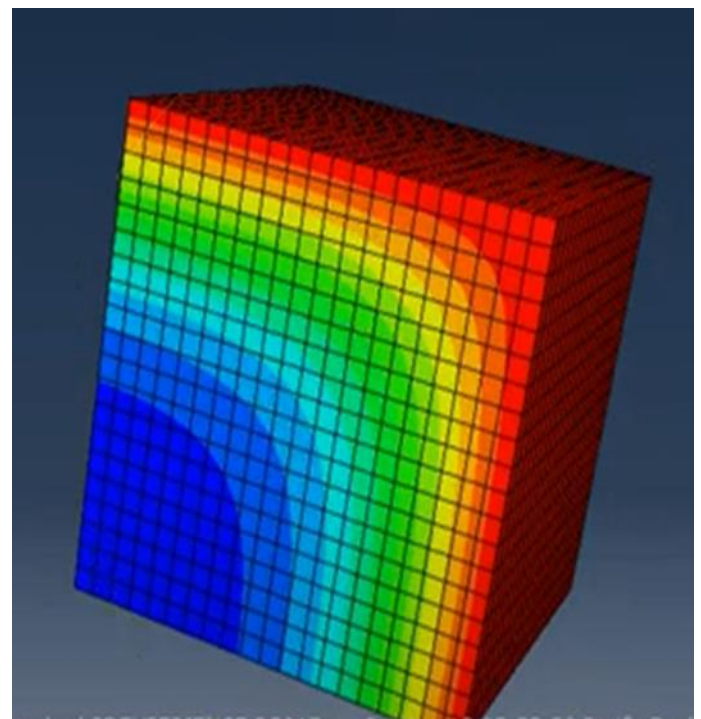


Figure 34:Le résultat final

J'ai réalisé la simulation thermomécanique sur Abaqus j'ai essayé de de simuler de manière virtuelle une partie de moyeux tambour (le carré rouge) en gardant les mêmes propriétés et les dimensions du matériau fonte grise GL pour faciliter le calcul et gagner le temps. Sur Abaqus j'ai choisi le type de procédure dans notre cas le transfert de la chaleur dans l'étape step après j'ai déterminé le temps de chauffage qu'on souhaite l'avoir ensuite j'inséré l'émissivité qui est 0.66 et la température de l'environnement dont je l'ai varié jusqu'à la température de la surface extérieure du moyeu tambour atteindra 45°C j'ai choisi les surfaces qu'on souhaite les chauffer.

Dans l'étape load j'ai mis la condition initiale qui est la température initiale de la pièce avant de chauffer. C'est pourquoi j'ai pensé à la période hivernale ou la température est très basse c'est-à-dire le pire des cas où il peut atteindre 8°C

Et en fin j'ai obtenu le résultat final satisfaisant. On remarque que la surface extérieure de notre pièce et atteindre presque 45°C .la température de l'intérieure ne change pas il reste 8°C et cela ce que nous voulions pour que les caractéristiques mécaniques et physiques ne changent pas.

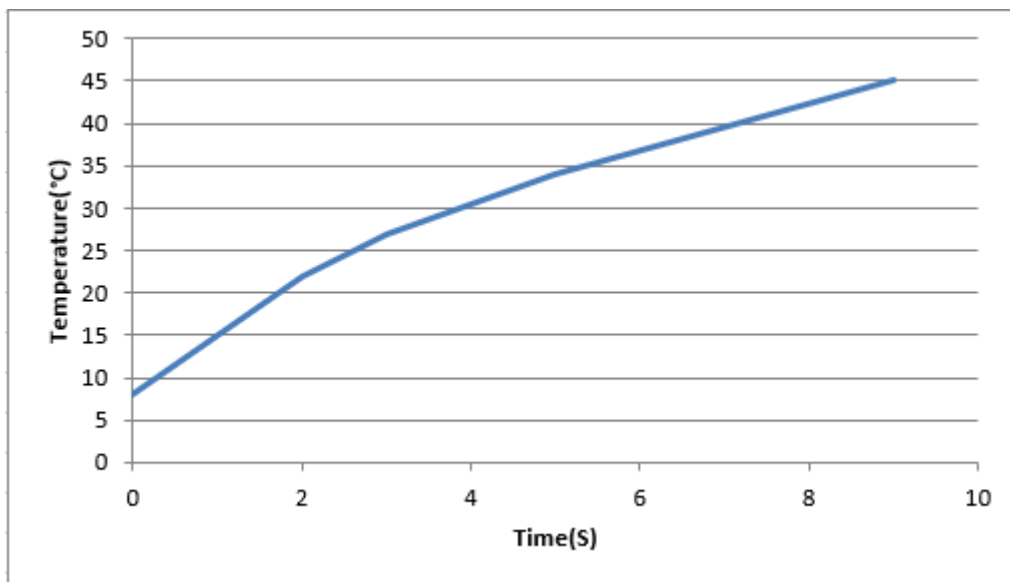


Figure 36:la Courbe(temps-température)

D'après la courbe (Température-Temps) on remarque que la température augmente en parallèle avec le temps à 10s la température du moyeu tambour atteint presque 45°C grâce a la technologie de chauffage par rayonnement infrarouge.

*Chapitre 4 :
Dimensionnements
et étude dynamique
de la chaîne*

Introduction

La conception d'une pièce industrielle est divisée en plusieurs phases successives et celle d'établissement du dessin d'ensemble et des dessins de définition est la dernière étape à faire.

Dans ce chapitre je vais intéresser à la réalisation du notre convoyeur d'accumulation sous **SolidWorks**, le logiciel de conception et d'ingénierie le plus utilisé qui va nous permettre l'élaboration de notre système en 3D. En créant le dessin d'ensemble du système et le modèle de chaque composant sous ce logiciel.

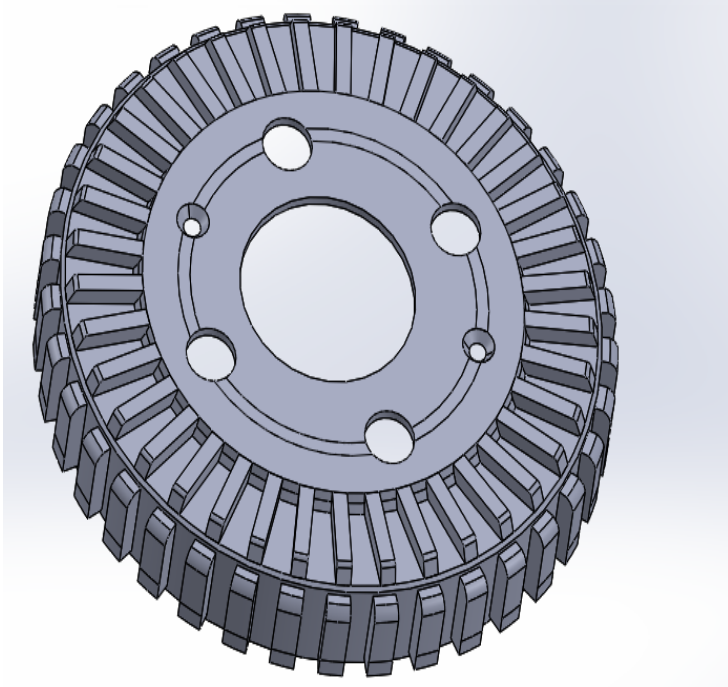


Figure 37:Tambour TV8 sur SolidWorks

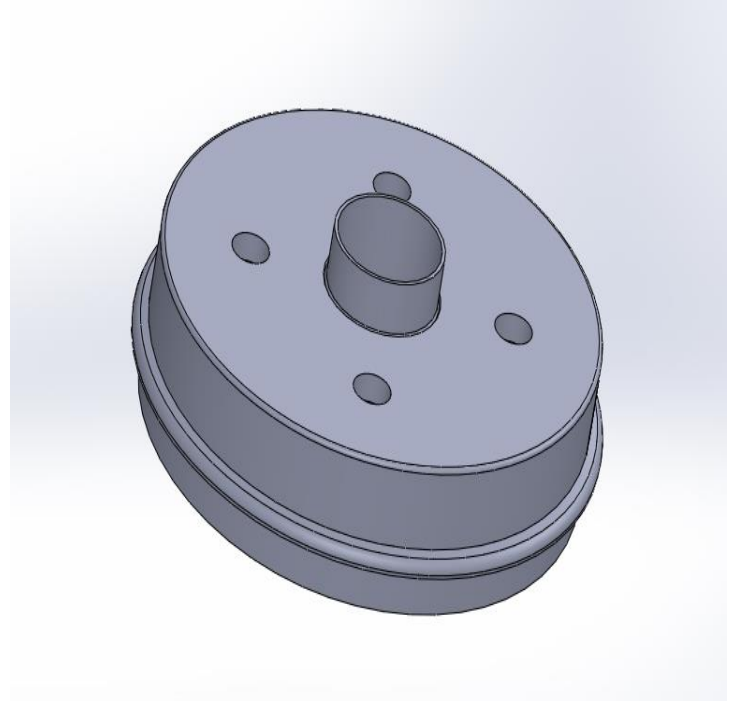


Figure 38:Tambour MT8 sur SolidWorks

I. Choix du moteur électrique et du réducteur de vitesse :

Le motoréducteur est un ensemble constitué d'un réducteur qui est équipé d'un moteur électrique. Le rôle central dans un motoréducteur est tenu par le réducteur avec son nombre de trains, ses engrenages. Ils transmettent la force du moteur depuis l'entrée vers la sortie. Le réducteur fonctionne comme convertisseur de couple et de vitesse. Dans la plupart des cas d'application, le réducteur diminue la vitesse de rotation du moteur et dans le même temps transmet des couples nettement plus élevés que ceux que peut fournir un moteur électrique seul.

TV8	199R	6.268 kg	4.282 kg	
-----	------	----------	----------	--

Figure 39:Le poids de TV8

MT8	672R	7.525 Kg	4.816 Kg	
-----	------	----------	----------	--

Figure 40:le poids de MT8

*Débit massique de matière à transporter $Q= 82$ pièces/h

*on prend donc $Q= 1$ pièce/s

*Masse la chaîne : $m_C=8$ Kg

*Masse de chaque pièce $m=4,3$ Kg

*Masse totale $m_T= 8+4*4,3=25.2$ Kg

*la vitesse maximale $v=1,1$ m/s

*la vitesse minimale $v=0,29$ m/s

*le temps de démarrage du moteur $t=4$ s

*l'accélération $a=\frac{v}{t} = \frac{1,1}{4} = 0,27$ m/s²

*diamètre de la roue est $d=200$ mm

*Vitesse de rotation du moteur est $N=3000$ tr /min

*Le rendement du réducteur $\tau=0,85$

1. Coefficient de frottement μ_s :

C'est la valeur qui définit la force nécessaire pour vaincre la résistance au mouvement de Deux corps en contact. Quand les chaînes évoluent par "glissement" sur les guides il s'agit d'un frottement glissant "fr". Les valeurs des coefficients de frottement sont résumées au tableau suivant :

CORPS EN CONTACT	fr surface sèche	fr surface lubrif.
Chaines en acier sur guide en bois dur	0,44	0,29
Chaines en acier sur guide en acier	0,30	0,20
Chaines en acier sur guide rugueux ou rouillé	0,35	0,25
Chaines en acier sur guide en polyéthylène haute densité et masse moléculaire très élevée	0,18	0,05

Tableau 12:Coefficient de frottement

*Selon principe fondamentale de la dynamique on a :

$$\sum \vec{F}(\text{ext}) = m \vec{a}$$

$$\mathbf{F} + \mathbf{P} = m_T \mathbf{a}$$

$$\mathbf{F} = m_T (\mathbf{g} \cdot \mu_s + \mathbf{a})$$

$$\mathbf{F} = 25, 2(10 \cdot 0, 3 + 0, 27)$$

$$\mathbf{F} = 82 \text{ N}$$

2. Calcul du couple résistant C_r :

$$C_r = F * r$$

$$C_r = 82 * 100 * 0,001$$

$$C_r = 8.2 \text{ N.m}$$

3. Calcul de La vitesse de rotation de la roue :

$$N_s = \frac{60.v}{\pi * D} = \frac{66}{3,14 * 0,2} = 105 \text{ tr/min}$$

4. Calcul du ratio :

$$R = \frac{Nm}{N_s} = \frac{3000}{105} = 29$$

$$R = 29$$

5. Calcul du couple moteur C_m :

$$C_m = \frac{C_r}{R * \tau} = \frac{8.2}{29 * 0,85} = 0.33 \text{ N.m}$$

6. Calcul de la Puissance mécanique p_m :

$$P_m = C_m * \omega = \frac{C_m * 2\pi * N(\text{mot})}{60}$$

Par suite

$$P_m = 104 \text{ W}$$

La puissance électrique P_e :

$$\zeta = \frac{P_m}{P_e} \text{ cela implique que } P_e = \frac{P_m}{\zeta}$$

$$P_e = 123 \text{ W}$$

Pour allumer le convoyeur de préchauffage on a besoin d'un moteur de puissance électrique de 123W et un réducteur de ratio 29.

II. Calcul des efforts appliqués :

1. Tension utile :

$$F1=1000*P/V$$

$$F1=1000*(135*0.001)/7.62=13.64N$$

$$V=(N1*Z1*P)/(60*1000) = (3000*12*12.7)/(60*1000) =7.62m/s$$

F1: tension utile [N]

V : vitesse de la chaîne [m/s]

P : puissance transmise [kW]

N1 : vitesse de rotation du pignon [tpm]

Z1 : nombre de dents du pignon

P : pas de la chaîne [mm]

2. Tension due à la force centrifuge :

$$Fc= \rho l V^2$$

$$Fc=0.8*(7.62)^2=46.5 N$$

FC : tension due à la force centrifuge [N]

V : vitesse de la chaîne [m/s]

ρl : masse linéique de la chaîne [kg/m]

3. Rupture de la chaîne :

$$FS= (F \text{ (rupture)}) / (F1+Fc) = (86.2*12.7*12.7) / (46.5+13.64) =20$$

Le facteur de sécurité est suffisamment élevé.

III. Dimensionnement chaîne-roue dentée :

1. Choix de la chaîne :

*la puissance P à transmettre : 104 w

*Vitesse de rotation du pignon moteur 3000tr/min

* k_s le facteur de service ($1 < K_s < 2$) en fonction de Type de moteur et la machine entraînée

valeur tirée de tableau spécialisée est :1.3

Tableau 15.9 — Facteur de service K_s

Type de machine entraînée	Type de moteur		
	Moteur à combustion interne avec transmission hydraulique	Moteur électrique ou turbine	Moteur à combustion interne avec transmission mécanique
Agitateur (produit liquide)	1,0	1,0	1,2
Broyeurs et concasseurs	1,4	1,5	1,7
Compresseurs			
— centrifuges	1,2	1,3	1,4
— à pistons	1,2	1,3	1,4
— 3 cylindres et plus	1,4	1,5	1,7
— 1 ou 2 cylindres			
Convoyeurs et élévateurs			
— charge ou alimentation uniforme	1,0	1,0	1,2
— charge ou alimentation non uniforme	1,2	1,3	1,4
Cribles	1,2	1,3	1,4
Génératrices	1,0	1,0	1,2
Grues	1,2	1,3	1,4
Machinerie générale			
— charge uniforme	1,0	1,0	1,2
— charge modérée ou avec chocs modérés	1,2	1,3	1,4
— chocs sévères, renversement de la charge, conditions difficiles	1,4	1,5	1,7
Pompes			
— centrifuges	1,0	1,0	1,2
— à pistons (3 cylindres ou plus)	1,2	1,3	1,4
Ventilateurs	1,0	1,0	1,2

Tableau 13:Facteur de service K_s

a. Calcul de la puissance effective P :

$$P' = k_s * p = 1.3 * 0.140 = 0.182 \text{ hp} = 0.136 \text{ kW}$$

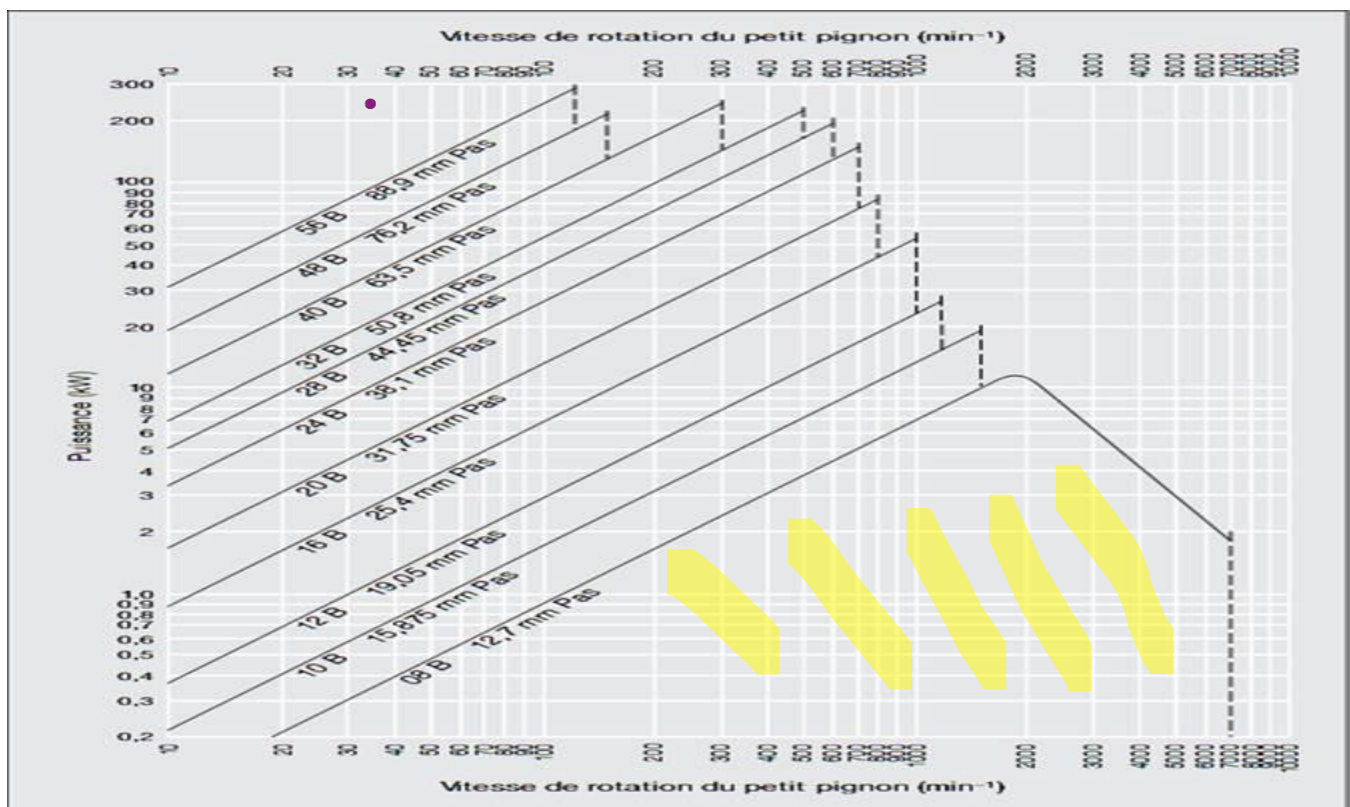


Figure 41:Choix du pas de la chaîne

D'après (figure 40) on trouve que le pas de la chaîne est 12.7 mm

b. Détermination du nombre de dents du pignon :

Le nombre des dents des roues est $Z1=Z2=12$

c. Choix de la chaîne du convoyeur :

Après voir un certain nombre d'avantages des chaînes d'accumulation et les domaines d'application et aussi Pour garantir une meilleure stabilité et une bonne transportation de notre pièce, j'ai choisi la chaîne à galet **accu centraux type A simple** comme type de chaîne pour notre convoyeur chez ce fournisseur IRIS CHAINES.


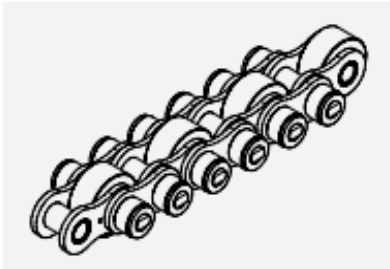
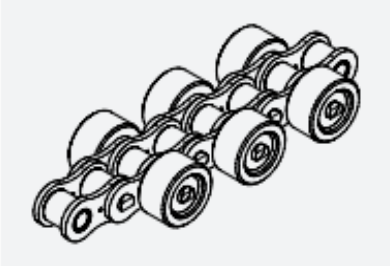
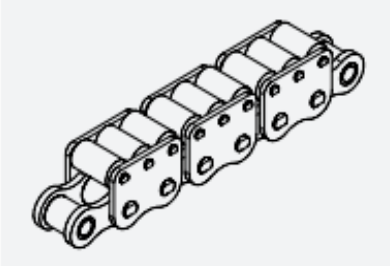
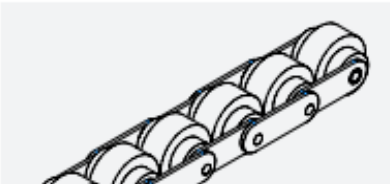
			
CHAÎNES D'ACCUMULATION		TYPES	APPLICATION
Chaînes à galets Accu centraux		A, A1, A double B C, C triple D E	Transport stable pour les transports des marchandises
Chaînes à galets Accu latéraux		F, F1, F2 G, G1	Particulièrement adaptée pour diverses applications convoyeurs de réduction des effectifs
Chaînes à galets Accu supérieurs		H J, J double, J1	Idéal pour le transport lent d'objets lourds
Chaînes Accu à double vitesse		DS	2.5x Transport plus rapide de produit 60% Économie d'énergie

Figure 42:Les types de la chaîne d'accumulation

Chaîne de convoyeur type "A"

SÉRIE ISO

DIN/ISO No.	Matériel	Matériaux des galets Accu	Pas	Diamètre rouleau	Largeur entre Plaques	Diamètre Axe	Longuer Axe		Epaisseur Plaques	Pas Transversal	Diamètre rouleau convoyeur	Largeur rouleau convoyeur
			P mm	d1 mm	b1 min mm	d2 mm	L mm	Lc max mm	t/T max mm	e mm	d3 mm	A mm
08B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	12,700	8,50	7,75	4,45	27,00	28,30	1,55	20,00	16,00	7,20
08B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	12,700	11,00	7,75	4,45	27,00	28,30	1,55	20,00	17,00	7,20
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,07	11,68	5,72	40,00	41,70	1,80	27,50	26,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,07	11,68	5,72	40,00	41,70	1,80	27,50	28,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	43,00	44,70	1,85	29,00	24,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	43,00	44,70	1,85	29,00	25,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	43,00	44,70	1,85	29,00	26,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	43,00	44,70	1,85	29,00	28,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	48,00	49,70	1,85	31,50	24,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	48,00	49,70	1,85	31,50	28,00	11,00
12B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	19,050	12,00	11,68	5,72	48,00	49,70	1,85	31,50	26,00	11,00
16B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	25,400	15,88	17,02	8,28	65,00	67,65	4/3	45,80	38,50	16,80
16B-1	CS, NP, DT, SS	P, CS, SS	25,400	15,88	17,02	8,28	65,00	67,65	4/3	45,80	38,00	16,80

CS ACIER CARBONE
 DT DELTA-TONE
 NP PLAQUÉ NICKEL
 SS ACIER INOXYDABLE

Figure 43:Les dimensions de la chaîne 08B

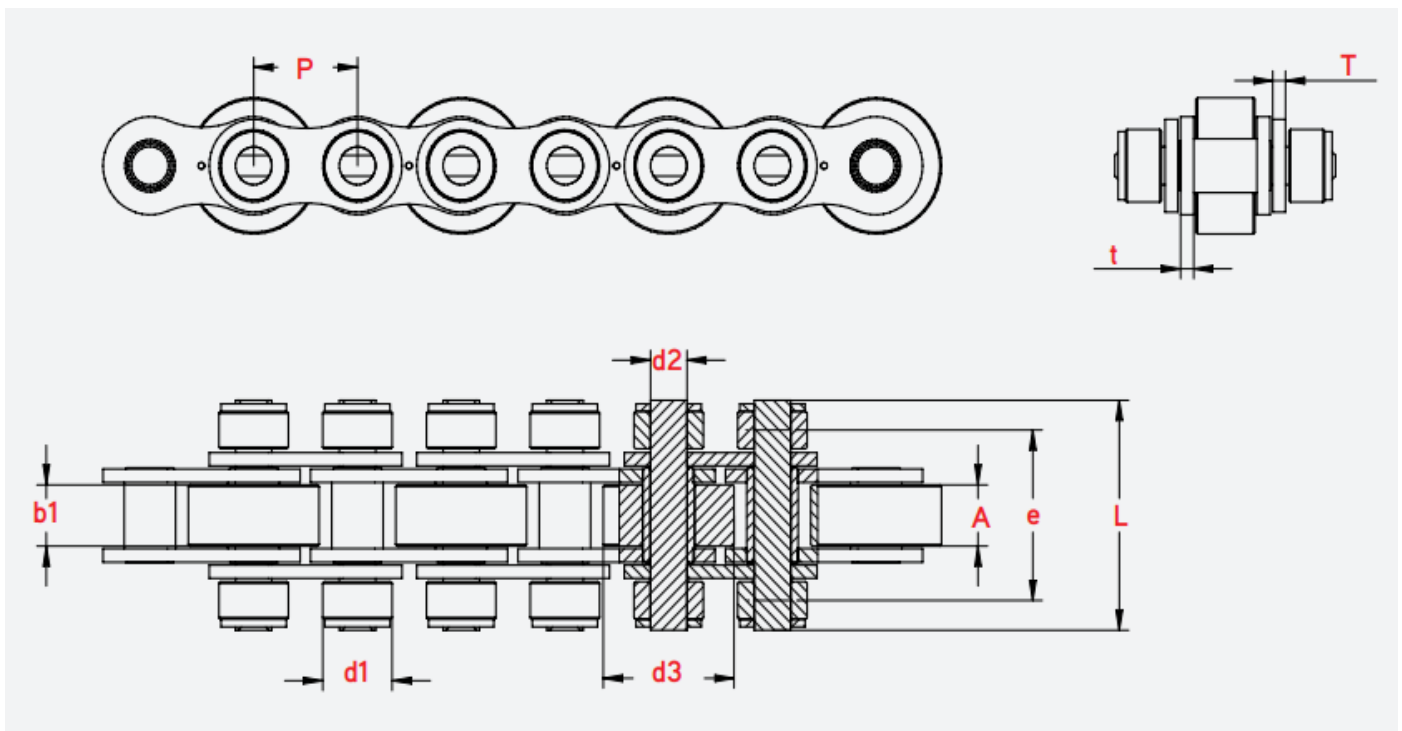


Figure 44:La géométrie de la chaîne 08B

Les composantes de la chaîne à galets d Accu centraux avec modélisation sur SolidWorks :

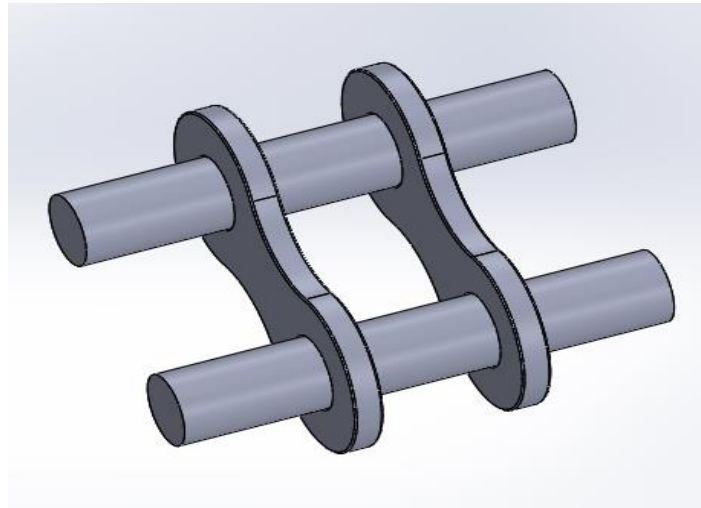


Figure 45:Les axes et les plaques intérieurs

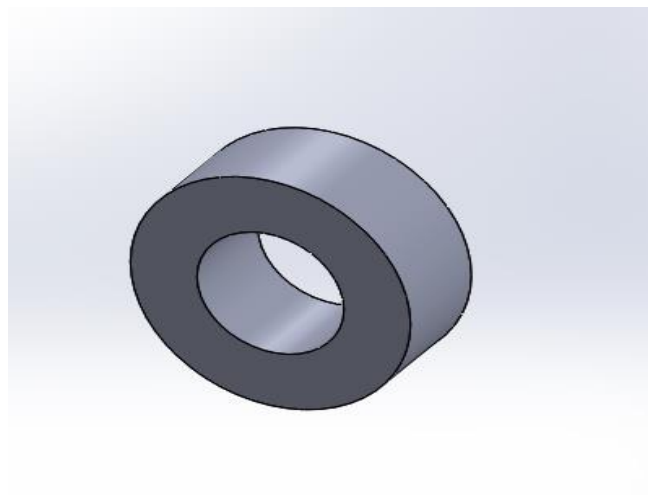


Figure 46:Rouleau

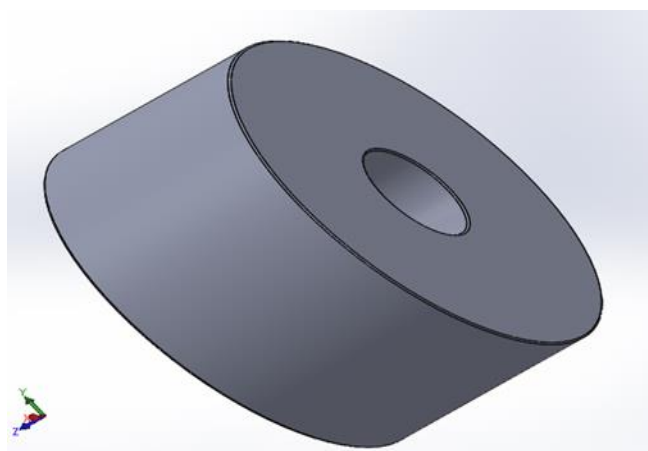


Figure 47:Rouleau convoyeur

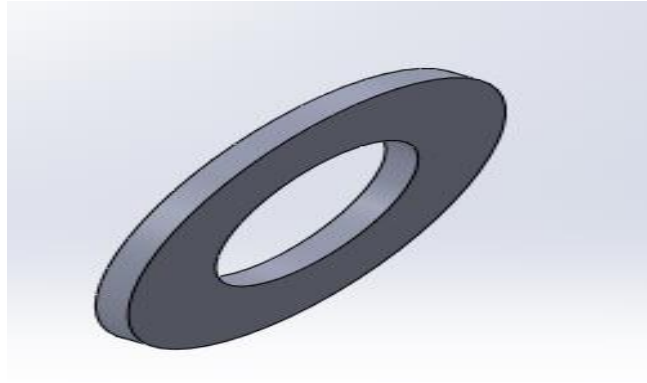


Figure 48: Rondelle plate

ISO 7092 (DIN 433 Pk A)		
d_1	d_2	h
1.1	2.5	0.3
1.3	3	0.3
1.5	3	0.3
1.7	3.5	0.3
2.0	4	0.3
2.2	4.5	0.3
2.4	4.5	0.3
2.7	5	0.5
3.2	6	0.5
3.7	7	0.5
4.3	8	0.5
5.3	9	1

Tableau 14: Choix de la rondelle (ajustement avec serrage avec l'axe)

d. Calcul de l'entraxe C :

$$C = 2891 \text{ mm} = 2.891 \text{ m}$$

e. Estimation de la longueur L de la chaîne :

$$L = 2C + \frac{P(Z1 + Z2)}{2} + \frac{P^2}{2} * \left(\frac{N2 - N1}{2\pi} \right)^2$$

$$L = 2 * 381 + \frac{12.7(12 + 12)}{2} = 5934.4 \text{ mm}$$

f. Calcul de la longueur exprimée en maillons (Lm) :

$$L_m = \frac{L}{p} = \frac{5934.4}{12.7} = 468 \text{ (il est préférable d'avoir un nombre de maillons pair)}$$

La chaîne est l'élément principal du convoyeur d'accumulation puisqu'elle est en contact direct avec le produit fabriqué. Voilà sa création sous SolidWorks (figure 40) :

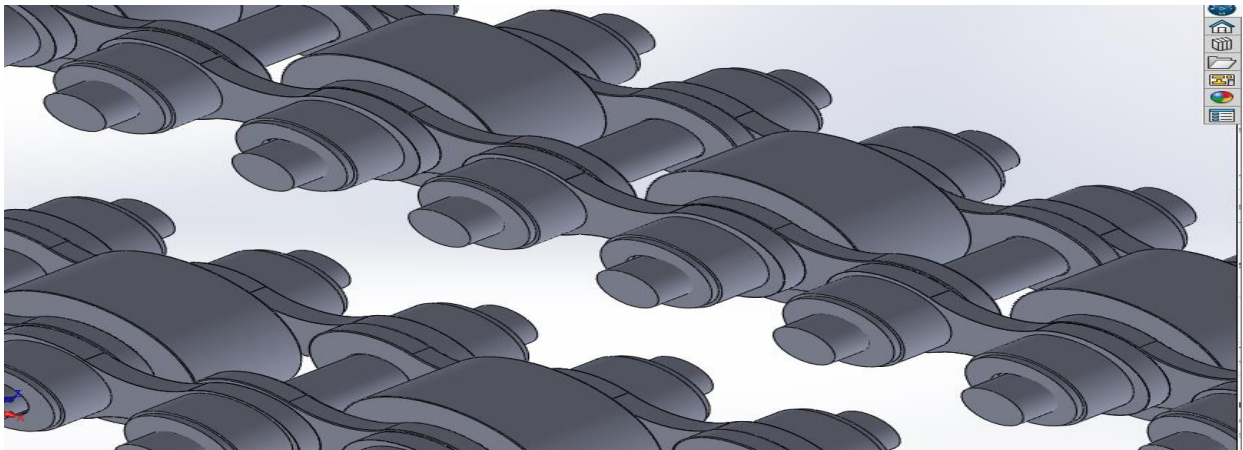


Figure 50:Assemblage des composants de la chaîne sur SolidWorks

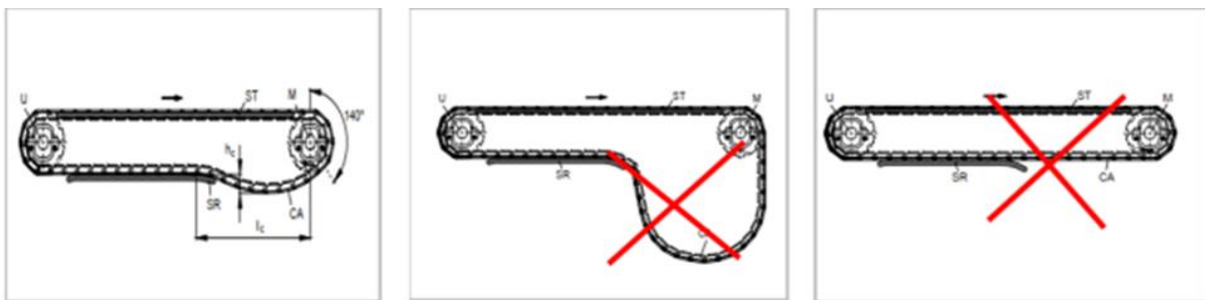
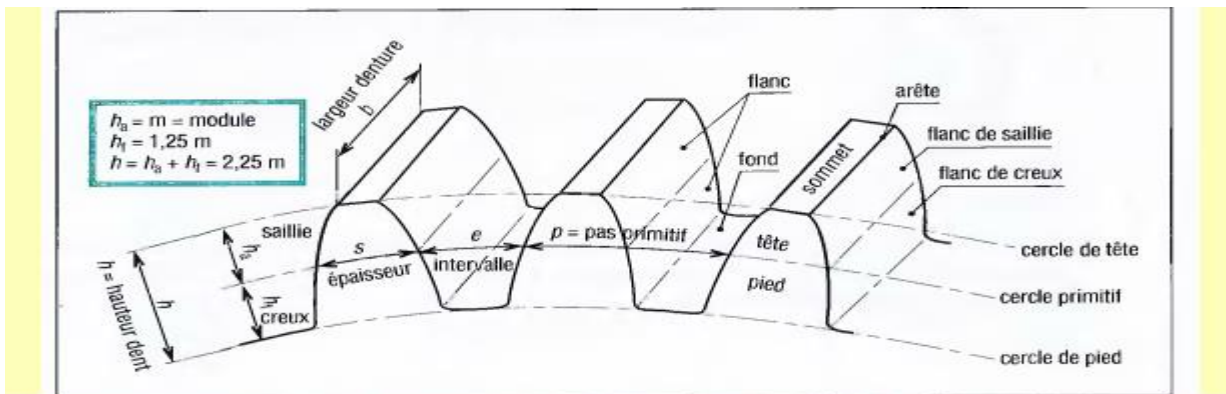


Figure 49:Montage correct de la chaîne

2. Dimensionnement de la roue dentée :

Pour réaliser la conception de notre roue dentée .il faut déterminer un certain nombre des paramètres en fonction de paramètres de la chaîne.



Valeurs normalisées du module m (NF ISO 54...)

valeurs principales en mm					valeurs secondaires en mm				
0,06	0,25	1,25	5	20	0,07	0,28	1,125	5,5	22
0,08	0,30	1,5	6	25	0,09	0,35	1,375	7	28
0,10	0,40	2	8	32	0,11	0,45	1,75	9	36
0,12	(0,50)	2,5	10	40	0,14	(0,55)	2,75	11	45
0,15	(0,80)	3	12	50	0,18	(0,7)	3,5	14	55
0,20	1,0	4	16	60	0,22	(0,9)	4,5	18	70

Tableau 15:Valeur normalisées du module m

- *Nombre de dents Z : $Z=12$
- *Le module m : $m = \frac{D}{Z} = \frac{48.5}{12} = 4.04 \text{ mm}$ On peut prendre $m=4 \text{ mm}$
- *Creux H_f : $H_f=1.25*4=5\text{mm}$
- *La hauteur de la dent H : $H=H_f+H_a=5+4=9\text{mm}$
- *diamètre primitif D_p : $D_p=\frac{p*Z}{3.14} = 48.5\text{mm}$, avec p : pas de chaîne
- *diamètre de tête D_t : $D_t= D_p+2*m=56.5\text{mm}$
- *diamètre de pied D : $D= D_p-2*m=40.5\text{mm}$
- *le pas primitif P : $P=3.14*m=12.56\text{mm}$

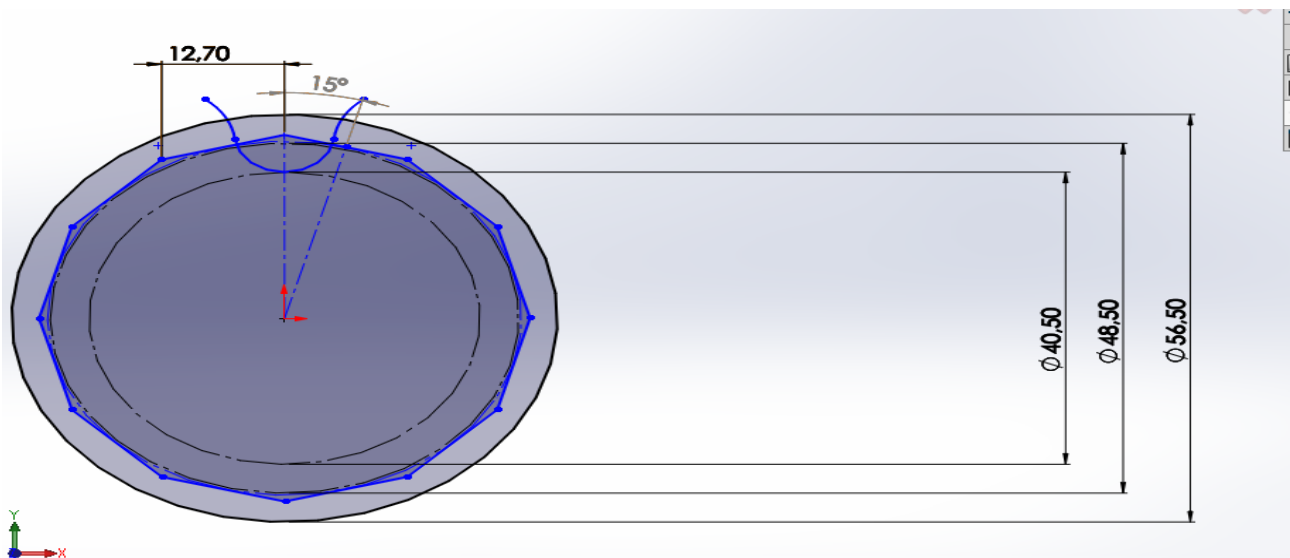


Figure 51:Esquisse de la roue dentée sur SolidWorks

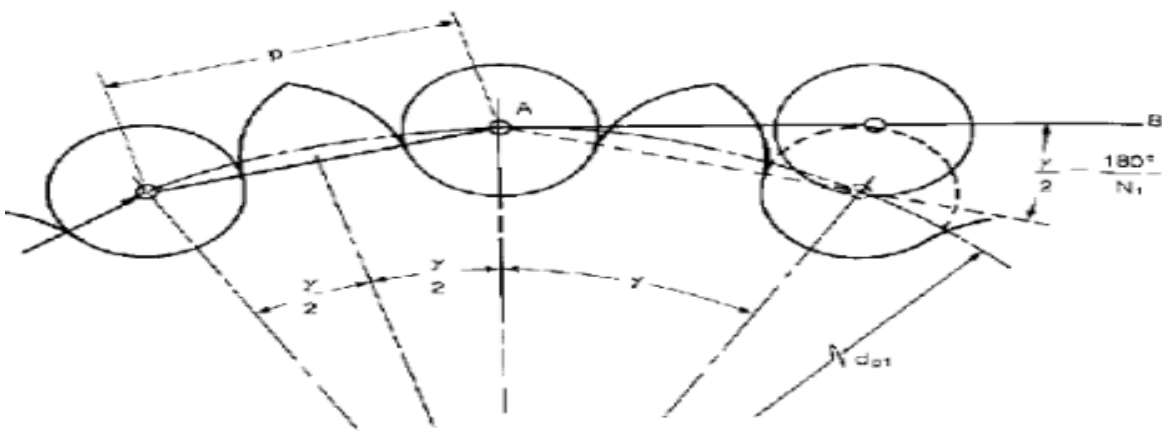


Figure 52:La démarche de conception suivie

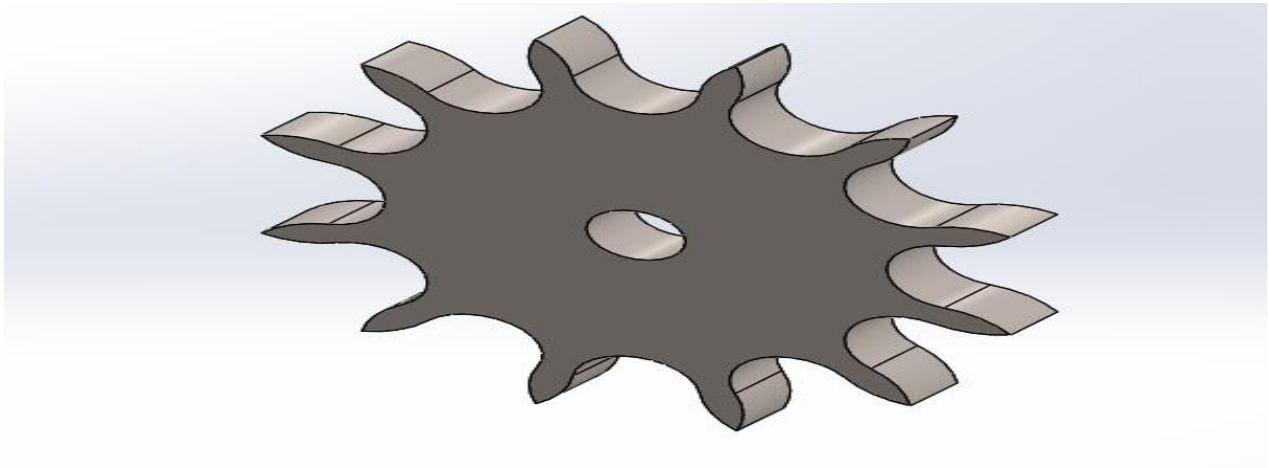


Figure 53:Modélisation sur SolidWorks

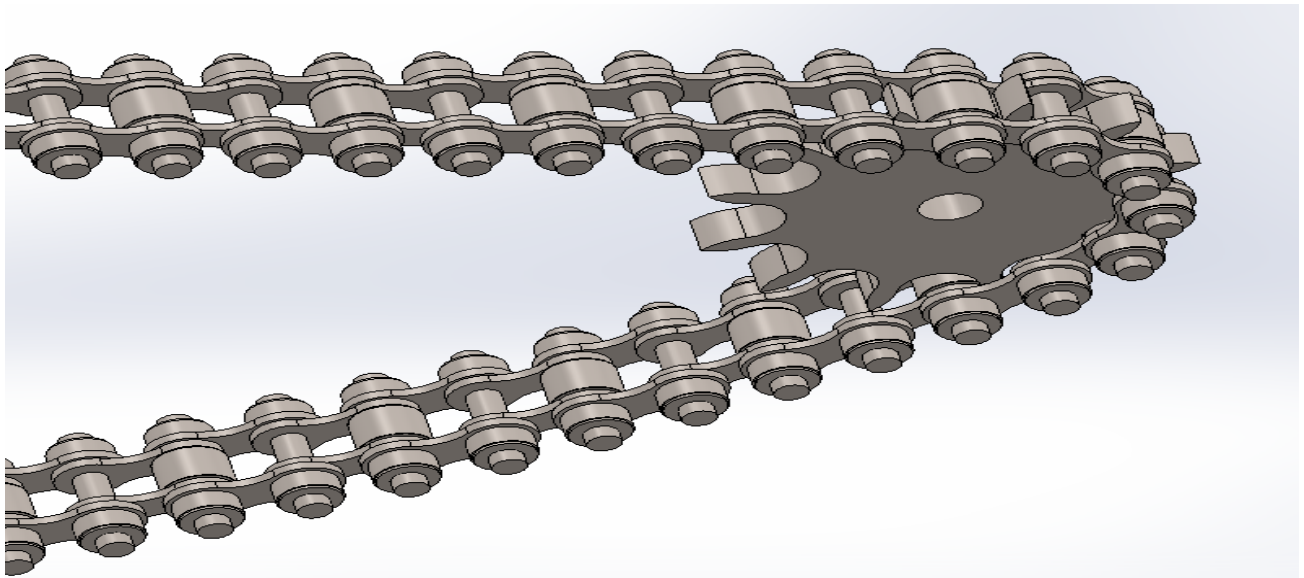


Figure 54:Assemblage roue-chaîne

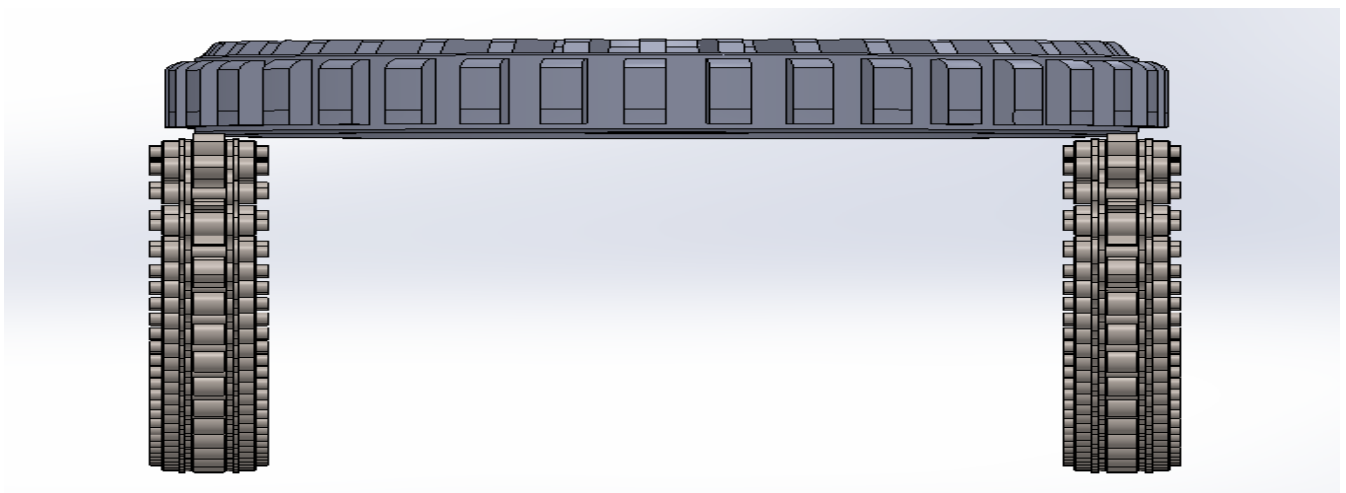


Figure 55:La position du TV8 sur la chaîne du convoyeur

Sur le logiciel de conception SolidWorks j'ai pu spécifier les cotes des composants de convoyeur et le rapport géométriques entre les éléments. J'ai dessiné chaque composant avec leurs dimensions (les plaques extérieures, plaques intérieures les axes, les rouleaux et finalement les rondelles plates et la roue denté ou bien le pignon en suivant la démarche de conception. Ensuite j'ai mis le moyeu tambour sur les chaînes de convoyeur pour calculer la largeur finale de notre convoyeur.

Après l'élaboration de chaque composant j'ai réalisé l'assemblage finale avec la mise en place de cabine de peinture pour que l'idée soit claire.

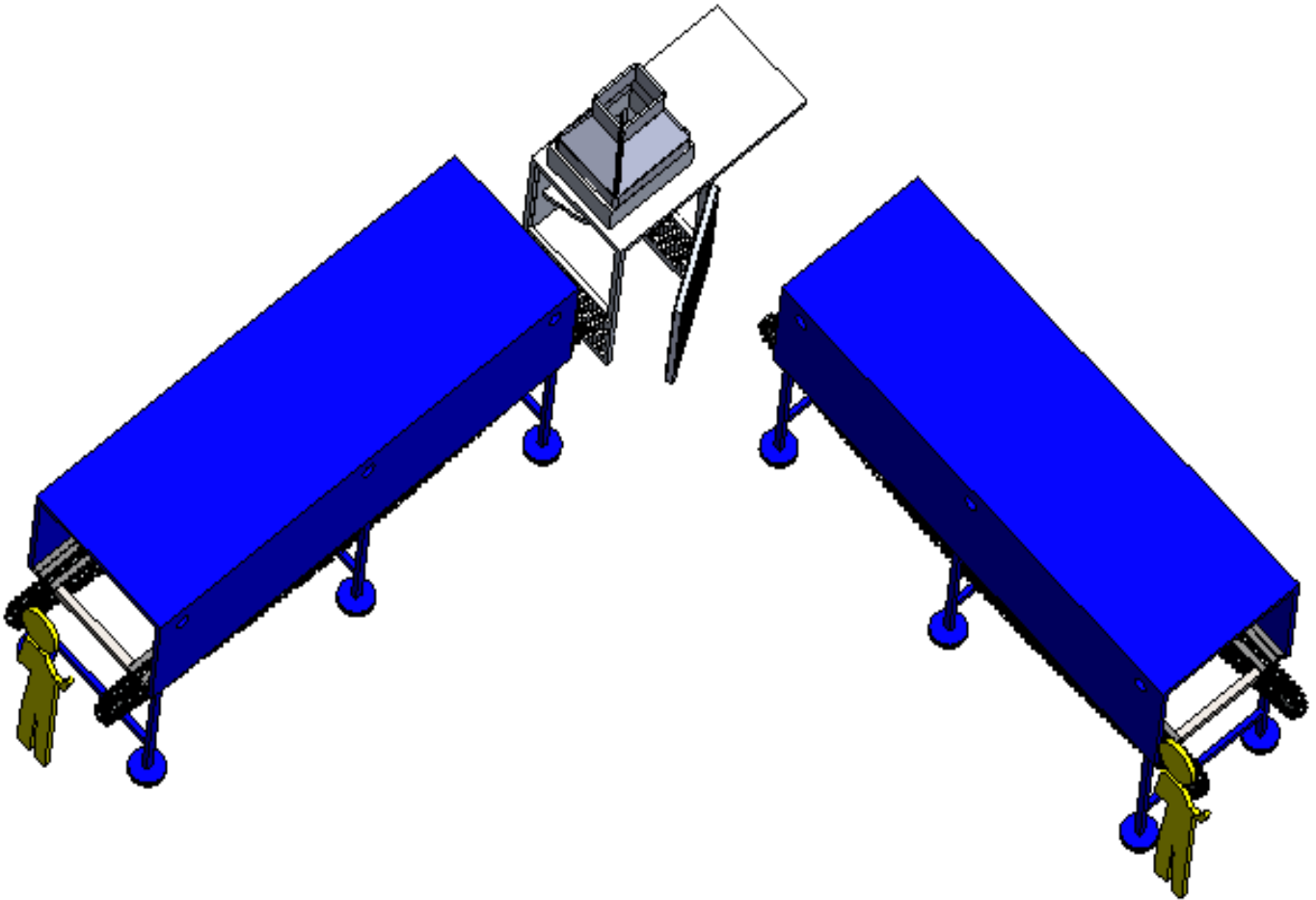


Figure 56:Assemblage finale sur SolidWorks

3. Choix du matériau :

Choisir le bon système est une décision économique très importante pour notre convoyeur. Ce choix dépend de plusieurs paramètres, parmi lesquels on trouve :

- La facilité et la rapidité de la construction
- La mise en place du convoyeur au niveau de la d'op 100 nécessite des Profilés rigides qui subissent aux travaux permanents.

Finalement j'ai adoptée :

Acier comme matériau pour le pied de convoyeur d'accumulation.

Type	Matériau	E [MPa]	G [MPa]	Coefficient de poisson	Re [MPa]
Tube carrée 40*40*2	Acier	210000	80800	0.3	235

Tableau 16:Caractéristiques mécaniques du tube carré en acier 40*40*2

J'ai choisi le Tube carré en acier 40x40x2 pour plusieurs raisons citons :

- ✓ Moins chair par rapport aux autres types du matériaux.
- ✓ Tube carre résisté mieux que tube plein.
- ✓ Légère et facile de monter

4. Simulation sur ABAQUS :

a. Généralité sur ABAQUES :

L'avenir est à l'outil numérique et à la réalité virtuelle ; la simulation et l'analyse numérique se sont développées ces dernières années dans la recherche industrielle privée ou publique (constructeurs automobile, aéronautique, spatial...) améliorant ainsi la productivité des industriels et la vie de tous les consommateurs. La solution d'analyse par éléments finis optimise le prototypage virtuel et la simulation numérique pour l'entreprise en utilisant les hypothèses de la mécanique de la rupture en élasticité et de la dynamique. Ainsi elle simule et améliore les performances des composants, des matériaux et des produits sujets à de fortes exigences opérationnelles.

La simulation et l'analyse numérique ont un impact direct sur la qualité et le temps de mise sur le marché des produits ; de plus, elles accroissent les performances des solutions de gestion du cycle de vie du produit.

Elles sont apparues, dans le désir de minimiser le coût d'une étude avec un nombre d'essais optimisés. La difficulté est de créer un modèle C.A.O. se rapprochant au maximum de la réalité (matériaux, conditions aux limites...). L'étude ne sera validée qu'à partir d'essais physiques entraînant des mesures pour la comparaison entre la réalité et la simulation (crash test...).

D'un point de vue technique, les résultats obtenus grâce à ABAQUS sont le bilan des énergies, des forces nodales, des déformations, des déplacements, des contraintes, des vitesses, des accélérations et de toutes les grandeurs physiques nécessaires à la conception d'un modèle.

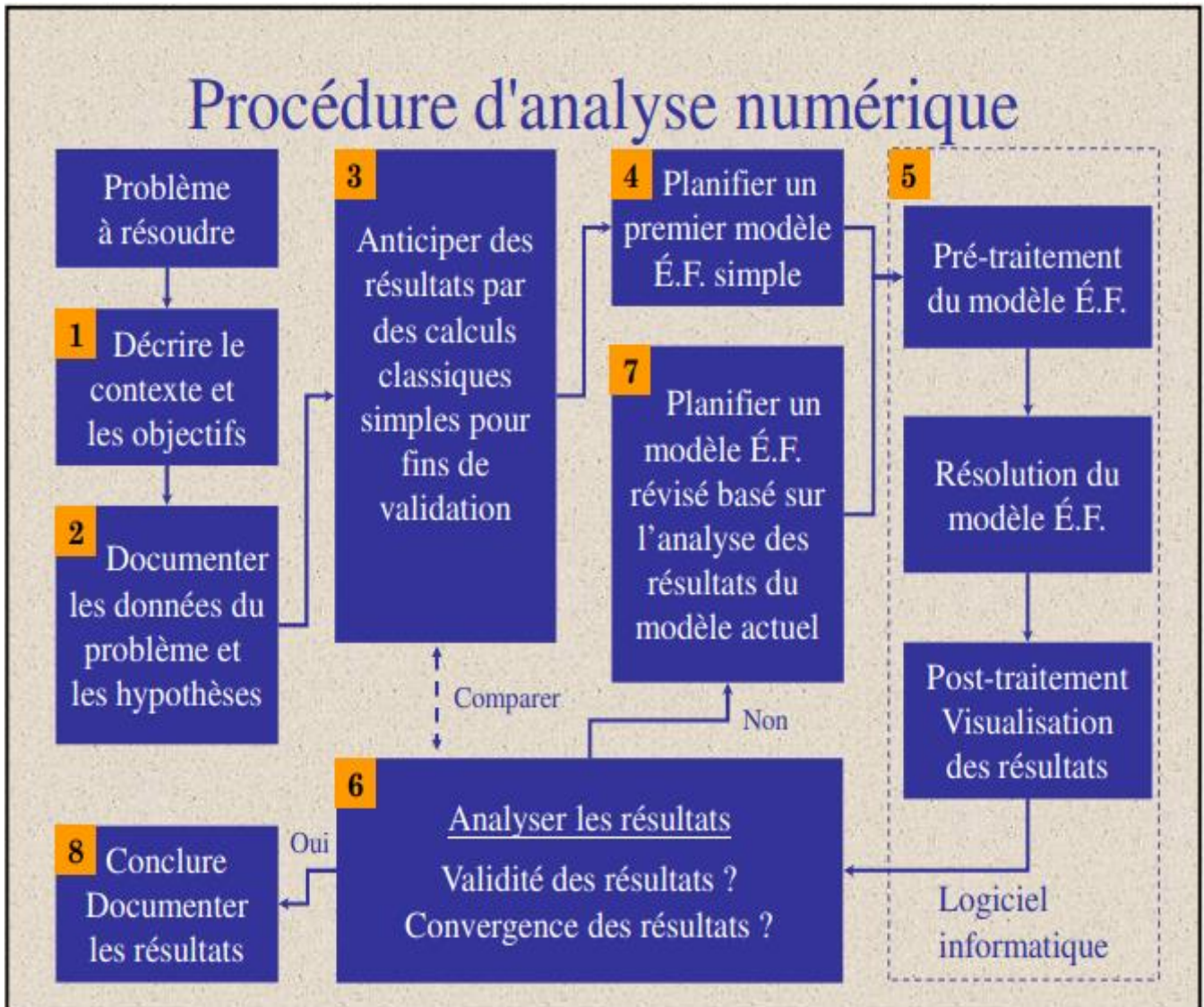


Figure 57: Procédure d'analyse numérique

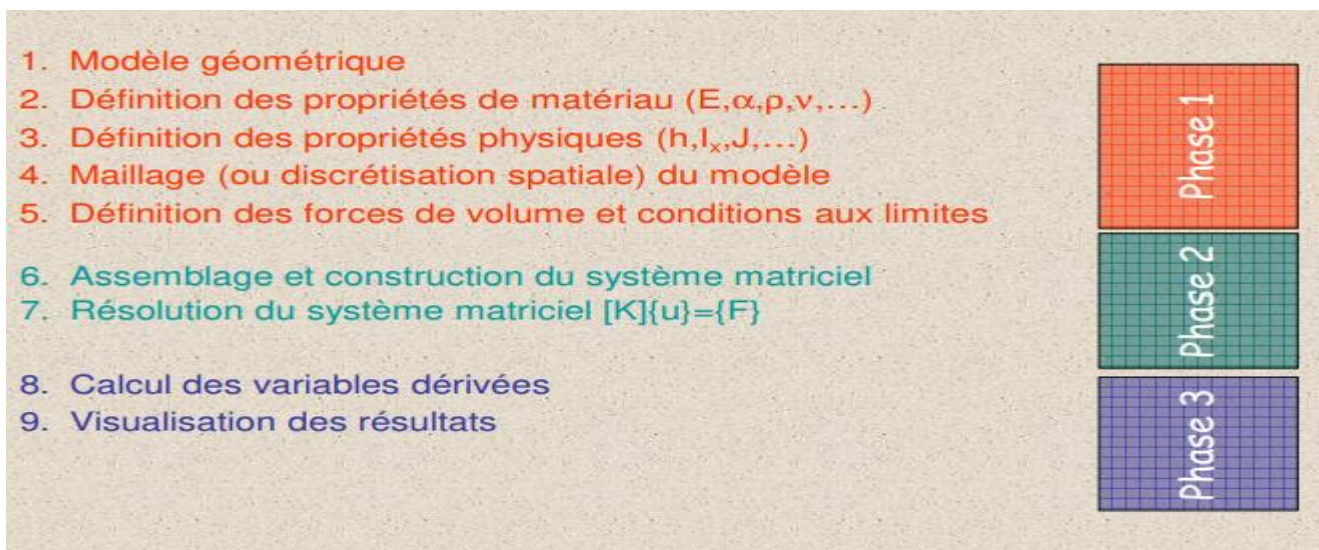


Figure 58: Les phases suivies pour résoudre les problèmes en éléments finis

b. Les étapes de simulation suivie sur abaqes :

Démarche : je dois passer successivement dans les modules (à partir de la liste déroulante) :

Part : définition et création des géométries

Property : Propriétés des matériaux

Assembly : Création d'un ensemble de part

Step : Type de calcul et sorties souhaitées

Interaction : liaisons (contacts) entre les parts

Load : Conditions aux limites du modèle

Mesh : Réalisation du maillage

Job : Paramètres et lancement du calcul

Dans « **PART** » : je vais dessiner la géométrie du tube carrée en donnant les dimensions après cela j'ai cliqué sur validation

Dans « **Property** » : j'ai créé le matériau et j'ai entré les caractéristiques de l'acier et aussi il faut Définir une section solide homogène en acier d'épaisseur 2mm par suite j'associé la section à ma géométrie

Dans « **Asembly** » : j'ai créé seulement l'instance

Dans « **Steep** » : effectuer les calculs statiques

Dans « **interaction** » : pour notre modèle il n'y en a pas

Dans « **Load** » : il faut définir les chargements, dans notre cas je vais appliquer une force répartie de 100 N sur la surface et aussi je dois déterminer les conditions aux limites (encastrement)

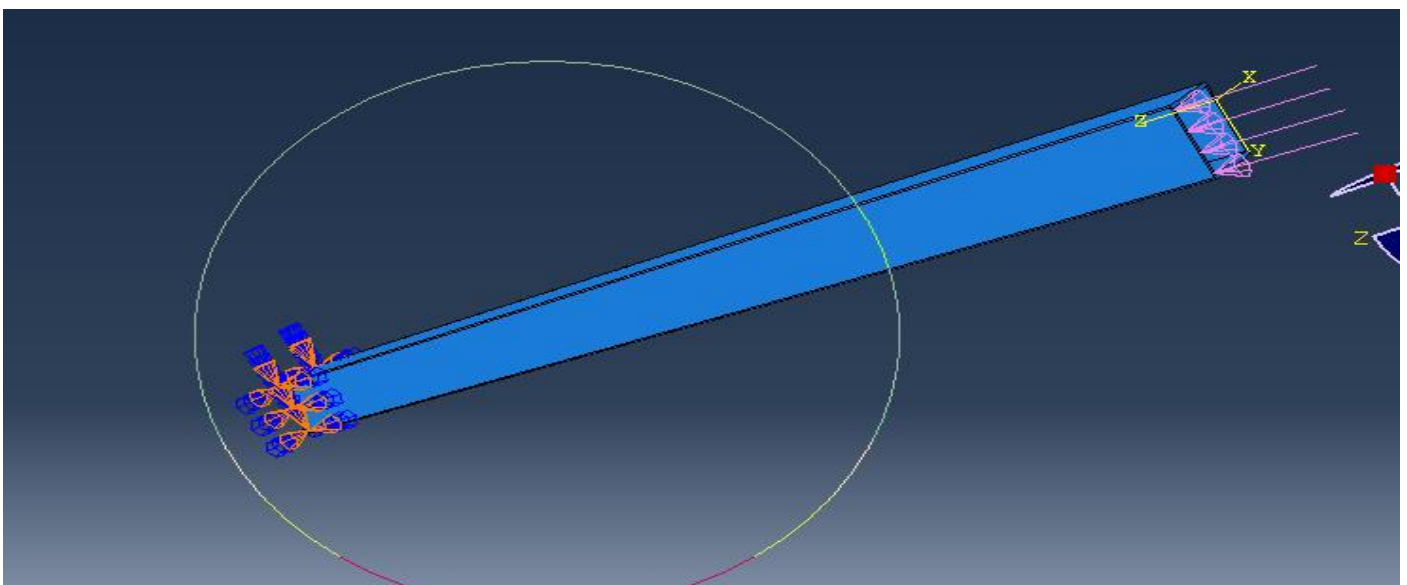


Figure 59:L'étape LOAD sur Abaqus

Dans « **Mesh** » : il faut dans cette étape définir la taille moyenne des éléments et le type de maillage.

Un maillage est la discrétisation spatiale d'un milieu continu, ou aussi, une modélisation géométrique d'un domaine par des éléments proportionnés finis et bien définis. L'objet d'un maillage est de procéder à une simplification d'un système par un modèle représentant ce système et, éventuellement, son environnement (le milieu), dans l'optique de simulations de calculs ou de représentations graphiques.

- La taille du maillage est :3
- Type du maillage est Quadratique

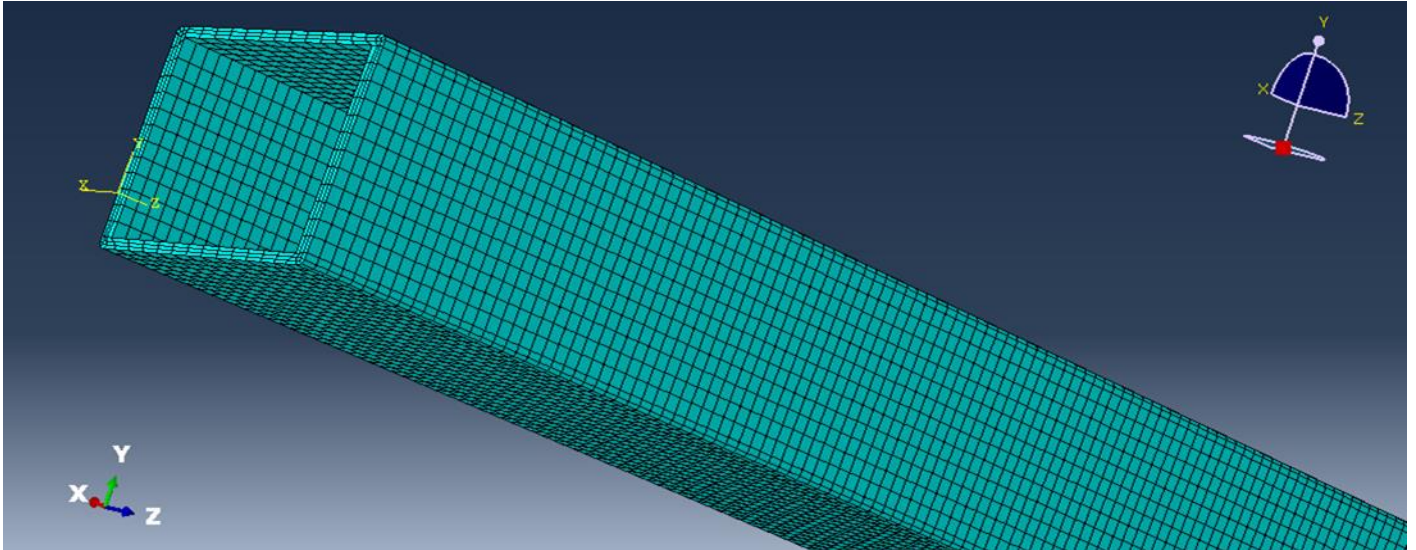


Figure 60:Etape mesh (maillage quadratique)

c. Analyse des Résultats :

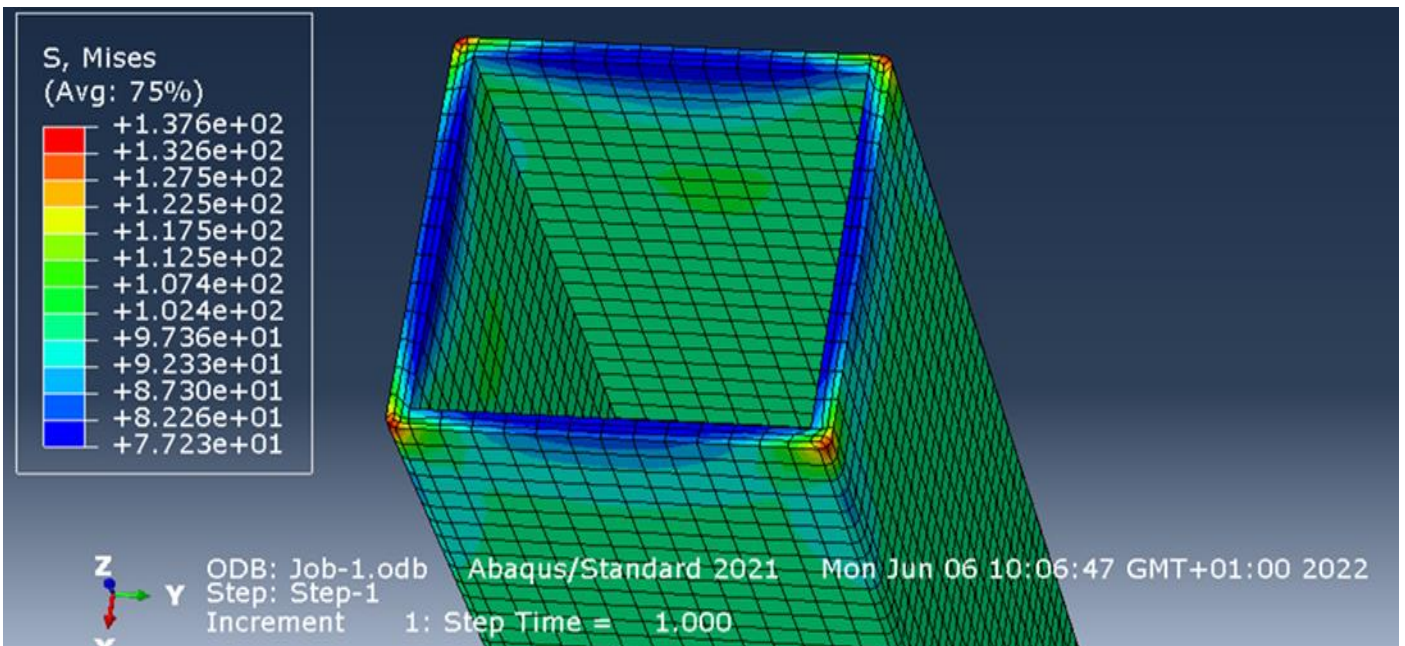


Figure 61:Résultats obtenus par Abaqus (contrainte de Von Mises)

La contrainte de Von Misés doit être plus petite que la limite d'écoulement de 235 Mpa
Les zones critiques sont sur les cotés. Car les contraintes sont concentrées sur les cotés du tube. Donc on doit étudier la convergence dans cette région.

On constate bien ci-dessus que la singularité est ponctuelle et que les contraintes autour de la singularité convergent bien. Grosso modo, la contrainte maximale est de l'ordre 137 Mpa et est relativement locale donc on a obtenu des résultats qui sont satisfaisants.

d. Facteur de sécurité :

Le facteur de sécurité obtenu est donné par le critère de Von Misès (**FS>1**)

$$F_s = 235 / 137.6 = 1.7$$

Chapitre 5 : Etude des gains

Introduction

Dans ce chapitre je vais estimer le coût d'investissement d'op 100, ensuite je vais montrer les gains du ce projet pour l'usine Floquet monopole.

I. Etude des coûts du convoyeur d'op 100 :

1. Description du besoin en matériels mécanique :

Désignation	Caractéristique/Dimension (mm)	Unités	Quantités	P. U	P. T
Chaîne transporteuse à Accumulation	Chaîne à galet accu centraux type A simple en acier inoxydable	M	12	450	5400
Pignon	Pignon correspondant à la chaîne de pas 12.7 Alésage Ø16.5	Pièce	8	300	2400
Galet tendeur	Galet tendeur pour serrer la chaîne	Pièce	4	180	720
Vis	M6*12	Lot	48	345	3450
Écrou	M6	Unité	48	0.3	14.4
Rondelle	D8.5		500	0.14	70
Profil U en aluminium	25*17mm pour 3m	Barre	12	390	4680
Barre fer carrée plein	50*50* pour 1m	Barre	34	660	22440
Pied pour convoyeur	Tube acier creux 40*40*2	Unité	12	200	2400
Motoréducteur	Puissance 150 W Vitesse de rotation 300tr /min	Unité	2	4500	9000

	Réducteur engrenage vis sans fin				
Capteur inductive	Détecter la présence de la pièce sur le convoyeur	Unité	2	2000	4000
				TOTAL (MAD)	54574.4

Tableau 17: Besion en matériels mécanique

On obtient l'estimation du coût total d'investissement du convoyeur est : 54574.4 DHS

2. Gain en temps :

Le premier objectif de mon projet était de réduire le temps de cycle de préchauffage et séchage de tambour. Cela réalisé par changement de la technologie de chauffage adopte dans l'usine par la nouvelle technologie rayonnement par infrarouge. Le résultat de notre étude montre que le temps de cycle est réduit de 15s à 10s donc un gain de 5s cela va améliorer la productivité journalière d'usine.

3. Gain en espace :

Le gain en temps nous donne automatiquement le gain en l'espace avant l'étude les convoyeurs de préchauffage et séchage avaient une longueur de 4.4m et après l'étude la longueur devient 3 m pour chacun. Cela permet de faciliter la circulation des opérateurs de plus permet une bonne gestion des encours.

4. La qualité du produit :

La qualité est la chose la plus importante pour les entreprises car c'est l'image de cette dernière Qui a pour objectif une plus grande satisfaction de la clientèle. C'est pour cela dans mon projet j'ai concentré sur l'amélioration de la qualité en suivant la démarche DMAIC c'est le plus grand gain et le plus important pour l'entreprise floquet monopole.

Conclusion générale

Ce stage au sein de Floquet monopole m'a beaucoup apporté d'un point de vue technique aussi bien que personnel. D'un point de vue technique, le stage m'a permis de mettre en avant mes compétences en génie mécanique et productique. D'un point de vue plus personnel, ce stage m'a permis, tout d'abord, d'évoluer dans une entreprise importante dans le domaine des automobiles. Une entreprise comme celle-ci comporte un avantage principal.

Dans cette entreprise j'ai développé mes connaissances que j'ai acquises pendant mes études supérieures car j'ai essayé d'intégrer les autres services comme la qualité, la gestion de production, la gestion de contrôle. De plus, j'ai mis à profit mes compétences en CAO afin de bien définir mon projet de fin d'étude.

L'objectif de ce stage qui a duré quatre mois était d'améliorer le système de préchauffage des éléments tournants de freinage.

Cette étude portant sur l'opération 100 « protection peinture » qui considère comme un point critique dans l'usine Floquet monopole car il connaît beaucoup de rebut et retouche mon sujet était de changer la technique de chauffage et de réduire le temps de cycle de préchauffage et séchage et j'ai terminé par la création du modèle de chaque composant du convoyeur sous le logiciel de conception SolidWorks. Avec une simulation sur logiciel Abaqus.

Enfin, ce stage a été pour moi l'occasion de me rapprocher du monde de l'industrie qui est un monde très intéressant. L'industrie d'automobile c'est le métier de présent et de l'avenir.

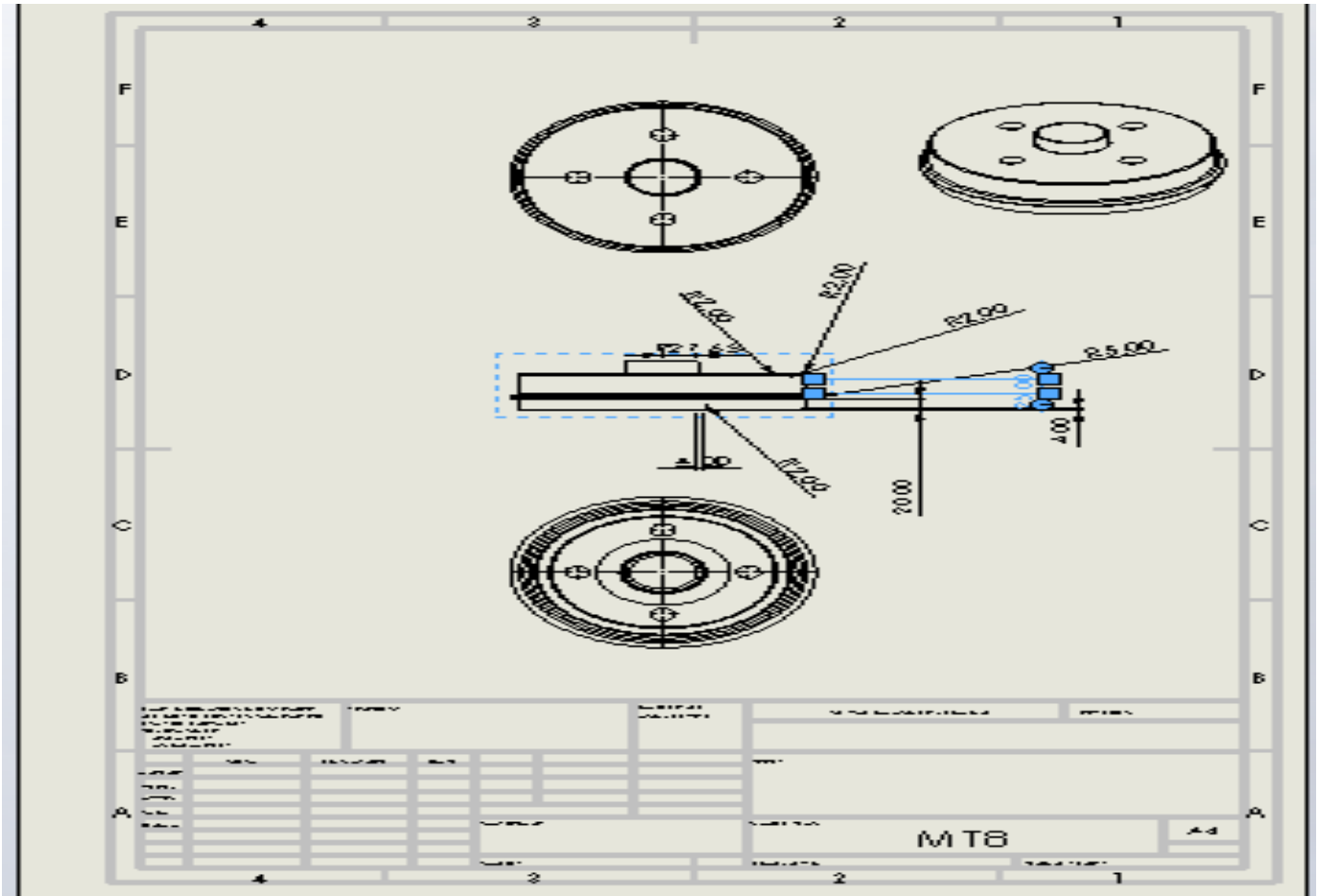
BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cours de construction mécanique de Pr. Hakimi Fst FES
- [2] Cours de calcul des structures par éléments finis de Pr. Abouchita Fst FES
- [3] <https://www.iris-chains.com/industry/catalog/chaines-d-accumulation.pdf>
- [4] <https://www.directindustry.fr/prod/crc-progetti-srl/product-214045-2257411.html>

Annexe

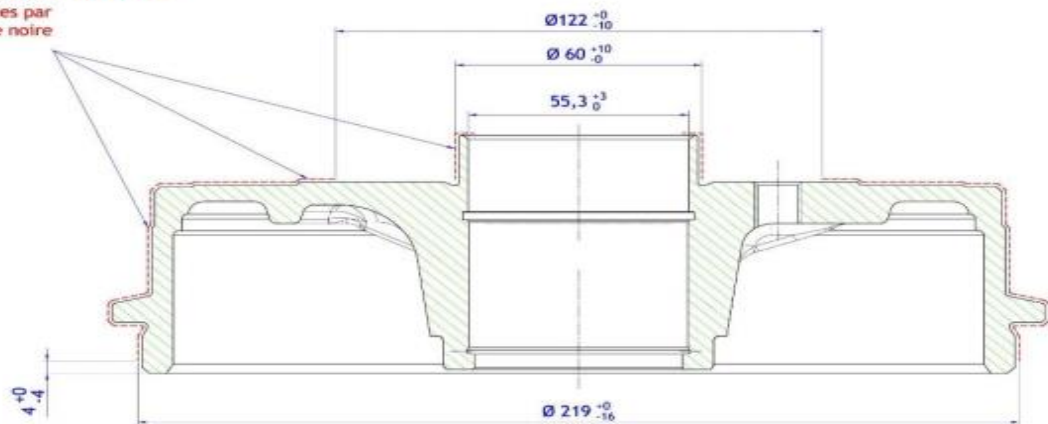
Le dessin de définition représente une pièce ou une partie d'objet projeté sur un plan avec tous ses détails comme les dimensions en cotations normalisées et les usinages.

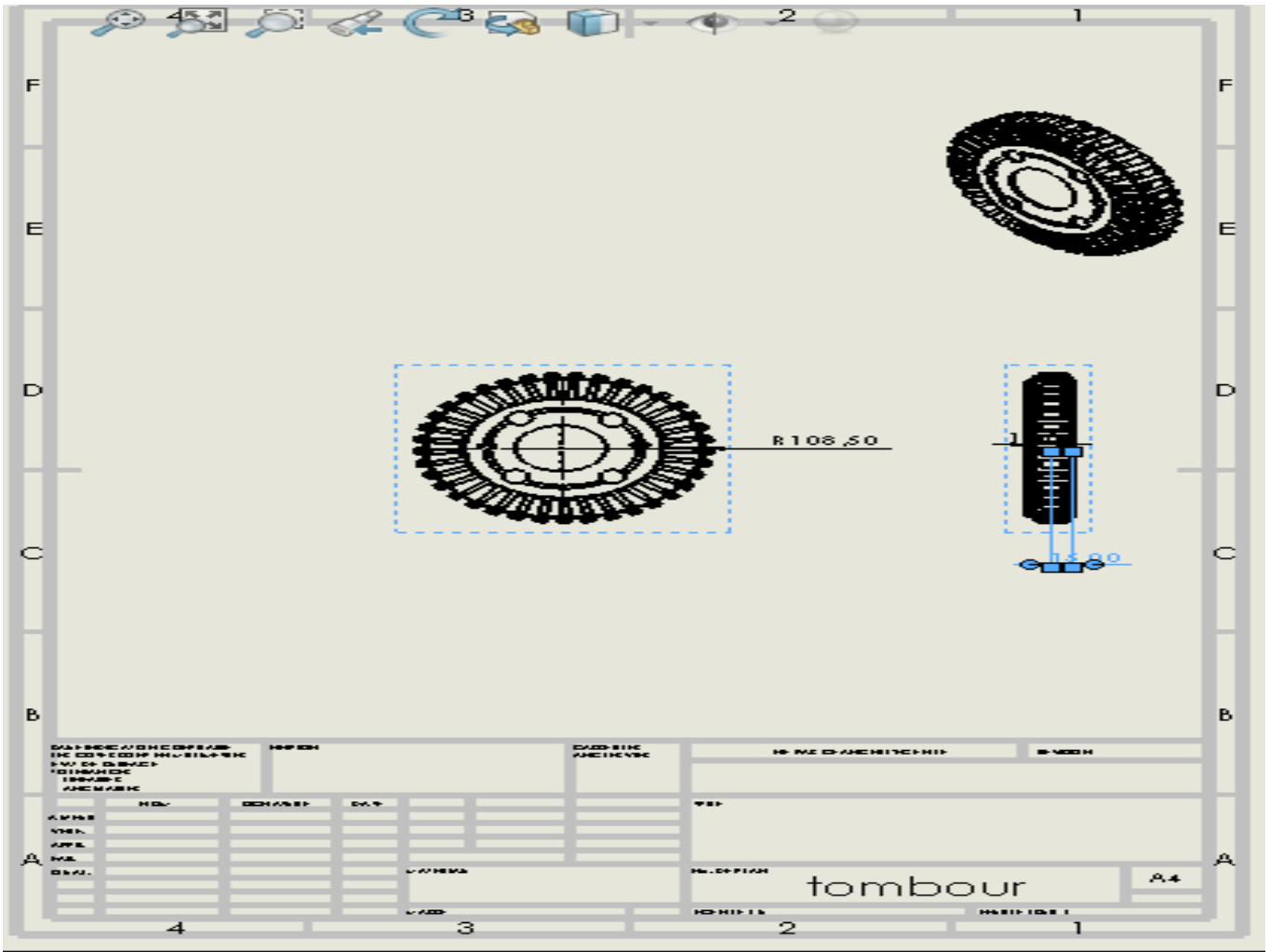
Dans les pages suivantes nous allons présenter le dessin de définition des références des moyeux tambours.



- Moyeu Tambour MT8

Zones protégées par peinture noire





Tambour TV8

