Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Fès
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Mater Sciences et Techniques
Spécialité : Ingénierie Mécanique

Etude et conception d'un chariot matelasseur semi-automatique

Présenté par :

- ***BENKIRANE YOUSSEF***
- ***BENNANI MEHDI***

Encadré par :

- *Abbass Seddouki, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès*
- *Hassan Kherbach, Encadrant de la société Lear Corporation*

Effectué à : *LEAR AUTOMOTIVE CORPORATION*

Soutenu le : *25-06-2015*

Le jury :

- *Mr. Abbass Seddouki, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès*
- *Mr. Bilal Harras, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès*
- *Mr. Abdelhadi El Hakimi, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès*
- *Mr.Abdelhamid Touache, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès*

Année Universitaire : 2014-2015

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 tous le soutien qu'ils nous ont portés 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.

Youssef & Mehdi

Remerciement

Pour réaliser ce travail, plusieurs personnes nous ont assistés, chacune de sa manière. Il est opportun, à cette page, de leur réitérer nos remerciements.

Nous remercions particulièrement Monsieur Abbas Seddouki, notre professeur qui nous a encadrés pendant toute la période du projet. On le remercie pour son aide inestimable, son soutien, ses précieuses directives qui nous ont été très utiles afin de mener notre projet à terme, et surtout sa disponibilité malgré ses innombrables occupations. Nous saluons sa rigueur scientifique qu'il a maintenue tout au long de ce projet.

On exprime nos gratitudes à tous les professeurs de master ingénierie mécanique et tous le corps professoral de la FST de Fès, qui ont contribué à notre formation durant ces 5 années. Nous vous remercions de la clarté, de la richesse de votre enseignement, et de votre gentillesse qui nous ont ouvrir les portes de la connaissance Il n'y a guère de mots qu'on puisse utiliser pour vous remercier de votre collaboration, de votre compréhension, et surtout de votre intégrité.

Nous remercions particulièrement Monsieur HASSAN KHERBACHE, pour leur aide inestimable, son soutien, son précieuses directives qui nous ont été très utiles afin de mener notre projet à terme, et surtout leurs disponibilités malgré leurs innombrables occupations.

On remercie aussi toute l'équipe de la société LEAR CORPORATION pour l'ambiance de travail qu'elle nous a procuré pour effectuer nos tâches dans un environnement motivant.

Enfin, on remercie nos familles et nos amis pour leur soutien et leur encouragement, qu'ils ne doutent pas de notre reconnaissance et de notre affection.

Nous tenons à exprimer toutes nos gratitudes et nos remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu nous honorer par leur présence.

Résumé

Lear Corporation via sa division Lear Seating division, développe et fabrique des sièges automobile de haut niveau. Leader dans son domaine d'activité, Lear cherche à renforcer sa présence dans des pays comme le Maroc dont l'industrie automobile est en plein expansion.

Dans un univers où on cherche à augmenter grandement la qualité, la productivité et la précision, il est nécessaire d'adopter une démarche qui permet d'améliorer les processus de fabrication et réduire les gaspillages. C'est ce qui permet l'innovation technologique.

Notre travail durant ce projet de fin d'étude consiste à la conception d'un chariot matelasseur semi-automatique pour améliorer le procédé de matelassage actuel et par conséquent augmenter la productivité, la qualité et la précision.

Pour atteindre ces objectifs, on a fait appel à des outils de conception et de dimensionnement mécanique et électrique et d'autres méthodes de travail bien adaptées à ce genre d'industries.

Abstract

Lear Corporation through its division Lear Seating develops and manufactures automotive seating of high level. A leader in its field of activity, Lear seeks strengthened its presence in countries such as Morocco which the automotive industry is in full expansion.

In a world where it is sought to greatly increase the quality, productivity and accuracy, requires an approach that improves the manufacturing process and reduce waste. This is what allows technological innovation.

Our work during this final project is a conception of a semi-automatic spreader machine to improve the current process quilting, therefore increase productivity quality and accuracy.

To achieve these objectives, we made use of design tools and mechanical and electrical design tools and other working methods well adapted to this kind of industries.

ملخص

ليرِ كوربريشن بفرعها ليرِ سيتن تطور و تصنع مقاعد السيارات دو مستوى عالي رائدة في مجالها، ليرِ تسعى لتعزيز وجودها في بلدان مثل المغرب، الذي يعرف تطورا كاملا في مجال السيارات.

في عالم حيث نبحث عن الرفع من الجودة و الإنتاجية و الدقة يتطلب تتبع منهجية تمكن من تطوير عملية التصنيع مع تقليص الخسائر، و هذا ما ينتجه الابتكار التكنولوجي.

عملنا خلال هذا المشروع النهائي للدراسة،يكمن في تصميم آلة لبسط اللحاف و هذا من اجل زيادة الجودة، الإنتاجية و الدقة.

لتحقيق هذه الأهداف استعملنا أدوات التصميم و غيرها من وسائل العمل الميكانيكية و الكهربائية التي ثلائم بشكل جيد هذا النوع من الصناعات

Sommaire

Introduction générale.....1

Chapitre1: contexte générale et problématique 2

I- INTRODUCTION 3

II- Présentation de l'organisme d'accueil 3

1. Présentation du groupe LEAR CORPORATION: 3

a- Domaine d'activité : 3

b- Historique de la société : 3

2. Marchés et produits : 4

a- Divisions : 4

b- Produits de Lear Tanger 5

c- Chiffres clés 6

3. Implantation de Lear Corporation : 6

a- Historique de Lear Trim Tanger : 6

b- Fiche technique de la Société Lear Morocco : 7

4. Organigramme hiérarchique 8

III- Contexte du projet 9

1. Processus de fabrication : 9

2. Présentation et analyse des opérations du poste de matelassage 9

a- Opération de matelassage 9

b- Fiche d'enquête (Témoignage des opérateurs) 10

3. Description du matelassage avec le chariot existant : 12

IV- Les intérêts du projet : 13

1. Impact du projet sur l'entreprise 13

2. Risques encourus si l'on fait ou si l'on ne fait pas le projet 13

3. Solutions techniques envisageables, performances probables 13

V- Cahier des charges 14

1. Présentation 14

2. Démarche 14

3. La planification 15

VI- Conclusion 15

Chapitre2: Analyse de l'existant.....16

I. Introduction..... 17

II. Présentation de la méthode AMDEC..... 17

1. Contexte..... 17

2. Les types AMDEC et leur utilisation..... 17

a. AMDEC organisation..... 17

b. AMDEC produit ou projet..... 17

c. AMDEC processus..... 17

d. AMDEC moyen..... 17

e. AMDEC service..... 17

f. AMDEC sécurité..... 18

g. Étapes de mise en place de l'AMDEC..... 18

h. Les principales étapes de la mise en place de l'AMDEC..... 18

3. Présentation de la méthode AMDEC Procédé..... 18

a. Objectifs de l'AMDEC procédé :..... 18

b. Principe de l'AMDEC procédé :..... 18

c. Méthode de l'AMDEC :..... 19

d. Avantages et inconvénients de la méthode AMDEC..... 19

4. Application de la méthode AMDEC Procédé..... 19

a. AMDEC du procédé de matelassage..... 20

b. Interprétations et conclusion..... 20

Chapitre3. : Etude technique et choix des solutions.....22

I- Introduction..... 23

II- Analyse fonctionnelle de la nouvelle machine semi-automatique de matelassage..... 23

1. Analyse fonctionnelle externe..... 23

a- Expression du besoin fondamental (diagramme "bête à cornes")..... 23

b- Validation du besoin..... 24

c- Diagramme des interacteurs simplifié (diagramme "pieuvre")..... 25

2. Enumération et hiérarchisation des fonctions de service..... 27

a- Enumération des fonctions essentielles..... 27

b- Hiérarchisation des fonctions de service :..... 28

c- Analyse de des résultats..... 29

3. Cahier des charges fonctionnel (C.D.C.F)..... 29

4. Analyse fonctionnelle interne 31
a- Diagramme F.A.S.T. (Function Analysis System Technic) : de la fonction globale à la solution technologique. 31
III- Choix des solutions techniques et technologiques 31
1- Déroulage du rouleau de tissu 31
2- Coupe de tissu 32
3- Déplacement du chariot par rapport à la table 32
4- Système de contrôle : Interface Homme/Machine 34
5- Chargement des rouleaux 34
6- Fin de course 34
III. Conclusion 35
Chapitre4. Conception et dimensionnement de la partie mécanique et électrique 38
I- Introduction 37
II- Conception et Dimensionnement de la partie mécanique 37
1- Choix des matériaux 37
a- Choix des matériaux pour les pièces de catégorie 1 37
b- Choix des matériaux pour les pièces de la catégorie 2 38
2- Dimensionnement des arbres 39
a- Dimensionnement de l'arbre porte-rouleau tissu 39
b- Dimensionnement des arbres de transmission 39
3- Conception et dimensionnement des différents mécanismes (sous-ensembles) de la machine semi-automatique 40
a- Conception et réalisation d'un motoréducteur pour l'entrainement de l'arbre porte rouleau tissu 40
b- Conception et dimensionnement d'une transmission de mouvement pour le déplacement motorisé du chariot le long de la table 42
4- Choix et calculs des Roulements 43
a- Calcul dimensionnels et durée de vie des roulements 43
b- Choix de la lubrification 46
III- Dimensionnement de la partie électrique 47
1. Dimensionnements des moteurs 47
a. Type de moteur 47
b. Généralité sur le moteur à courant continu 48
2. Choix des moteurs pour chaque sous-système : 51

a- Motorisation pour l'entrainement des roues arrière 51
b- Choix d'une motorisation pour l'entrainement en rotation de la barre d'enfilage 53
c- Choix d'une motorisation pour l'entrainement de l'axe porte rouleau tissu. 54
IV- Conclusion 55
Chapitre5:Dimensionnement de la partie commande & supervision et étude de la rentabilité économique de la machine 59
I- Introduction 57
II- Dimensionnement de la partie Commande et supervision 57
1. Choix des capteurs 57
a- Choix d'un détecteur de tissu 57
b- Paramètres de choix des capteurs 59
c- Choix des fonctions des différents capteurs 61
d- Choix de l'unité de commande 61
2. Cahier des charges de l'automatisme 62
a- Descriptif sommaire des équipements matériels actifs du chariot matelasseur 62
b- Principe de fonctionnement 62
c- Définition des fonctions du pupitre de commande. 63
d- GRAFCET de l'automatisme 63
IV- Étude de rentabilité financière 64
1. Introduction 64
2. Evaluation du coût global de réalisation de la machine de matelassage semi-automatique localement 64
3. Evaluation du gain 65
Premier gain 65
Deuxième gain 65
V- Conclusion 66
Conclusion générale 70
Annexe 1 : diagramme Gant du projet 70
Annexe 2 : Résultats de la hiérarchisation 71
Annexe 3 : Diagramme FAST (Analyse fonctionnelle interne) 72
Annexe 4 : Choix de matériaux 75
Annexe 5 : dimensionnement des poulies et courroies (logiciel MITcalc) 77
Annexe 6 : Dessin de la machine 84

Liste des figures

Figure 1 : Sièges intérieurs pour automobile ____ *3*
Figure 2 : Divisions de Lear Corporation ____ *4*
Figure 3: Secteurs d'activités de Lear Corporation ____ *5*
Figure 4 : Modèles de voitures clients de Lear Auto motive Tanger ____ *5*
Figure 5 : Les unités de production de Lear Corporation à travers le monde ____ *6*
Figure 6 : Fiche technique de LEAR MOROCCO ____ *7*
Figure 7 : Organigramme hiérarchique Lear Corporation ____ *8*
Figure 8 : Operations de matelassage ____ *10*
Figure 9 : Processus de matelassage ____ *11*
Figure 10 : poste de matelassage ____ *12*
Figure 11 : démarche résolution de la problématique ____ *14*
Figure 12 : Catégorisation des actions correctives à engager ____ *21*
Figure 13 : Diagramme bête à cornes ____ *23*
Figure 14 : Diagramme Pieuvre conception/fabrication ____ *25*
Figure 15 : Diagramme Pieuvre, fonctionnement normal ____ *26*
Figure 16 : Diagramme Pieuvre, Maintenance/ réparation ____ *27*
Figure 17: hiérarchisation des fonctions de service ____ *28*
Figure 18 : Comparaison entre acier faiblement allié et acier à teneur moyenne en carbone. ____ *38*
Figure 19 : Dimensionnement de l'arbre porte rouleau tissu ____ *39*
Figure 20 : Dimensionnement des arbres de transmission ____ *40*
Figure 21 : Mécanisme de déroulage du tissu ____ *41*
Figure 22 : Caractéristiques de poulies et courroies du mécanisme de déroulage du tissu ____ *41*
Figure 23 : caractéristiques des engrenages du mécanisme de déroulage du tissu ____ *42*
Figure 24 : Systèmes de transmission arrière par poulies-courroie ____ *42*
Figure 25 : Caractéristiques des poulies et courroie de la transmission arrière ____ *43*
Figures 26 : Calcul roulement de la barre d'enfilage ____ *44*
Figures 27 : Calcul roulements des roues et du motoréducteur ____ *45*
Figure 28 : Démarche de choix d'une lubrification ____ *46*
Figure 29 : Dessin de la machine sous Catia V5 ____ *47*
Figure 30 : inversion du sens de rotation du MCC par le pont H ____ *49*
Figure 31 : inversion du sens de rotation du MCC par les transistors ____ *50*
Figure 32 : Alimentation du MCC ____ *50*
Figure 32: exemples circuits de puissance et commande d'un MCC avec inversion de sens de rotation ____ *50*
Figure 33 : moteur pour l'entrainement des roues arrière ____ *53*
Figure 34 : moteur pour l'entrainement de la barre d'enfilage ____ *54*
Figure 35 : moteur pour l'entrainement de l'axe porte rouleau tissu ____ *55*
Figure 36 : Logigramme de choix des capteurs ____ *58*
Figure 37 : Mécanisme de détection par système de barrage ____ *61*
Figure 38 : Grafcet de l'automatisme ____ *63*

Liste des tableaux

Tableau 1 : barème d'évaluation de la criticité des défaillances 19
Tableau 2 : synthèse AMDEC procédé du matelassage 20
Tableau 3 : Validation du besoin 24
Tableau 4 : Fonctions de services essentielles 28
Tableau 5 : Cahier de charge fonctionnel 30
Tableau 6 : Comparaison des solutions du déroulage du rouleau de tissu 32
Tableau 7 : Comparaison des solutions du dispositif de coupe automatique 32
Tableau 8 : Comparaison entre solutions du déplacement du chariot 33
Tableau 9 : Comparaison des systèmes de contrôle 34
Tableau 10 : Comparaison des solutions de chargement de rouleaux de tissu 34
Tableau 11 : Caractéristiques de choix d'un capteur 59
Tableau 12 : Choix d'un détecteur photoélectrique 60
Tableau13 : Choix d'un système de détecteur 60
Tableau 14 : Fonction des capteurs 61
Tableau 15 : Choix de l'unité de commande 62
Tableau 16 : Coûts des différents composants 65
CLASSIFICATION DES MATERIAUX EN FONCTION DE LA DURETE ET DU MODULE D'YOUNG 75
CHOIX DU MATERIAU DES PIECES CRITIQUES 77

Introduction générale

De nos jours, les systèmes de productions sont de plus en plus performants. Cette performance n'est pas un hasard mais bien le fruit d'une recherche constante d'amélioration des conditions de travail et de l'ergonomie grâce a l'innovation. Parmi les éléments rendant plus performants ces systèmes, la conception des machines qui permet d'améliorer la précision et la rapidité d'exécution. En effet, Lear Corporation est une société américaine spécialisée dans la fabrication et la distribution d'équipements intérieurs automobiles a fait de l'innovation son fer de lance pour répondre à un marché de plus en plus exigeant et ceci malgré la conjoncture économique actuelle.

Le procédé de matelassage au sein de la société Lear Corporation constitue une phase primordiale dans le processus de fabrication des sièges automobiles. Cette opération de matelassage consiste à prendre en entrée le tissu sous forme de rouleaux et le déplier afin d'en faire des matelas. Cette opération se fait que manuellement ce qui cause une énorme perte de temps par unité de matelas, aussi qu'un manque de qualité et de la précision. A cet effet, les responsables du département coupe ont décidé d'améliorer le procédé de matelassage actuel, par la mise en place d'un chariot matelasseur semi-automatisée.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'étude intitulé : Etude, conception d'un chariot matelasseur semi-automatique. Ce projet consiste à répondre aux objectifs de la productivité, de qualité et d'expansion sectorielle de l'entreprise.

Ainsi, afin d'atteindre ces objectifs, notre travail sera architecturé comme suit :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil suivie d'une description de l'opération de matelassage ainsi qu'une description du cahier des charges de la machine.

Le deuxième chapitre portera sur l'analyse des modes de défaillance du procédé de matelassage et des interprétations au niveau des actions correctives à mener.

Le troisième chapitre présentera l'étude de conception, une analyse fonctionnelle détaillée nous donnera les solutions techniques et technologiques à dimensionner.

Le quatrième chapitre présentera le dimensionnement mécanique et électrique de la solution choisie.

Enfin, le dernier chapitre comportera une étude sur la partie commande et supervision de la machine ainsi qu'une étude de rentabilité du projet.

Chapitre I :

CONTEXTE GENERALE ET PROBLEMATIQUE

I- INTRODUCTION

Ce Premier chapitre nous aide à comprendre le contexte général de notre projet de fin d'étude. A cet effet il faut dans une certaine mesure présenter les contours et les limites du projet ainsi que l'état actuel des lieux. Alors nous présenterons l'entreprise d'accueil ainsi nous décrirons le processus de fabrication et le poste de matelassage manuel qui est le centre de notre démarche.

II- Présentation de l'organisme d'accueil

1. Présentation du groupe LEAR CORPORATION:

Les constructeurs automobiles ne sont pas les seuls acteurs dans l'industrie automobile. Une part importante des éléments composant une voiture est produite par les équipementiers. Ces derniers sont ainsi devenus des acteurs industriels incontournables, spécialisés le plus souvent dans des sous-ensembles complets (sièges, systèmes d'échappement…etc.) des véhicules. Lear Corporation fait partie de ces équipementiers et se classe parmi les leaders sur le marché international.

a- Domaine d'activité :

Lear Corporation est une société américaine spécialisée dans la fabrication et la distribution d'équipements intérieurs automobiles.

Figure 1 : Sièges intérieurs pour automobile

À la fin de juin 2009, elle était le deuxième fabricant de sièges automobiles au monde. En 2006, elle possédait 242 unités de production dans 33 pays, employait environ 90 000 personnes et avait un chiffre d'affaires de 17,8 milliards USD.

Son siège est situé à Southfield au Michigan,

États-Unis et son nom apparaît sur la liste Fortune 500.

b- Historique de la société :

Lear Corporation a commencé en 1917 lorsque fut fondée AMP, petite société de fabrication de composants de sièges et d'armatures. AMP fournissait les leaders de l'industrie automobile de Détroit (Ford, Chrysler et General Motors) les pièces de grande qualité, à bas prix. En 1936, AMP pour suivit son développement en rachetant No-Sag Allemagne, qui introduisit les premières nappes de siège, innovation majeure dans la technologie du siège automobile.

En 1966, AMP rentra dans le conglomérat Lear Siegler et en 1975, sa Division Générale des Sièges fut formée.

A la fin des années 70, ses activités comprennent la production de composants de siège aux U.S.A., au Canada, au Brésil, en France, en Allemagne et au Mexique.

Les années 1990 marquèrent une forte expansion de Lear. Le 7 avril 1994, la société fut introduite en bourse avec une offre initiale d'achat et fut répertoriée à la bourse de New York (symbole : LEA). En juillet 1995, Lear ouvrit son nouveau Centre d'Essais et de Technologie avancée à Southfield, Michigan. Ce centre est consacré aux nouveaux concepts produits, aux méthodes d'essais sophistiqués et aux technologies de production avancées.

En 2008 Lear a acheté l'unité de coupe et couture des coiffes -SUNVIAUTO MOROCCO.

Les activités de Lear Corporation à l'échelle du monde comprennent désormais des compétences dans les cinq systèmes d'intérieur: sièges, portes, sols, garnitures de pavillon et tableaux de bord. De par leur diversité, leur nombre et leur place à travers le monde, les employés de Lear sont la clé de notre position incontestée de leader industriel. En avançant dans le 21ème siècle, notre but est d'améliorer en continu notre technologie, notre qualité, nos services et nos coûts, et d'être le premier fournisseur mondial de systèmes, de composants et de services d'intérieur automobile.

2. Marchés et produits :

a- Divisions :

La multinationale Lear Corporation opère dans différents secteurs d'activités.

En général, le secteur des systèmes électroniques et électriques, le secteur des sièges automobiles, habillages des portes, garniture de pavillon, tapis et acoustique, tableau de bord et composants de la climatisation et console.

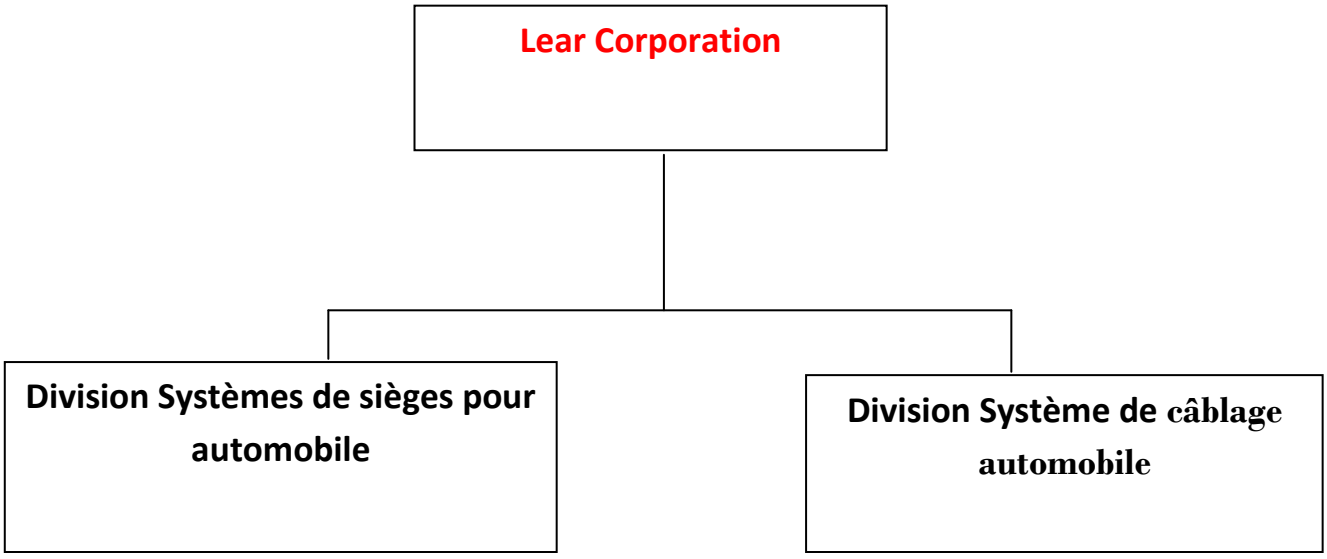


Figure 2 : Divisions de Lear Corporation

b- Produits de Lear Tanger

Le groupe Lear Automotive conçoit, à travers ses unités de production réparties dans les quatre coins du globe, fabrique et commercialise des modules majeurs de véhicule à savoir : Les sièges intérieurs, l'habillage des portes, garnitures de pavillon, système de distribution électrique et électronique ainsi que les composants de la climatisation et tableau de bord.

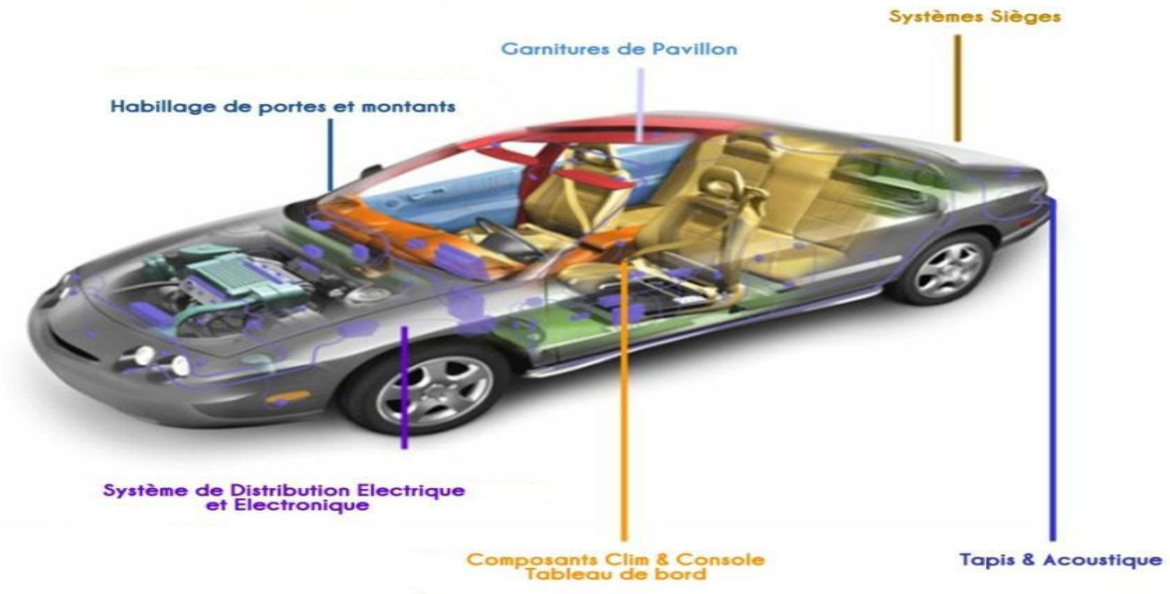


Figure 3: Secteurs d'activités de Lear Corporation

L'unité de Lear Tanger fournit ses produits pour des clients de masse. Les grands fabricants d'automobile dans le monde comme Nissan, Peugeot, Renault, et Fiat présentent la majeure clientèle de Lear Trim.

Figure 4 : Modèles de voitures clients de Lear Auto motive Tanger

Pour chaque projet, on trouve plusieurs versions de siège selon le modèle de voiture concerné.

c- Chiffres clés

- Ventes annuelles de $12.2 billion
- Taille entre $45 billion et $50 billion
- Classé deuxième au nord d'Amérique
- Classé troisième en Europe
- Leader en Chine et Inde
- Premier dans le marché Soyfoam et leader de coupe de fouet de protection avec ProTecPLuS™

3. Implantation de Lear Corporation :

Groupe d'ingénierie et de services pour l'industrie automobile, Lear Corporation compte aujourd'hui 242 unités de production dans 33 pays, et emploie environ 90 000 personnes.

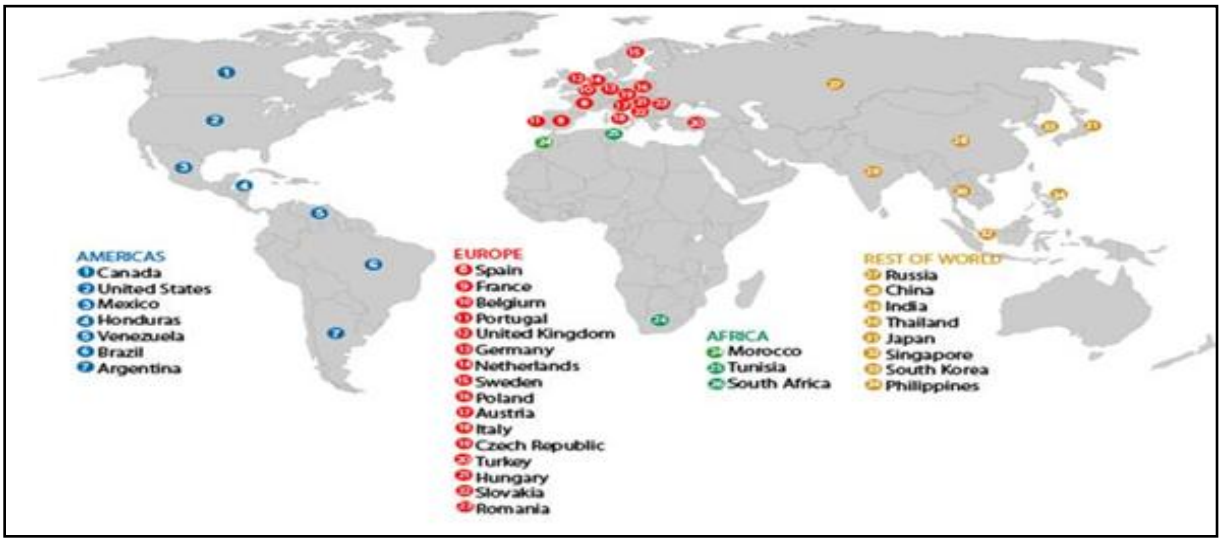


Figure 5 : Les unités de production de Lear Corporation à travers le monde

Groupe LEAR AUTOMOTIVE MOROCCO :

a- Historique de Lear Trim Tanger :

- Mai 2008 : Acquisition de la société SUNVIAUTO.
- Juillet 2008 : Début de l'activité de coupe à Trim 2.
- mars 2009 : Consolidation de la coupe et de la couture dans Trim 2.
- Juin 2009 : Lancement du programme A51 (Stand Up Couture)
- Octobre 2009 : Obtention de la certification TS 16949.
- Décembre 2009 : 3ème shift commence le travail dans le processus de couture.

- Avril 2010 : Mise en œuvre complète de l'expédition en vrac.
- Juillet 2010 : Certification TS 16949 (1er tour).
- Septembre 2010 : Acquisition de la Nouvelle-bâtiment Lear Trim3, Commencement de la coupe en cuir à l'intérieur (projet D25) et la Société décernée pour deux nouveaux projets.
- Novembre 2010 : Transfert d'un nouveau projet de Jaroslaw à Tanger.
- 2011 : Début de l'injection de la mousse pour les appuie-tête.

b- Fiche technique de la Société Lear Morocco :

Nom/ Raison Sociale : LEAR AUTOMOTIVE MOROCCO TRIM

Location : Lear Automotive Morocco, Lot 10, Pavillon C d'exportation, 90000-Tanger-Maroc

Téléphone : +212 539 398 500 Fax : +212 539 394 420

Site web : www.lear.com

Date de création : Mai 2008

Capital : 30000000 $

Forme juridique : Société Anonyme Simplifiée S.A.S

Identification fiscal : 04906333

Numéro d'affiliation CNSS : 6513990

Registre de commerce : 20431

Activité : Production des coiffes d'automobiles

Chiffre d'affaires : 133.000.000 DHS (année 2010)

Effectif de l'Entreprise : 1800 dont une quarantaine de salariés

Patente : 5023001

Figure 6 : Fiche technique de LEAR MOROCCO

4. Organigramme hiérarchique

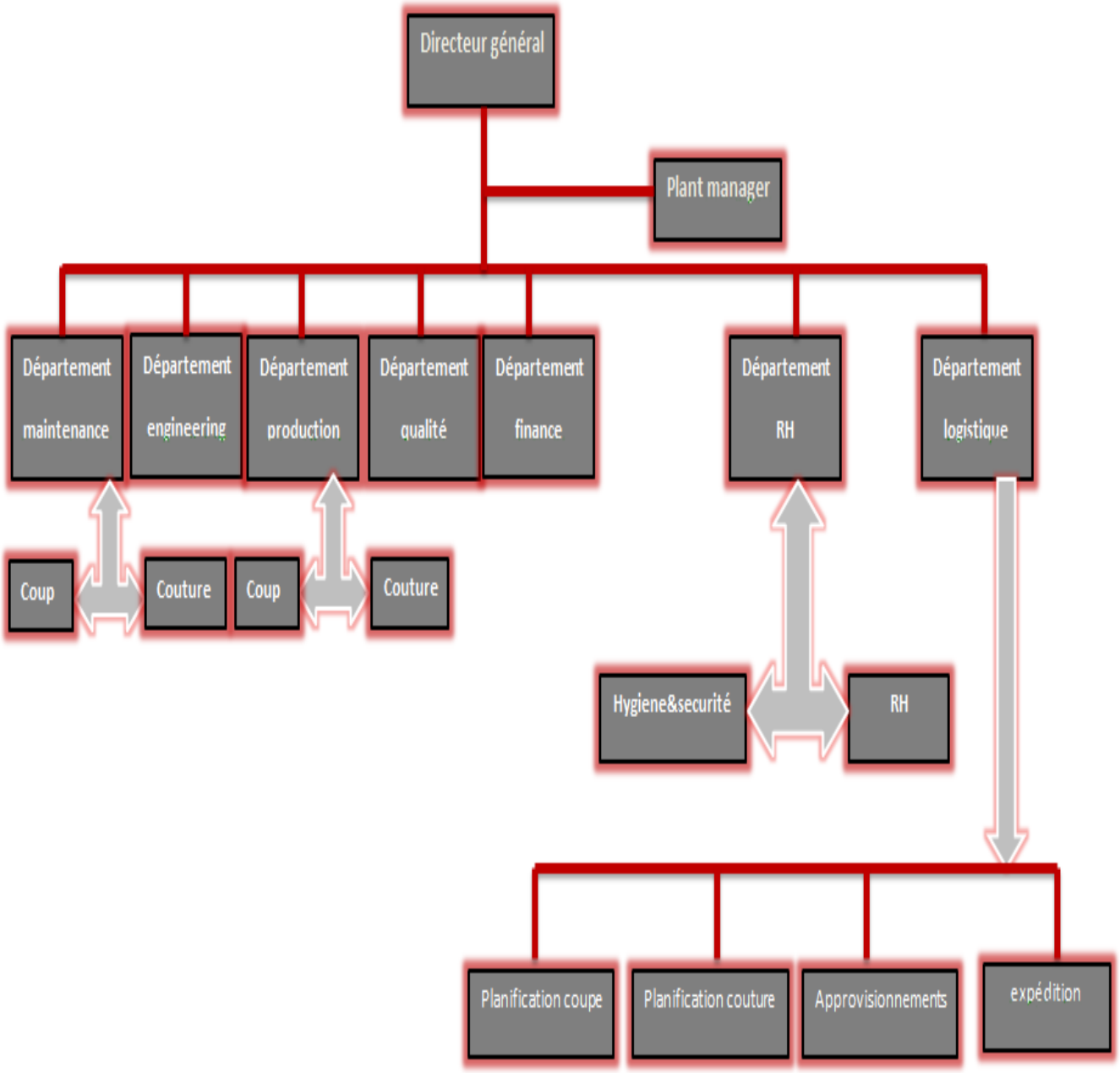


Figure 7 : Organigramme hiérarchique Lear Corporation

III- Contexte du projet

1. Processus de fabrication :

La matière première envoyée par le fournisseur arrive dans la société et passe par le service Réception de la matière première. Après un contrôle qualité consistant à vérifier les irrégularités dans la matière et les différentes longueur et laizes, la matière première est stockée. Il en va de même pour les différents accessoires accompagnants les rouleaux de tissus (matière première).

Une fois la commande lancée par le service planning, les rouleaux sont transportés vers le département de la pré-production où l'on retrouve les services Matelassage, Coupe, Répartition, coupe Bande…

En effet, la pré-production est le service le plus sollicité en termes de charges à Lear Corporation. Avant de passer sur les lignes de couture (couture), les commande passe par le service de la coupe qui est tenu d'exécuter las plans journaliers de production. Au niveau de la Coupe, la section de matelassage réalisé par 20 chariots matelasseurs. Il s'agit d'étaler les tissu sur une table en le mettant sous forme de couches épaisses de 20 ou 40 feuilles appelées matelas. Ensuite vient la coupe par presse (10 presses au total), la coupe par scie, la coupe par robot Cutter. Il existe aussi des fonctions auxiliaires comme le tronçonnage, le piqué et la recoupe, Transfert et relaxation.
En parallèle à la coupe des matières première se fait la préparation des accessoires à utiliser au niveau de la couture.

A sortie de la pré-production, on obtient des empiècements prêt à être assemblés pour en faire un article complet. Ces empiècements passent donc par les ateliers de couture (Production Trim 1et 2). Après la couture on fait un contrôle 100% des articles. Un premier sondage puis un deuxième précèdent le conditionnement et l'emballage des articles. Une fois l'emballage fait, un service s'en charge de repartir les différents articles en fonction de leurs destinations. S'ensuit la facturation et l'exportation des articles (service Import/Export).

2. Présentation et analyse des opérations du poste de matelassage

a- Opération de matelassage

Cette analyse a pour objectif de nous montrer l'état réel de l'opération de matelassage .Nous nous proposons une analyse basée sur les observations faites au cours de notre stage au sein de la société Lear Corporation et sur les témoignages des premiers concernés c'est-à-dire les opérateurs.
L'opération de matelassage est une opération qui consiste à prendre en entrée le tissu sous forme rouleaux et le déplier afin d'en faire des matelas, c'est-à-dire des empilements de feuilles de tissu suivant un nombre de plis et un mode de pliage déterminer à l'avance. On peut diviser le processus de matelassage en quatre opérations à savoir :

- La découpe du papier,
- La découpe du tissu
- Le déplacement manuel du chariot sur la table de matelassage

- Déroulage du tissu

Toutes ces opérations sont faites manuellement. Le chariot supportant les rouleaux de tissus est posé sur la ligne et est déplacé manuellement en cas de besoin. Ce travail est d'autant plus difficile que le chariot pèse assez pour les personnels.

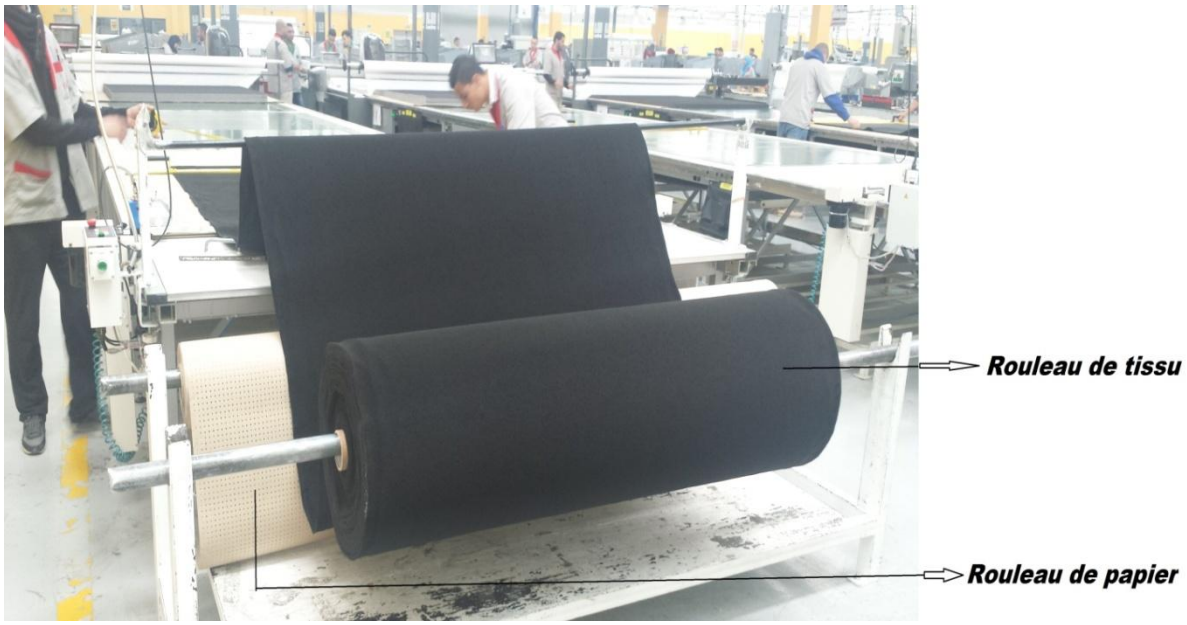


Figure 8 : Operations de matelassage

b- Fiche d'enquête (Témoignage des opérateurs)

Pour mettre en relief les problèmes et les conditions qui régissent les 20 postes de matelassage, nous avons décidé de prendre les avis de certains opérateurs. Ainsi il en est sorti les informations suivantes :

- Difficulté de déplacement des rouleaux pour les monter sur le chariot (poids de ces derniers)
- Pour les petites laizes, les opérateurs n'arrivent pas à manipuler le tissu car la table est trop large et du coup le tissu est loin des bords.
- Toujours pour les petites laizes, il existe des difficultés de centrage,
- Pénibilité du travail (fatigue au niveau du dos)
- Pertes de temps. En effet, après chaque coupe il faut mesurer la longueur pour s'assurer d'être dans les exigences de la commande.
- La durée moyenne pour un matelas est d'environ 20 minutes.
- Selon les opérateurs, s'il y a des améliorations à faire, il faut surtout se concentrer sur le déplacement du chariot le long de la table, les coupes du tissu ainsi que le déroulage, le chargement des rouleaux des tissus, le comptage des couches.

Nous allons toujours nous baser sur les observations et nos renseignements pour donner les manquements de la méthode de matelassage actuelle. En effet les problèmes majeurs rencontrés sont d'ordre technique, quantitatif et qualitatif.

Sur le plan technique et du travail

- Pénibilité du poste entrainant la fatigue chez les opérateurs
- Difficulté de déplacement du chariot
- Difficulté dans la découpe du tissu
- Pénible travail de chargement des rouleaux sur les bars porte-rouleaux

Sur le plan quantitatif

- Nombre journalier réduit de matelas par poste de matelassage
- Nécessité de la présence d'au moins deux opérateurs
- Gaspillage de la matière première en quantité (pertes)
- Enorme perte de temps par unité de matelas

Sur le plan qualitatif

- Manque de précision de coupe du tissu.
- Erreurs de coupes.

Une fois une liste des défaillances du matelassage établie nous pouvons analyser les modes de défaillances, leurs effets et leurs criticités. C'est-à-dire que nous allons établir un AMDEC afin de déterminer les défaillances critiques, pour améliorer le système.

Le processus de matelassage peut se modéliser sommairement comme suit :

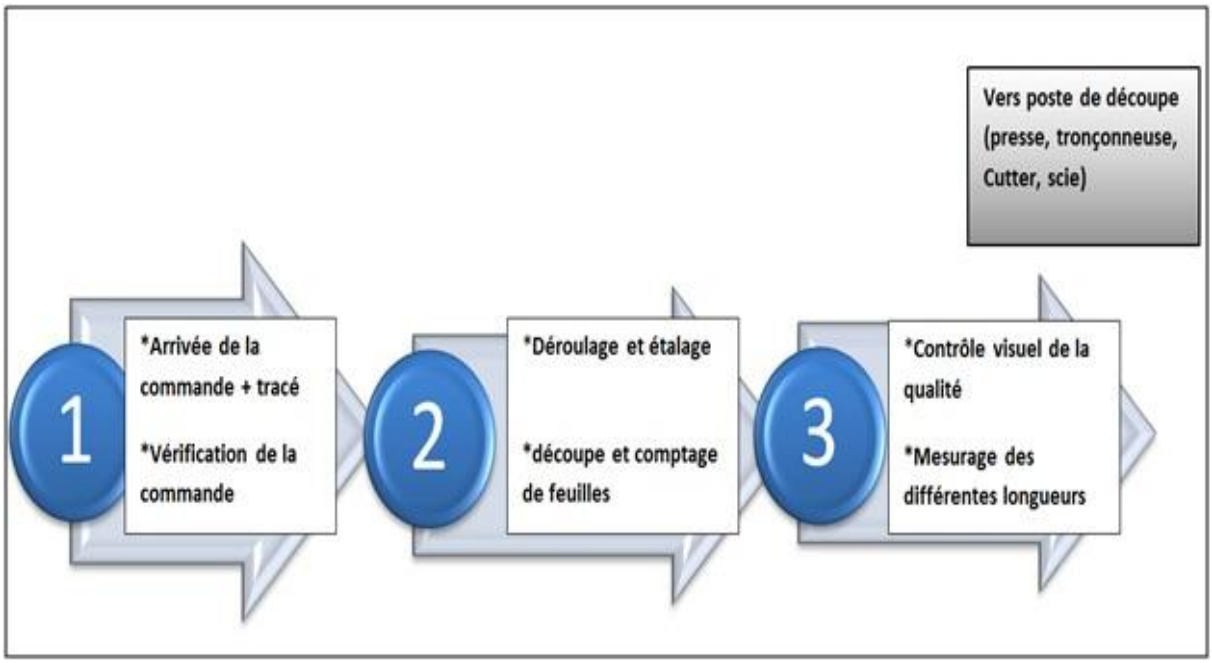


Figure 9 : Processus de matelassage

3. Description du matelassage avec le chariot existant :

Le matelassage au niveau de la société Lear Corporation ne se fait que manuellement. Elle dispose de 20 chariots matelasseurs identiques (deux blocs A, et B chaque bloc contient 10 matelasseurs, A1 …. A10 et B1…B10).

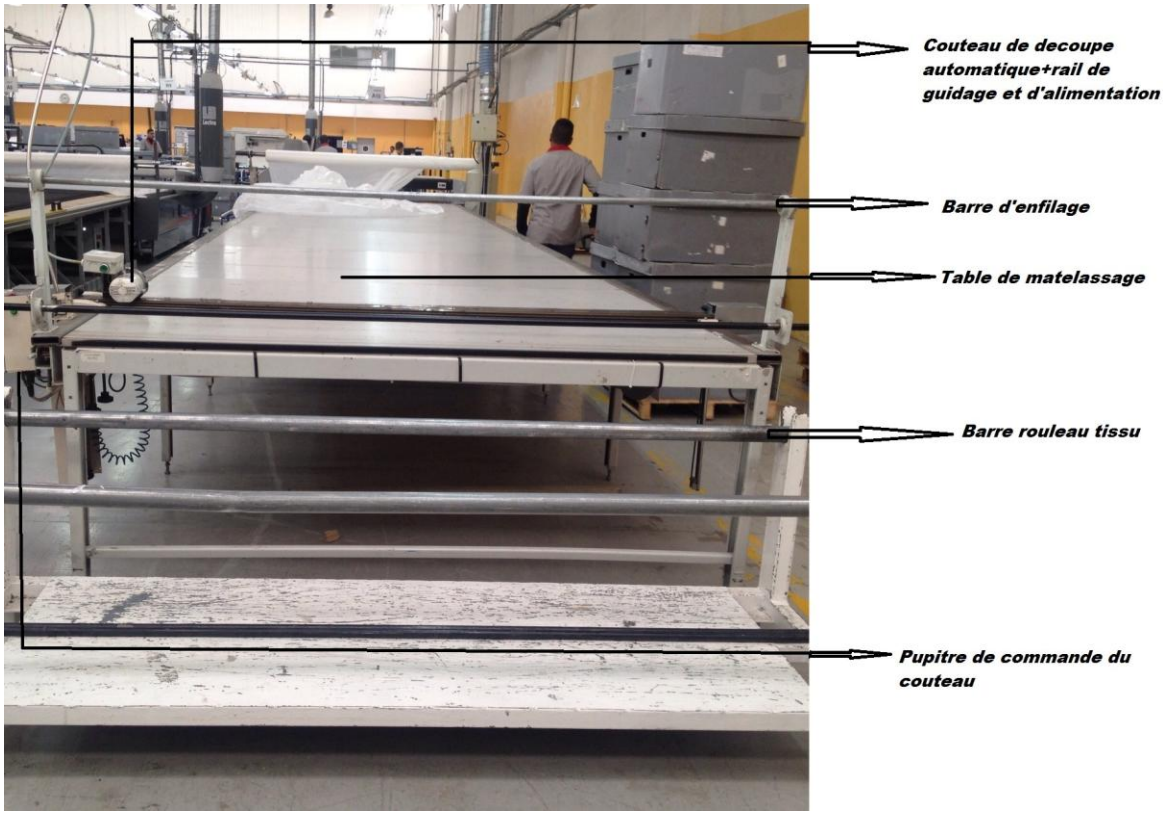


Figure 10 : poste de matelassage

Mise en place du rouleau de tissus :

Cette opération se fait manuellement par l'opérateur en suivants les étapes :

- Dégager le rouleau vide du chariot
- Descendre le rouleau
- Changer le rouleau
- Remonter le nouveau rouleau
- Mettre en place sur le chariot

IV- Les intérêts du projet :

1. Impact du projet sur l'entreprise

Il est clair que si le projet arrive à terme, il aura un impact positif d'abord sur le département Coupe de l'entreprise mais également sur l'entreprise entière. Non seulement il y aura une nette augmentation de la productivité et de la qualité des produits (ce qui améliorerait l'image de l'entreprise) mais aussi une augmentation de la motivation des opérateurs ou opératrices qui verront leurs tâches se simplifiées sans oublier dans une moindre mesure l'amélioration des compétences de ces derniers.

Le gain du temps est un atout majeur de ce projet. Il permettra d'augmenter la disponibilité des machines de la coupe et de répondre aux besoins des sites de production.

Intérêt par rapport aux orientations stratégiques de l'entreprise

Lorsqu'on regarde de près les objectifs et orientations stratégiques de l'entreprise Lear Corporation pour l'année 2016, surtout en termes de productivité et de qualité, il ne fait aucun doute que ce projet contribuera à l'atteinte de ces objectifs.

2. Risques encourus si l'on fait ou si l'on ne fait pas le projet

Les risques encourus si l'on ne fait pas ce projet se résume à la difficulté d'atteinte des objectifs stratégiques et à la démotivation de certains opérateurs. On va également continuer à faire trop de dépenses à cause de certains postes mal dimensionnés ou surdimensionnés

3. Solutions techniques envisageables, performances probables

A terme, le projet permettra de mettre à la disposition de l'entreprise un dispositif de matelassage semi-automatique mono-opérateur équipé d'une pince de préhension tissu pneumatique. Ce matériel permet à un seul opérateur d'étaler, couper, superposer des feuilles de tissu. Ce matériel destiné à la préparation de petites série est caractérisée par :

- un déplacement motorisé
- Débit de tissu réglable
- Un dérouleur berceau
- Un rail de coupe et coupeuse automatique à lame
- Une pince de blocage tissu pendant l'action de coupe
- Une pince sur table de matelassage pour maintenir la feuille coupée en position
- Dispositif pour matelassage et pince fixe interchangeable
- Dispositif de coupe et pince mobile intégré
- Un chariot mobile
- Compteur de plis digital
- Les différentes feuilles sont coupées une à une en respectant l'équerrage et empilées sur la table de matelassage.

V- Cahier des charges

1. Présentation

Il nous a été confié la tâche d'améliorer le chariot matelasseur existant de tel façon a augmenter sa productivité et sa qualité.

2. Démarche

De ce qui précède il nous est demandé d'améliorer le procédé de fabrication des matelas. La démarche adoptée pour résoudre la problématique consiste donc à faire une analyse de l'existant afin de déterminer les défaillances actuelles du procédé de fabrication. Cette analyse concernera le poste de matelassage actuelle. Après cette analyse, suivra une proposition et choix des solutions adéquates en vue de respecter le cahier charges. Nous allons logiquement faire après la conception et le dimensionnement mécanique de la solution finale adoptée tout en respectant le cahier des charges. Sans oublier une étude économique permettant d'évaluer la rentabilité du projet.

Objectif : Améliorer la machine de matelassage.

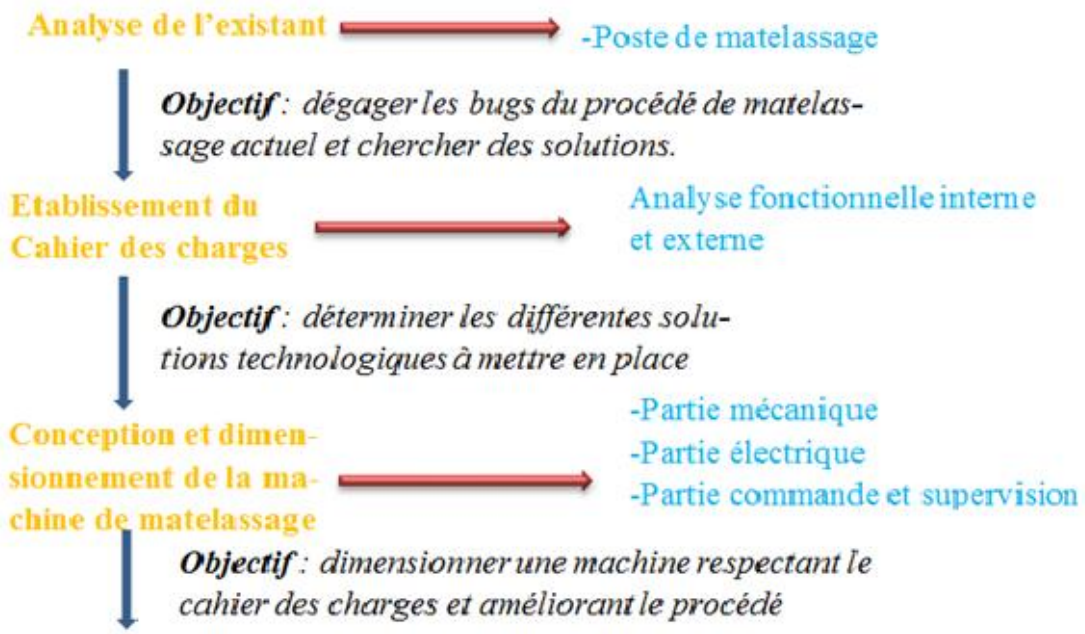


Figure 11 : démarche résolution de la problématique

3. La planification

Il est vrai que pour un projet de conception comme le nôtre, l'imagination et la connaissance des différentes solutions possibles et les réalisés sont des facteurs très déterminants pour y parvenir. Toutefois la réalisation de notre projet ne se défait pas de la méthode communément utilisée pour réussir un projet. La réussite de notre projet passe par une bonne organisation et une bonne gestion du temps imparti au projet. Nous avons mis sous forme Diagramme GANT toutes les principales tâches et étapes dont elles font références à réaliser durant ce projet. (Voir ***Annexe 1***)

VI- Conclusion

Ce chapitre introductif qui a présenté l'environnement, le contexte et la problématique du projet est un pas important dans la compréhension de notre démarche et de nos méthodes de travail. Il faudra toutefois prendre en considération le fait qu'il faudra réaliser les deux premières étapes de la démarche proposée un peu plus haut avant de dégager un cahier des charges détaillé du projet.

Ce chapitre nous a permis de découvrir la situation actuelle du procédé de matelassage, il a aussi permis de la méthodologie de résolution du problème. Ceci étant, nous allons dans le prochain chapitre faire l'analyse **AMDEC procédé** afin de trouver les défaillances du procédé et les résoudre.

CHAPITRE II : ANALYSE DE L'EXISTANT

I. Introduction

La méthode de travail actuelle est prédisposée à plusieurs défaillances qu'il est important de faire sortir. Pour cela nous avons décidé de faire une analyse AMDEC procédé au niveau du poste de matelassage manuel. Plus qu'une simple analyse ce chapitre nous permettra de faire des propositions d'amélioration du procédé.

II. Présentation de la méthode AMDEC

1. Contexte

L'AMDEC est l'acronyme de l'Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leurs Criticités. En effet la fiabilité à 100 % n'existe pas et les derniers points de fiabilité sont souvent très coûteux à obtenir. Les ressources consacrées à la fiabilité doivent donc être affectées préventivement vers la plus grande efficacité possible. Pour améliorer cette efficacité, il faut donc hiérarchiser les modes de défaillance en fonction de la criticité de leurs effets (conséquences). Il existe un AMDEC pour les produits, les procédés et les processus. L'AMDEC peut être pratiqué lors de la conception d'un produit, d'un procédé ou d'un processus ou sur un produit, procédé, processus existant. Nous allons nous intéresser dans ce chapitre à l'application de l'AMDEC procédé.

2. Les types AMDEC et leur utilisation

Il existe plusieurs types AMDEC selon l'usage prévu :

a. AMDEC organisation

L'AMDEC organisation s'applique aux différents niveaux de processus principaux de l'entreprise : du premier niveau qui englobe les processus de gestion, d'information, de production, de gestion du personnel et le processus marketing, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

b. AMDEC produit ou projet

L'AMDEC produit ou projet est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants, on applique des AMDEC sur les composants.

c. AMDEC processus

L'AMDEC processus s'applique à des processus de fabrication. Elle permet d'analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Elle peut être utilisée pour les postes de travail.

d. AMDEC moyen

L'AMDEC moyen s'applique à des machines, outils, équipements et appareils de mesure, des logiciels et systèmes de transport interne.

e. AMDEC service

L'AMDEC service s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.

f. AMDEC sécurité

L'AMDEC sécurité s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où existent des risques pour ceux-ci.

g. Étapes de mise en place de l'AMDEC

Avant d'entamer la mise en place proprement dite de l'AMDEC, il faut satisfaire certaines conditions préliminaires considérées comme essentielles pour la réussite d'une analyse AMDEC.

h. Les principales étapes de la mise en place de l'AMDEC

Les principales étapes de la mise en place d'une démarche AMDEC sont les suivantes :

- Poser le problème : Définir clairement l'objectif à atteindre et le champ d'application.
- Définir le demandeur et le décideur : Le demandeur peut être, par exemple, le client qui cherche à s'assurer que tous les risques sont identifiés. Le décideur, c'est le chef du projet qui accepte ou non les exigences du client et identifie le sujet, le délai et le budget alloué à l'étude.
- Constituer l'équipe AMDEC : L'équipe doit être pluridisciplinaire et elle est composée de l'animateur, qui est le garant de la méthode AMDEC, et de représentants des différentes fonctions concernées. Il est préférable que l'animateur ne soit pas le concepteur du processus (ou autre) objet de l'étude.

3. Présentation de la méthode AMDEC Procédé

a. Objectifs de l'AMDEC procédé :

➲ L'AMDEC procédé est une analyse globale d'un procédé (= fabrication + contrôle + manutention) en vue d'en identifier les points critiques pour :
- le fiabiliser (réduire les risques de défaillance),
- améliorer sa disponibilité,
- améliorer sa maintenabilité,

➲ L'AMDEC procédé contribue à faire évoluer l'état d'esprit des concepteurs, conducteurs, responsables de maintenance, metteurs au point et cadres techniques vers une vision globale de la fiabilité orientée vers le préventif.

➲ L'AMDEC procédé contribue à valoriser l'expérience et la créativité de chacun au sein d'une même méthodologie.

b. Principe de l'AMDEC procédé :

Dans un procédé, chaque défaillance se déroule à travers trois étapes successives : Cause, mode de défaillance, effet.

Pour fiabiliser un procédé, l'AMDEC procédé centre son analyse et les actions qui en découlent sur les modes de défaillance.

Chaque défaillance est caractérisée par :
- La gravité (G) perçue par " le client/consommateur ",
- la fréquence d'apparition (F) et
- le risque de non-détection d'une défaillance (D).

On définit alors un « Niveau de Priorité de Risque » NPR

NPR = FxGxD **Equation 1**

Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur le NPR, des actions prioritaires sont déclenchées, réalisées et suivies.

c. Méthode de l'AMDEC :

1. Définir le sujet analysé.
2. Constituer du groupe de travail.
3. Décomposer le procédé en systèmes / organes & fonctions principales / contraintes
4. Identifier les modes de défaillance,
5. Identifier les conséquences (effets).
6. Identifier les causes.
7. Identifier le lieu / moment de détection.
8. Calculer la criticité des modes de défaillance (NPR).
9. Identifier, valider et mettre en œuvre les actions correctives.

d. Avantages et inconvénients de la méthode AMDEC

Avantages de la méthode AMDEC

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est à dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs.

Inconvénients de la méthode AMDEC

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place.

4. Application de la méthode AMDEC Procédé

Barème de notation utilisé :

coefficient	Fréquence	Gravité	Détectabilité
1	moins d'une fois par an	inferieur à une heure	système de détection fiable
2	moins d'une fois par mois	inférieur à 4 heures	système de détection non fiable
3	moins d'une fois par semaine	inferieur à un jour	détection visuel
4	plus d'une fois par semaine	supérieur à un jour	pas de détection

Tableau 1 : barème d'évaluation de la criticité des défaillances

Calcul de la criticité C :

C = F x G x D **Equation2**

Seuil critique adopté : 12

a. AMDEC du procédé de matelassage

Le procédé de matelassage doit être soumis une analyse AMDEC procédé pour déterminer ses limites. Nous avons donc réalisé cette analyse et le tableau suivant représente une synthèse des résultats obtenus :

Procédé : matelassage	Date : 16 Mars 2015	Page :	Coefficients : F=fréquence ; G=gravite ; D=détectabilité

Etalage du tissu/ poste de matelassage /fonction: empiler les feuilles de tissu sous forme de matelas

N°	Mode de défaillance	Effet	Cause	Contrôle existant	Coefficients				Actions correctives	
					F	G	D	C	Nature	Type
1	Perte de temps	Faible productivité	Action manuel		3	4	4	**48**	Automatisation de l'opération	Méthode
2	Manque de précision de coupe	Tissu mal coupé	Etalage manuel du tissu	visuel	1	4	3	**12**	Automatisation de l'opération	Méthode
3	Table large	Le tissu mal matelassé	Opérateur fatigué	visuel	2	4	3	**24**	Automatiser l'opération	Méthode
4	Trop d'opérateurs dans ce poste	Charges d'exploitation élevées	Postes surdimensionné	Visuel	4	2	3	**24**	Déployer un certain nombre d'opérateurs sur d'autres postes	Main d'œuvre
5	Tissu mal mesuré avant la coupe	Surconsommation des matières premières	mesure manuel	visuel	4	2	3	**24**	Automatiser la coupe du tissu	machine

Procédé : matelassage	Date : 16 Mars 2015	1	Coefficients : F=fréquence ; G=gravite ; D=détectabilité

Découpe du tissu/couteau automatique/ fonction : couper le tissu

N°	Mode de défaillance	Effet	Cause	Contrôle existant	Coefficients				Actions correctives	
					F	G	D	C	Nature	Type
1	le couteau ne fonctionne pas bien	découpage inefficace	Le couteau est déréglé, usure, vieillissement	visuel	2	1	3	6	Faire un contrôle périodique de l'état du couteau	Préventif
2	Le moteur ne marche pas bien	découpage mal fait	alimentation mal assurée	Système de commande	1	4	1	4	Contrôle périodique	Préventif

Tableau 2 : synthèse AMDEC procédé du matelassage

b. Interprétations et conclusion

Nous avons fixé le seuil de criticité à 12. Ce critère nous permet de décider d'après la hiérarchisation des modes de défaillance en fonction de leur degré de criticité, de déterminer les actions prioritaires à mener. Comme l'indique le tableau de synthèse de la méthode AMDEC, presque tous les modes de défaillance de l'opération de matelassage sont critiques. La perte du temps est la tâche la plus critique. L'analyse des modes de défaillance du chariot matelasseur révèle certaines défaillances critiques surtout le gaspillage d'énergie, les

difficultés à matelasser les petites laizes… c'est donc ce qui augmente le taux de matelassage constaté. La figure suivante montre des exemples d'actions correctives à mener.

Niveau de Criticité	Exemples d 'actions correctives à engager
$1 \leq C \leq 12$	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$12 \leq C \leq 16$	Amélioration de performances de l'élément Maintenance préventive ou systématique
$16 \leq C \leq 20$	Révision conception du sous-ensemble et choix éléments Surveillance particulière, maintenance conditionnelle
$20 \leq C \leq 80$	Remise en cause complète de la conception

Figure 12 : Catégorisation des actions correctives à engager

D'après la classification des actions en fonction du niveau de criticité on peut conclure que les défaillances ci-dessous nécessitent une remise complète de la conception :

- Gaspillage d'énergie
- Perte de temps
- Manque de précision de coupe
- Trop d'opérateurs dans ce poste de matelassage
- Tissu mal mesuré avant la coupe

Les actions proposées pour résoudre les problèmes rencontrés font toute référence à la mise en place d'une nouvelle machine adaptée aux particularités. A partir de ce moment-là on a deux choix. Soit acheter et importer une nouvelle machine de matelassage en espérant qu'il ait vraiment les spécifications escomptées ou faire une conception personnalisée d'une machine de matelassage semi-automatique. C'est là que nait l'importance du projet que nous sommes en train de conduire. En effet la décision de concevoir une nouvelle machine et la réaliser localement semble le meilleure en termes de coût et de respect du cahier des charges. Dans le prochain chapitre nous allons donc faire une analyse fonctionnelle détaillée afin de proposer une solution finale à dimensionner.

CHAPITRE III :

ETUDE TECHNIQUE ET CHOIX DES SOLUTIONS

I- Introduction

Nous avons justifié dans le chapitre précédent qu'une nouvelle machine adaptée aux caractéristiques était la meilleure façon d'améliorer le procédé actuel, alors dans le présent chapitre nous allons faire une analyse fonctionnelle externe afin d'aboutir un cahier de charge fonctionnel suivi par une analyse fonctionnelle interne pour déterminer les différentes solutions possibles et les discutés pour déterminer les plus adéquats pour notre système.

II- Analyse fonctionnelle de la nouvelle machine semi-automatique de matelassage

L'élaboration du cahier des charges s'axe essentiellement sur l'analyse fonctionnelle externe avec la mise en œuvre du diagramme Pieuvre et l'analyse fonctionnelle interne avec l'utilisation du diagramme FAST.

1. Analyse fonctionnelle externe

a- Expression du besoin fondamental (diagramme "bête à cornes")

Le diagramme bête à corne va nous permettre d'exprimer le besoin fondamental du projet.
De quoi s'agit-il ? D'un chariot matelasseur semi-automatique
A qui sert-il ? À un utilisateur, un opérateur
Sur quoi agit-il ? Sur les rouleaux de tissu
Pour quoi faire ? Pour les dérouler et les plier sous forme de Matelas épais.

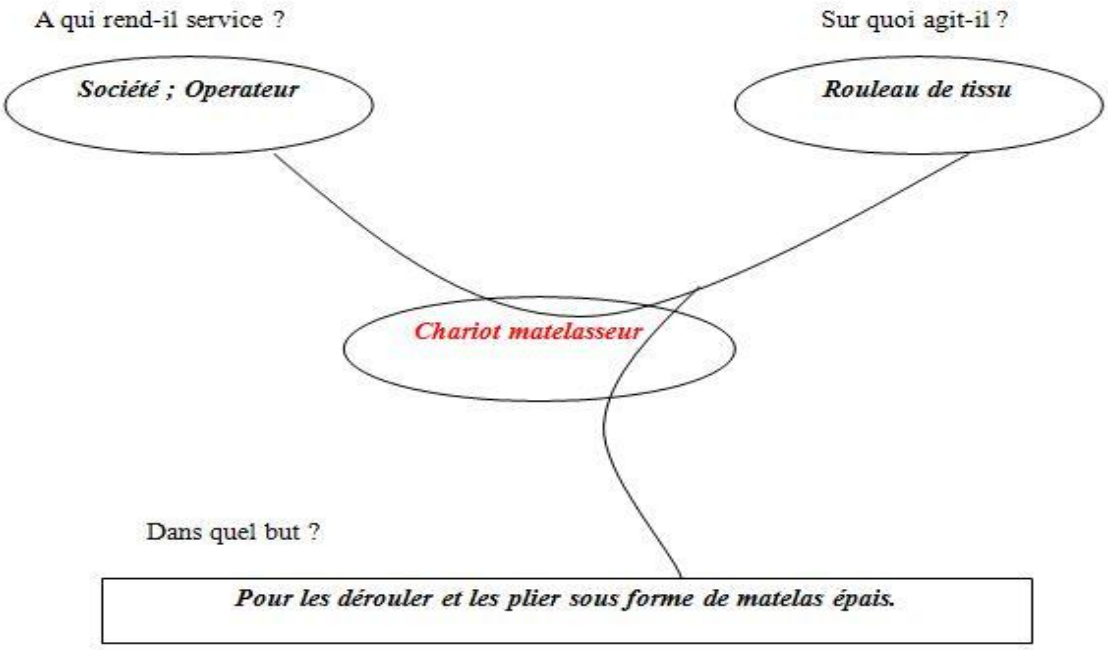


Figure 13 : Diagramme bête à cornes

b- Validation du besoin

- *Raisons principales d'existence du chariot matelasseur semi-automatique*

Les raisons d'existence de ce projet se reposent essentiellement sur la recherche d'augmentation de la productivité, de la qualité et de la précision avec moins de ressources humaines.

- *Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?*

Plusieurs facteurs favorisent la fabrication en interne d'un chariot de matelassage semi-automatique. Au nombre de ceux-ci nous pouvons dire que :

- Le chariot semi-automatique sera plus productif que le matelassage manuel
- Le matelassage manuel est fatiguant
- Il y a gain en matière première et en précision
- Le coût de réalisation de ce dispositif est beaucoup moins élevé que l'acquisition d'un chariot matelasseur semi-automatique
- Toutes les capacités de la machine seront utilisées
- Le nouveau dispositif améliorera les performances du poste avec moins de ressources humaines

- *Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?*

Nous allons, dans le tableau suivant, identifier les causes probables pouvant rendre le projet éphémère et essayer d'en donner un jugement.

Causes possibles	jugement
Non maintenabilité du chariot matelasseur semi-automatique	Non
Baisse de la qualité	Non
La chute de la production.	Non
Le rendement du chariot matelasseur inférieur aux attentes	Non
La non disponibilité des pièces de rechange	Non
Existence d'un dispositif plus simple et plus efficace	Non
Le non accessibilité de la machine pour des travaux de maintenance	Non
Le coût de la réalisation dépassant le coût d'une machine neuve	Non
Projet non rentable	Non
Non disponibilité des composants nécessaires à la réalisation sur le marché local	Non

Tableau 3 : Validation du besoin

De l'analyse qui précède, il est tout à fait possible de réaliser les attentes et les performances attendues pour le chariot matelasseur semi-automatique alors que les problèmes pouvant empêcher la pérennité du besoin sont négociables. Nous pouvons donc conclure sans prendre trop de risques que le besoin est validé.

c- Diagramme des interacteurs simplifié (diagramme "pieuvre")

Le diagramme Pieuvre met en évidence les relations existantes entre le produit et tous les milieux extérieurs avec lesquels il est en interaction. Pour notre projet, nous allons faire l'analyse suivant les différentes phases du cycle de vie du chariot matelasseur à savoir : Conception, Fonctionnement Normal, Maintenance et réparation.

Phase de vie C : Conception/Fabrication

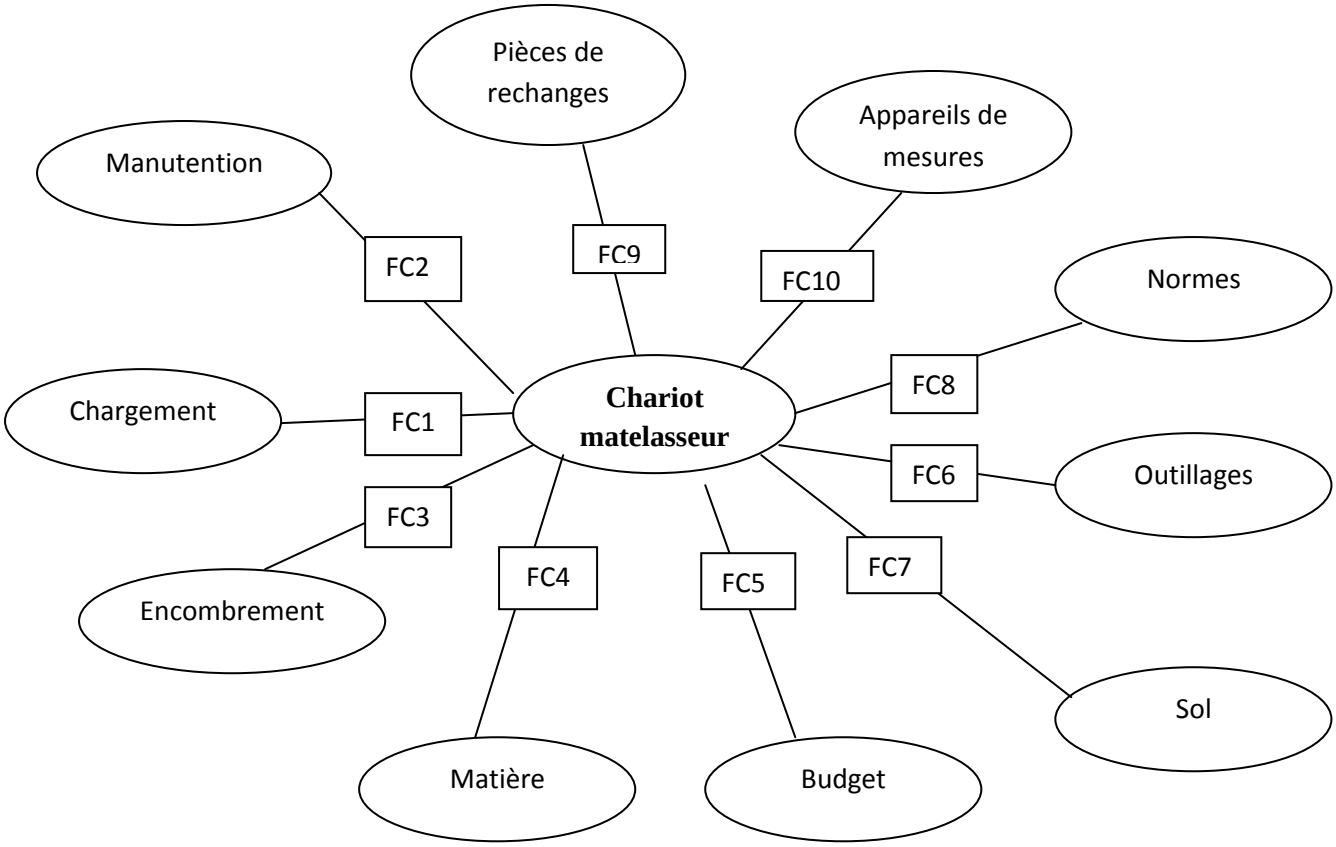


Figure 14 : Diagramme Pieuvre conception/fabrication

Fonctions de contraintes :

- FC1 : Résister au chargement.
- FC2 : Être stable en position de travail.
- FC3 : S'adapter à l'encombrement existant.
- FC4 : Utiliser la matière disponible.
- FC5 : Etre conçu d'un coût raisonnable.
- FC6 : Utiliser l'outillage disponible.
- FC7 : Assurer la manutention du chargement
- FC8 : Respecter les normes en vigueur et les règles de sécurité.
- FC9 : Prévoir des pièces de rechange standards.
- FC10 : Prévoir les appareils de mesure nécessaires.

Phase de vie F : Fonctionnement normal :

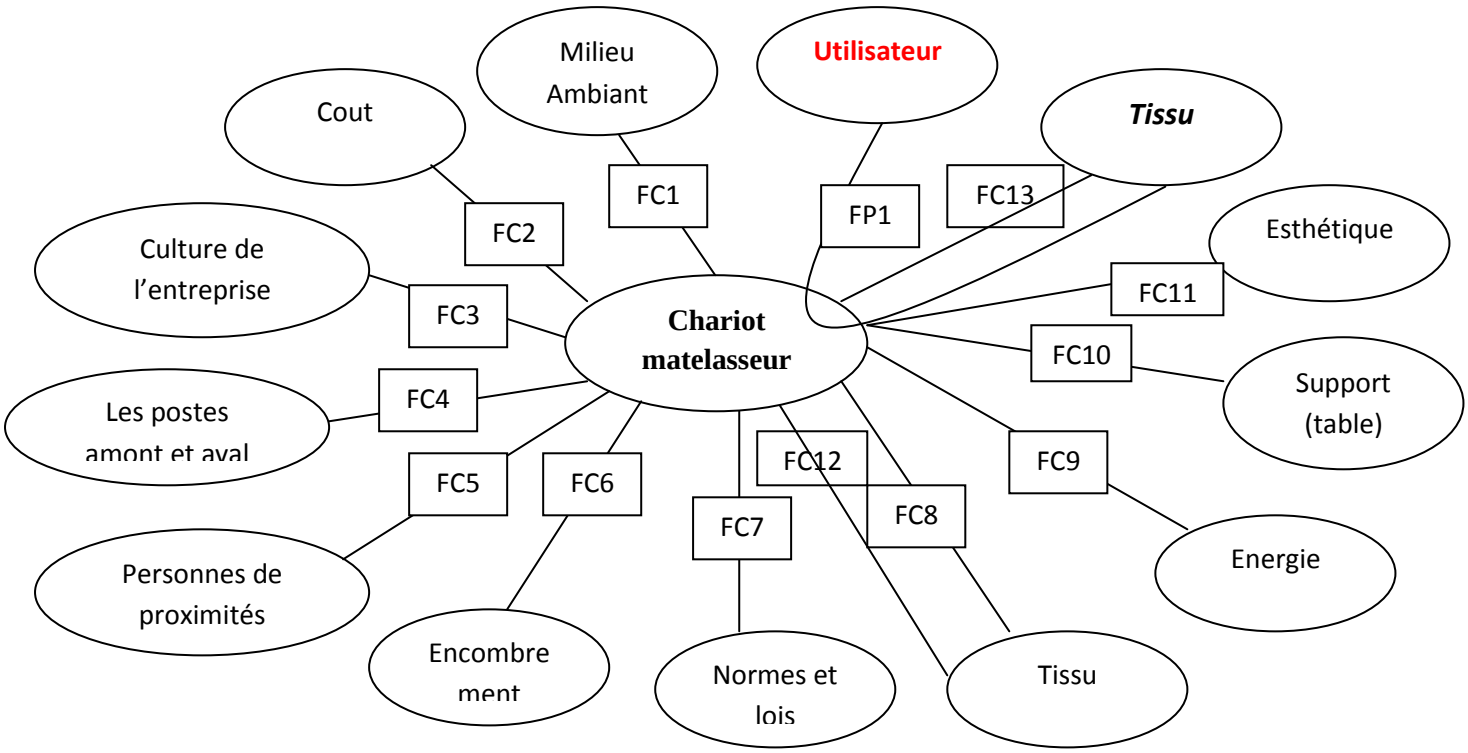


Figure 15 : Diagramme Pieuvre, fonctionnement normal

Fonctions principales :

FP1 : Permettre à l'utilisateur de matelasser le tissu

Fonctions de contraintes :

- FC1 : S'adapter au milieu ambiant
- FC2 : permettre l'optimisation des coûts/ respecter le budget
- FC3 : s'inscrire dans la culture de l'entreprise
- FC4 : Respecter les contraintes des postes amont et avals
- FC5 : Assurer la sécurité des personnes qui sont à proximité
- FC6 : Etre d'encombrement minimal
- FC7 : Etre conformes aux normes et lois en vigueur
- FC8 : S'adapter à la nature du tissu
- FC9 : Utiliser l'énergie existante (électrique et pneumatique)
- FC10 : Se déplacer sur la table/ être entièrement mobile
- FC11 : Etre esthétique
- FC12 : Etre de mise en œuvre facile
- FC13 : s'adapter aux dimensions du tissu

Phase de vie M : Maintenance/réparation

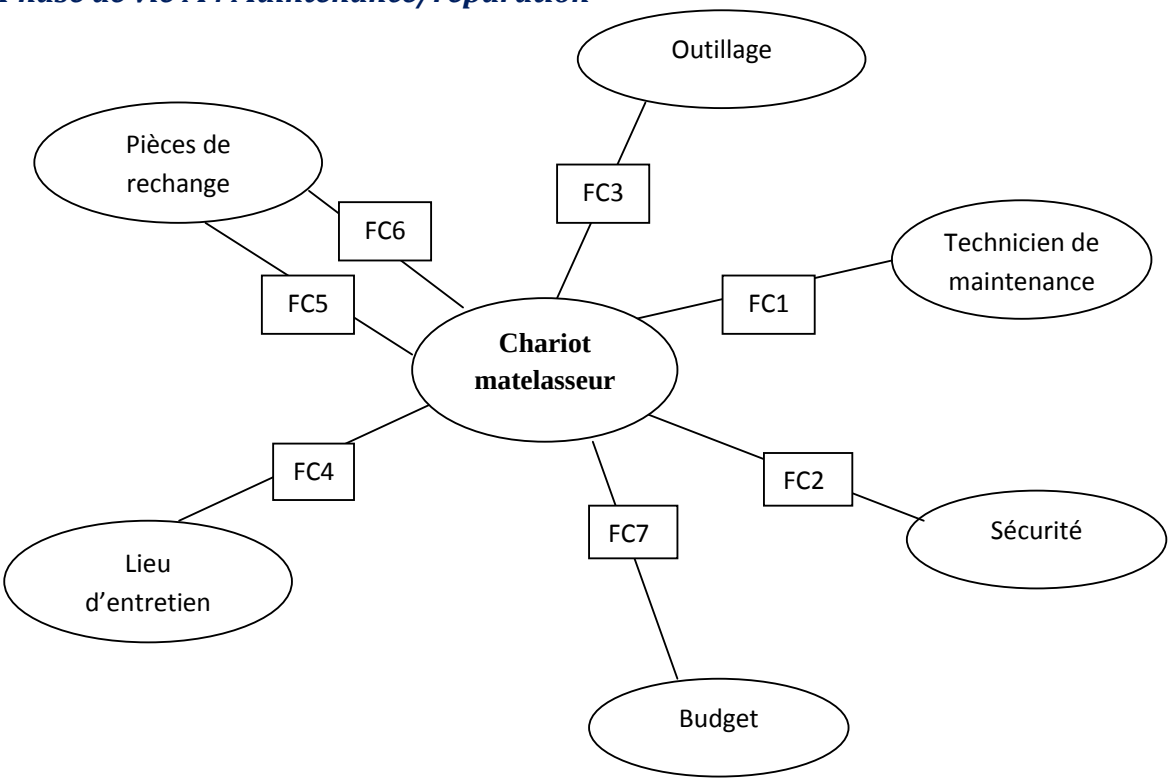


Figure 16 : Diagramme Pieuvre, Maintenance/ réparation

Fonctions de contraintes :

- FC1 : Faciliter l'accès et l'intervention.
- FC2 : Assurer la sécurité de l'intervention
- FC3 : Maintenir et réparer avec l'outillage disponible
- FC4 : Permettre l'entretien sur place
- FC5 : Avoir un stock de pièce de rechanges.
- FC6 : Permettre l'interchangeabilité des pièces avec d'autres standards.
- FC7 : Maintenir et réparer avec un coût minimal

2. Enumération et hiérarchisation des fonctions de service

a- Enumération des fonctions essentielles

FP1	Permettre à l'utilisateur de matelasser le tissu
FC1	Résister au chargement.
FC2	Être stable en position de travail.
FC3	S'adapter à l'encombrement existant
FC4	Utiliser la matière disponible
FC5	Etre conçu d'un coût raisonnable.
FC6	Respecter les normes en vigueur et les règles de sécurité.
FC7	Prévoir des pièces de rechange standards.

FC8	S'adapter au milieu ambiant
FC9	Permettre l'optimisation des coûts/ respecter le budget
FC10	Respecter les contraintes des postes amont et avals
FC11	Assurer la sécurité des personnes qui sont à proximité
FC12	S'adapter à la nature du tissu
FC13	S'adapter aux dimensions du tissu
FC14	Utiliser l'énergie existante (électrique et pneumatique)
FC15	Se déplacer sur la table/ être entièrement mobile
FC16	Etre esthétique
FC17	Etre de mise en œuvre facile
FC18	Faciliter l'accès et l'intervention.
FC19	Permettre l'entretien sur place
FC20	Maintenir et réparer avec un coût minimal

Tableau 4 : Fonctions de services essentielles

b- Hiérarchisation des fonctions de service :

Hiérarchisation des fonctions de service

Avant de procéder à la hiérarchisation des fonctions essentielles à notre conception, il est important de définir le critère selon lequel nous allons les comparer. Nous avons décidé d'effectuer une comparaison selon le fonctionnement critique du mécanisme, l'impact sur la bonne marche de tout le système. Nous utiliserons le tableau du tri Croisé pour réussir cette classification. (**Annexe 2** Montre cette classification)

Résultats de la hiérarchisation

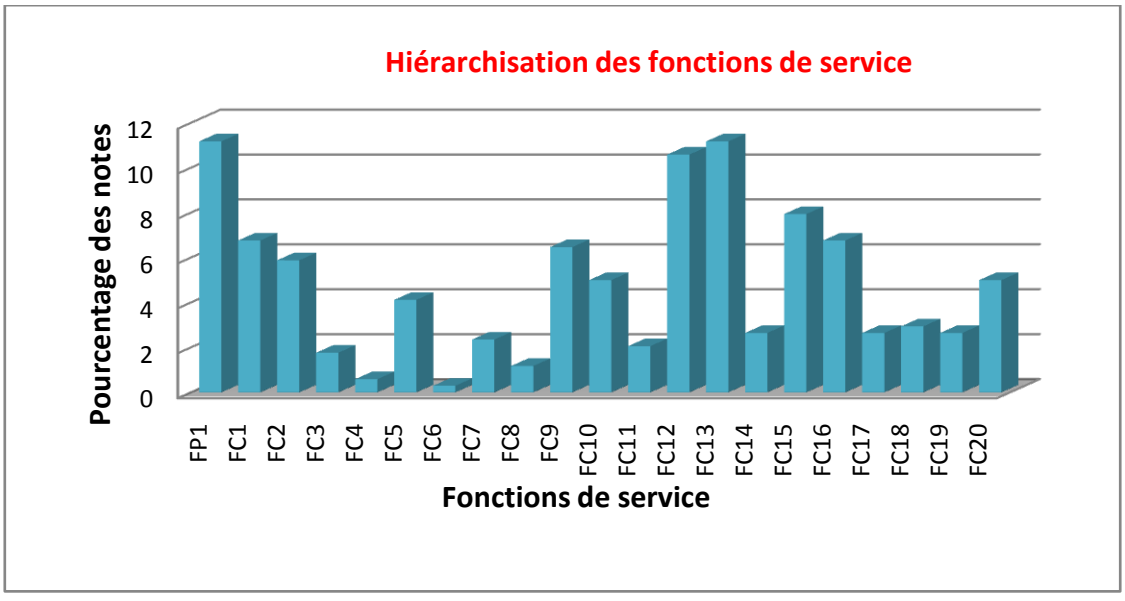


Figure 17: hiérarchisation des fonctions de service

c- Analyse de des résultats

D'après le graphe représentant le pourcentage relatif de chaque fonction de service nous remarquons que les fonctions de contraintes FC12 « S'adapter à la nature du tissu » et FC13 « S'adapter aux dimensions du tissu » sont presque en même ordre d'importance que la fonction principale FP1. Ce qui est normal puisqu'en réalité, la contrainte majeur est l'ajustement du chariot pour s'adapter aux différents types et tailles de matelas. Sur cette représentation, nous remarquons que la plupart des fonctions de service ont une importance non négligeable. Ce qui va se traduire dans la suite de nos travaux à une recherche de compromis entre les différentes performances et exigences exprimées.

3. Cahier des charges fonctionnel (C.D.C.F)

Nous avons construit le C.D.C.F, il s'agit d'un document par lequel nous pouvons exprimer le besoin en termes de fonctions de service. Pour chacune des fonctions nous avons défini les critères d'appréciations et leurs niveaux de flexibilité, où :
Le critère d'appréciation d'une fonction est le caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte est respectée.
Le niveau d'un critère d'appréciation est la grandeur repérée dans l'échelle adoptée, pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur, peut être celle recherchée en tant qu'objectif ou celle atteinte pour une solution proposée.
La flexibilité du niveau d'un critère d'appréciation est l'ensemble des indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation.

Nous pouvons représenter la flexibilité par des chiffres ou d'une façon littéraire (Classe) :

Flexibilité nulle (F0): niveau impératif;

Flexibilité faible (F1): niveau peu négociable;

Flexibilité moyenne (F2): niveau négociable;

Fonctions	Libellée	Critère d'appréciation	Niveau d'acceptation	Flexibilité
FP1	permettre à l'utilisateur de matelasser le tissu	• Précision de coupe • Vitesse de coupe	- Constante - Entre 3 et 6 m/s	• F0 • F1
FC1	Résister au chargement.	• Masse rouleau tissu • Force de déroulage du Tissu	• Entre 20 e54 kg • Entre 200 et 540 N	• F1 • F1
FC2	Être stable en position de travail.	-Horizontalité -Vibrations	- Parallèle au sol ±5 - Faible	• F1 • F1
FC9	Permettre l'optimisation des coûts/ respecter le budget	Coût de l'opération	- < Au coût actuel	• F0
FC10	Respecter les contraintes des postes amont et avals	-Encombrement -Mobilité	-Minimale - Elevé	• F1 • F1
FC12	S'adapter à la nature du tissu	-Nature	-cuir....,	• F1
FC13	S'adapter aux dimensions du tissu	-Longueur -Largeur -Epaisseur	- de 1a 3 m De 0.5 a 2 m Jusqu'à 1 cm	• F1 • F1 • F1
FC14	Utiliser l'énergie existante (électrique et pneumatique)	Energie pneumatique : • Pression • Débit Energie électrique : • Entre Phase	• 7 bars maximum • Constant • 220V/50Hz • 400V/50Hz	• F1 • F2
FC17	Etre de mise en œuvre facile	-Interface homme/machine -poids	- Simple - Léger	• F1 • F1

Tableau 5 : Cahier de charge fonctionnel

4. Analyse fonctionnelle interne

a- Diagramme F.A.S.T. (Function Analysis System Technic) : de la fonction globale à la solution technologique.

Présentation :

Le diagramme FAST est un outil très efficace dans la recherche des solutions technologiques permettant de satisfaire une fonction quelconque. Lorsque les fonctions sont identifiées, cette méthode les ordonne et les décompose logiquement pour aboutir aux solutions techniques de réalisation. (*Se référer à **l'annexe 3** pour les détails).*

III- Choix des solutions techniques et technologiques

D'après notre analyse et pour mieux étudier la machine, nous allons la subdiviser en plusieurs sous-systèmes pour faciliter le choix des solutions technologiques. Ainsi nous pouvons considérer les sous-systèmes suivants :

Déroulage du rouleau de tissu
Sous-système de coupe de tissu
Déplacement du chariot par rapport à la table
Alignement et guidage du tissu
Sous-système de pincement de tissu
Interface Homme/Machine
Chargement des rouleaux
Comptage de plis

Pour chacun de ces sous-systèmes qui disposent de plusieurs possibilités de réalisation dans le diagramme FAST nous allons énumérer les différentes possibilités technologiques possibles et nous allons choisir une solution. Dans cette tâche nous utilisons en majorité les résultats de l'Analyse fonctionnelle interne F.A.S.T.
Sous-système de :

1- Déroulage du rouleau de tissu

Le déroulage du rouleau tissu se fait d'une manière automatique à l'aide d'un moteur, ce qu'il faut tenir compte a ce niveau c'est la masse du rouleau tissu, d'où il faut prévoir un couple important, pour ce faire nous avons énuméré quelques solutions que nous allons discuter :

Nom	Avantages	Inconvénients
Moteur linéaire	-Pas besoin de système de refroidissement - Rassemble tous les systèmes de mécanique de conversion de mouvement par une seule pièce - Peut supporter des charges allant de quelques kilogrammes à quelques centaines de kilogrammes	-Un faible rendement (entre 30 et 40%). -Bruit acoustique élevé. -Limite de vitesse maximale faible. (environ 6m/s) -prix élevé
roues dentées	évite le patinage, vitesse constante	coût élevé, système de graissage

	silencieux	permanent, ne supporte aucunes impuretés
chaîne et roues dentées	vitesse régulières, les roues peuvent être espacées	rigoureusement parallèles, coûte cher
le système poulies et courroies	-en cas de problèmes la courroie patine - Transmission silencieuse - « Grandes » vitesses de transmission (de 60 à 100 m/s pour les courroies plates) - Grand entraxe possible entre les poulies	-le glissement limite la puissance, -le patinage ne permet pas d'avoir une vitesse constante - Durée de vie limitée - Couple transmissible faible pour les courroies plates - Tension initiale de la courroie nécessaire pour garantir l'adhérence

Tableau 6 : Comparaison des solutions du déroulage du rouleau de tissu

Décision

Nous allons entrainer en rotation un arbre qui doit supporter une charge assez considérable. Donc nous choisissons d'utiliser un système réducteur poulie-courroie avec un engrenage de transmission.

2- Coupe de tissu

Pour ce système deux solutions sont possibles.

Première solution : utiliser un chariot mobile sur rails avec un couteau intégré

Deuxième solution : utilisation d'un couteau sous forme de ciseaux assez long

Solutions	Avantages	Inconvénients
Utiliser un chariot mobile sur rails avec un couteau intégré	▪ Moins d'encombrement ▪ Simplicité de montage	Nécessite une programmation
Utilisation d'un couteau sous forme de ciseaux assez long	Moins cher	▪ Encombrement

Tableau 7 : Comparaison des solutions du dispositif de coupe automatique

Décision

Nous choisissons d'utiliser un chariot mobile sur rails avec un couteau intégré

3- Déplacement du chariot par rapport à la table

Le déplacement du chariot le long de la table se fait de manière automatique à l'aide d'un moteur. Ce qu'il faut trancher à ce niveau est la manière dont le chariot va se déplacer sur la table, c'est-à-dire la liaison par rapport à la table. Pour ce faire nous avons énuméré des solutions que nous allons discuter ici.

Nom	Avantages	Inconvénients
le système pignon crémaillère	Transformation du mouvement sans glissement entre les organes	Nécessite un ajustement précis entre la roue et la crémaillère à cause des dents.
Moteur linéaire	-Pas besoin de système de refroidissement - Rassemble tous les systèmes de mécanique de conversion de mouvement par une seule pièce - Peut supporter des charges allant de quelques kilogrammes à quelques centaines de kilogrammes	-Un faible rendement (entre 30 et 40%). -Bruit acoustique élevé. -Limite de vitesse maximale faible. (environ 6m/s) -prix élevé
Le pignon et vis sans fin (Engrenage à roue et à vis sans fin)	-Permet de régler certains objets -Ce mécanisme permet d'obtenir un grand rapport de réduction avec seulement deux roues dentées (1/200°). - Les systèmes roue-vis sans fin sont presque toujours irréversibles, d'où leur utilisation en sécurité anti-retour	les tiges cylindres ne tournent que d'un sens -L'engrènement se fait avec beaucoup de glissement entre les dentures, donc usure et rendement faible (60% à 70%). - La vis supporte un effort axial important
roues dentées	évite le patinage, vitesse constante silencieux	coût élevé, système de graissage permanent, ne supporte aucunes impuretés
chaîne et roues dentées	vitesse régulières, les roues peuvent être espacées	rigoureusement parallèles, coûte cher
système de bielle manivelle	-les cylindres tournant sont équilibrés -L'ensemble est exempt de toute vibration -réversible mais à condition d'avoir une inertie de départ pour la manivelle ou d'avoir un deuxième système bielle manivelle désaxé par rapport au premier	-tourne que d'un sens -à deux temps ou la translation ne peut pas entraîner une rotation: lorsque l'oscillateur est en position complètement rentrée ou complètement sorti.
les roues de frictions	rotation par 2 roues pressées l'une contre l'autre	ne tolère aucun corps gras
le système poulies et courroies	-en cas de problèmes la courroie patine - Transmission silencieuse - « Grandes » vitesses de transmission (de 60 à 100 m/s pour les courroies plates) - Grand entraxe possible entre les poulies	-le glissement limite la puissance, -le patinage ne permet pas d'avoir une vitesse constante - Durée de vie limitée - Couple transmissible faible pour les courroies plates - Tension initiale de la courroie nécessaire pour garantir l'adhérence

Tableau 8 : Comparaison entre solutions du déplacement du chariot

Décision

Avant toute chose il faut préciser nous utiliserons un chariot qui doit supporter une charge assez considérable. Donc il faut entrainer les roues arrière en rotation et ces dernières vont se déplacer par friction sur la table.

4- Système de contrôle : Interface Homme/Machine

Solutions	Avantages	Inconvénients
API	-Modification du programme facile -Fiabilité professionnelle -Détection des défauts facile -Possibilité de faire la supervision -La facilité de mise en œuvre	-Le coût relativement élevé -Problème d'encombrement
µc	-Faible coût -Pas de problème d'encombrement	-Extension difficile -Complexité de programmation -Les erreurs de programmation ne sont pas faciles à repérer -Maintenance délicate
µp	-Faible coût -Pas de problème d'encombrement	-Complexité de programmation -Nécessité des autres composants (mémoires, cartes d'E/S, …) -Maintenance délicate - problème d'échauffement

Tableau 9 : Comparaison des systèmes de contrôle

Décision :

Nous choisissons d'utiliser un Automate Programmable Industriel (API) parce qu'il présente plus d'avantage surtout la facilité de mise en œuvre et la facilité de maintenance.

5- Chargement des rouleaux

Solutions	Avantages	Inconvénients
Manuel	Moins cher	Très pénible, fatiguant
manutention	Moins fatiguant, possibilité de travailler avec des rouleaux très lourds.	Encombrement, réalisation impossible dans la société, très chère

Tableau 10 : Comparaison des solutions de chargement de rouleaux de tissu

6- Fin de course

Nous choisissons de travailler avec le capteur de fin de course inductif. En effet il s'agira de détecter la présence d'un objet métallique à une distance réglable. Puisqu'on n'a pas de contact et que la distance de détection est réglable on a une précision relativement grande.

III. Conclusion

Nous avons justifié dans ce chapitre qu'une nouvelle machine adaptée aux caractéristiques était la meilleure façon d'améliorer le procédé actuel. Il était donc nécessaire de choisir la solution finale à concevoir. C'est ce que nous avons fait en faisant une analyse fonctionnelle interne mais aussi externe de la machine. Pour le choix des solutions à plusieurs variantes nous avons effectué une comparaison sous forme d'Avantage-inconvénients et par élimination. Le prochain chapitre présentera la conception et les dimensionnements mécaniques et électriques de la machine.

CHAPITRE IV :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DE LA PARTIE MECANIQUE ET ELECTRIQUE

I- Introduction

La conception et le dimensionnement de la machine est une suite logique du chapitre précédent. Dans ce chapitre nous allons donc faire la conception de la machine en respect des solutions proposées dans l'analyse de l'existant et l'analyse fonctionnelle ainsi que des contraintes inhérents au projet notamment l'augmentation, de la productivité, l'optimisation des coûts de réalisation du projet, la nécessité de pallier les défaillances du procédé actuel et des performances attendues du projet. Les résultats présentés ici présentent une synthèse de toutes les procédures et toutes les solutions adoptées, il faudra donc se référer aux annexes pour des éclaircissements.

II- Conception et Dimensionnement de la partie mécanique

1- Choix des matériaux

Le choix des matériaux s'est fait avec le logiciel CES Edupack dans un premier choix. Nous allons catégoriser les pièces de la machines en deux (2) grande catégories

Catégorie 1 : les axes de transmission et les profilés supportant la structure

Ce sont ces pièces qui sont les plus vulnérables. Surtout les axes des quatre roues. Il faudra choisir un matériau qui puisse leur permettre de résister au chargement et aux contraintes imposées.

Catégories 2 : toutes les autres pièces et les bâtis

a- Choix des matériaux pour les pièces de catégorie 1

Nous sommes en train de concevoir une machine dont les dimensions de certaines pièces sont petites. Il est donc important de choisir de bons matériaux pour la résistance mais aussi en tenant compte du prix et de l'usinabilité des matériaux choisis. Dans le souci d'optimiser ce choix nous utilisons le logiciel CES Edupack. Dans un premiers temps nous avons étudié l'optimisation des caractéristiques mécaniques et nous avons tracé le graphe classant les matériaux en fonction de leur module d'Youg et de leur dureté Vickers ***(Annexe 4)***.

En procédant par élimination et en cherchant un compromis, il a été retenu quatre matériaux à savoir : Acier inoxydable, Acier faiblement allié, Acier à teneur moyenne de carbone et Acier à haute teneur de carbone.

Une deuxième étude nous a permis de classer les matériaux en fonction de leur prix sur le marché. Cette étude nous permettra entre autre d'optimiser le coût de revient de la machine.

(L'annexe 4 montre ce classement.)

Ce graphe montre premièrement que les aciers à moyenne teneur en carbone et les aciers faiblement alliés sont de loin les moins chers, surtout en comparaison avec les aciers inoxydables. Une comparaison des caractéristiques de ces deux matériaux est donnée ci-dessous.

Acier faiblement allié					Acier à moyenne teneur en carbone				
Propriétés Générales					**Propriétés Générales**				
Masse Volumique	7800	-	7900	kg/m^3	Masse Volumique	7800	-	7900	kg/m^3
Prix	0.3619	-	0.9408	EUR/kg	Prix	0.3619	-	0.6513	EUR/kg
Propriétés Mécaniques					**Propriétés Mécaniques**				
Module de Young	205	-	217	GPa	Module de Young	200	-	216	GPa
Limite élastique	400	-	1500	MPa	Limite élastique	305	-	900	MPa
Résistance en traction	550	-	1760	MPa	Résistance en traction	410	-	1200	MPa
Allongement	3	-	38	%	Allongement	4	-	39	%
Mesure de dureté Vickers	140	-	692.5	HV	Mesure de dureté Vickers	120	-	565	HV
Limite de fatigue	*248	-	700	MPa	Limite de fatigue	*229	-	600	MPa
Ténacité	14	-	200	MPa.m^1/2	Ténacité	*12	-	92	MPa.m^1/2
Propriétés Thermiques					**Propriétés Thermiques**				
Conducteur ou isolant thermique?	Bon conducteur				Conducteur ou isolant thermique?	Bon conducteur			
Conductivité thermique	34	-	55	W/m.K	Conductivité thermique	45	-	55	W/m.K
Coefficient de dilatation	10.5	-	13.5	µstrain/°C	Coefficient de dilatation	10	-	14	µstrain/°C
Chaleur spécifique	410	-	530	J/kg.K	Chaleur spécifique	440	-	520	J/kg.K
Température de fusion	1382	-	1529	°C	Température de fusion	1380	-	1514	°C
Température maximale d'utilisation	*200	-	650	°C	Température maximale d'utilisation	*200	-	350	°C
Propriétés Electriques					**Propriétés Electriques**				
Conducteur ou isolant électrique?	Bon conducteur				Conducteur ou isolant électrique?	Bon conducteur			
Propriétés Optiques					**Propriétés Optiques**				
Transparent ou opaque?	Opaque				Transparent ou opaque?	Opaque			
Propriétés Environnementales					**Propriétés Environnementales**				
Energie nécessaire à la production	*31	-	34.3	MJ/kg	Energie nécessaire à la production	*23.4	-	25.8	MJ/kg
Dioxyde de carbone	*1.95	-	2.16	kg/kg	Dioxyde de carbone	2	-	2.21	kg/kg
Recyclable	✓				Recyclable	✓			
Informations Supplémentaires					**Informations Supplémentaires**				
Applications typiques					**Applications typiques**				
Ressorts, outils, bearings, coussinets, vilebrequins, engrenages, tiges de connexion.					Construction générale; construction mécanique générale; automobile; outils; essieux; engrenages; vilebrequins, cames.				

Figure 18 : Comparaison entre acier faiblement allié et acier à teneur moyenne en carbone.

Cette figure comparative révèle qu'à un prix légèrement supérieur, les aciers faiblement alliés présentent de meilleures caractéristiques mécaniques.

Décision :

Nous choisissons au vue de toute l'étude précédente un acier faiblement allié avec une résistance mécanique comprise entre 550 et 1700 MPA.

Pour notre machine nous optons pour des arbres en acier 41Cr4 de résistance mécanique 110daN/mm² soit 1100 MPA et de limite élastique 750 MPA

Le matériau choisi pour les arbres de transmission de puissance est indiqué sur ***l'annexe 4*.**

b- Choix des matériaux pour les pièces de la catégorie 2

Pour cette dernière catégorie nous avons opté pour l'utilisation des matériaux couramment utilisés dans les machines simples. En effet, ces pièces ne sont soumises à aucune charge ou sont soumises à des chargements de faible importance. Nous avons donc choisit les aciers de nuance S235 ; 42Cr4 et GE295.

Par contre tous les différents couvercles et les carters sont en alliage d'aluminium de nuance EN-AW-5086 (AlMg4) avec un état métallurgique H22.

2- Dimensionnement des arbres

a- Dimensionnement de l'arbre porte-rouleau tissu

Long de 2600 mm, il supporte une charge maximale de 540N uniformément répartie centrée sur 2040mm. Nous allons faire le dimensionnement en prenant en compte essentiellement le moment de flexion car ce dernier est la principale force. Nous considérons donc qu'il existe des chocs mineurs. Nous prenons aussi un coefficient de sécurité de 2.

On a : **M=702000N.mm; s=2.** Nous utilisons le critère de Von Mises pour le calcul des arbres. Il est aussi préférable d'utiliser un arbre creux pour des raisons d'optimisation de la matière utilisée et du poids de la machine. La figure suivante montre les résultats obtenus.

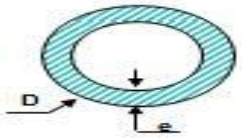
Dimensionnement des arbres avec le critère de Von Misès

Caractéristiques géométriques			
Diamètre	D	40,00	mm
épaisseur	e	2,00	mm
Diamètre intérieur	d	36,00	mm
Surface	S	238,76	mm²
Moment quadratique	Iz	43215,75	mm⁴
moment polaire	Io	86431,50	mm⁴

Caractéristiques du matériau			
Limite élastique	Re	400	MPa
Limite de rupture	Rr	600	MPa

Calcul de résistance			
Effort normal	N	270	N
Moment de flexion	Mfz	351,00	N.m
	Mfz	351000,00	N.mm
Moment de torsion	Mt	0,00	N.m
	Mt	0,00	N.mm
Coefficient de sécurité	cs	2	
Coeff.de concentration de contraintes :			
en traction	Ktt	1	
en flexion	Ktf	1,2	
en torsion	Kto	1	
Contrainte de Von Mis	σ_{VM}	196,46	MPa
Contrainte limite	Re/cs	200,00	MPa
Le critère de résistance est		validé	

Arbre cylindrique creux



Critère de résistance

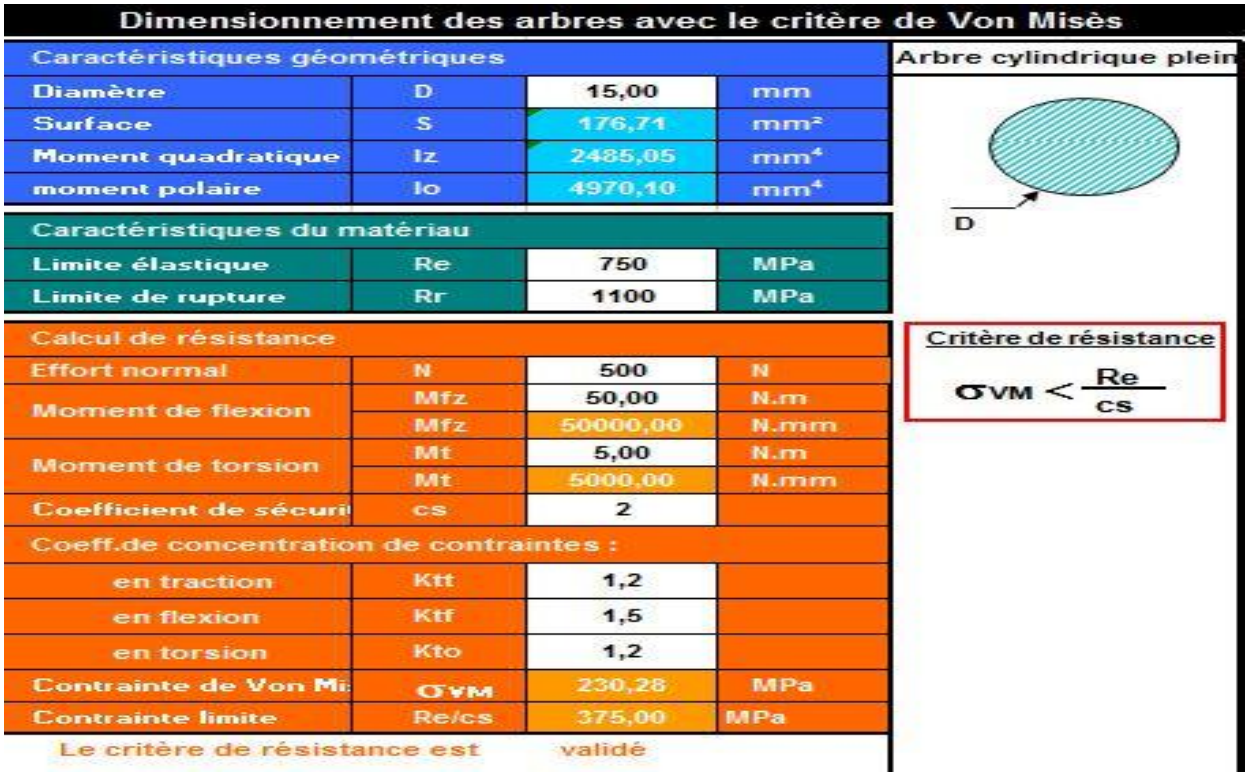
$$\sigma_{VM} < \frac{Re}{cs}$$

Figure 19 : Dimensionnement de l'arbre porte rouleau tissu

b- Dimensionnement des arbres de transmission

Pour dimensionner les arbres de transmission, nous les considérons de même forme et comme supportant les mêmes types de charges. Ces derniers sont soumis à des efforts de flexion principalement et de torsion.

Une fois les concentrations de contraintes de traction et de torsion connues, il nous reste à estimer le diamètre des arbres. Nous utilisons toujours le critère de Von mises. La figure suivante montre les résultats.



Dimensionnement des arbres avec le critère de Von Misès			
Caractéristiques géométriques			
Diamètre	D	15,00	mm
Surface	S	176,71	mm²
Moment quadratique	Iz	2485,05	mm⁴
moment polaire	Io	4970,10	mm⁴
Caractéristiques du matériau			
Limite élastique	Re	750	MPa
Limite de rupture	Rr	1100	MPa
Calcul de résistance			
Effort normal	N	500	N
Moment de flexion	Mfz	50,00	N.m
	Mfz	50000,00	N.mm
Moment de torsion	Mt	5,00	N.m
	Mt	5000,00	N.mm
Coefficient de sécuri	cs	2	
Coeff.de concentration de contraintes :			
en traction	Ktt	1,2	
en flexion	Ktf	1,5	
en torsion	Kto	1,2	
Contrainte de Von Mi	σVM	230,28	MPa
Contrainte limite	Re/cs	375,00	MPa
Le critère de résistance est		validé	

Figure 20 : Dimensionnement des arbres de transmission

Le critère de Von Mises nous a permis de définir un diamètre minimal de 15mm. Ce diamètre correspond au diamètre le plus petit. Nous fixons le diamètre à 17mmpour normaliser et homologuer avec les diamètres de roulements et d'écrous disponibles. Nous considérons donc des arbres de diamètres minimaux (cas des épaulements) 15mm-17mm et de longueurs 200mm.

3- Conception et dimensionnement des différents mécanismes (sous-ensembles) de la machine semi-automatique

a- Conception et réalisation d'un motoréducteur pour l'entrainement de l'arbre porte rouleau tissu

Pour éviter la tension dans le tissu pendant le matelassage, on ne doit pas tirer le tissu pour le déroulement simplement en tournant le rouleau sur les galets de guidage. Pour pallier à ce problème, nous avons conçu et dimensionner un motoréducteur avec Poulie-courroie et engrenage qui permettra de faire tourner le rouleau dans le but de le dérouler. La vitesse de rotation du rouleau sera synchronisée avec la vitesse d'avance de la Machine.
La figure suivante montre le motoréducteur complet :

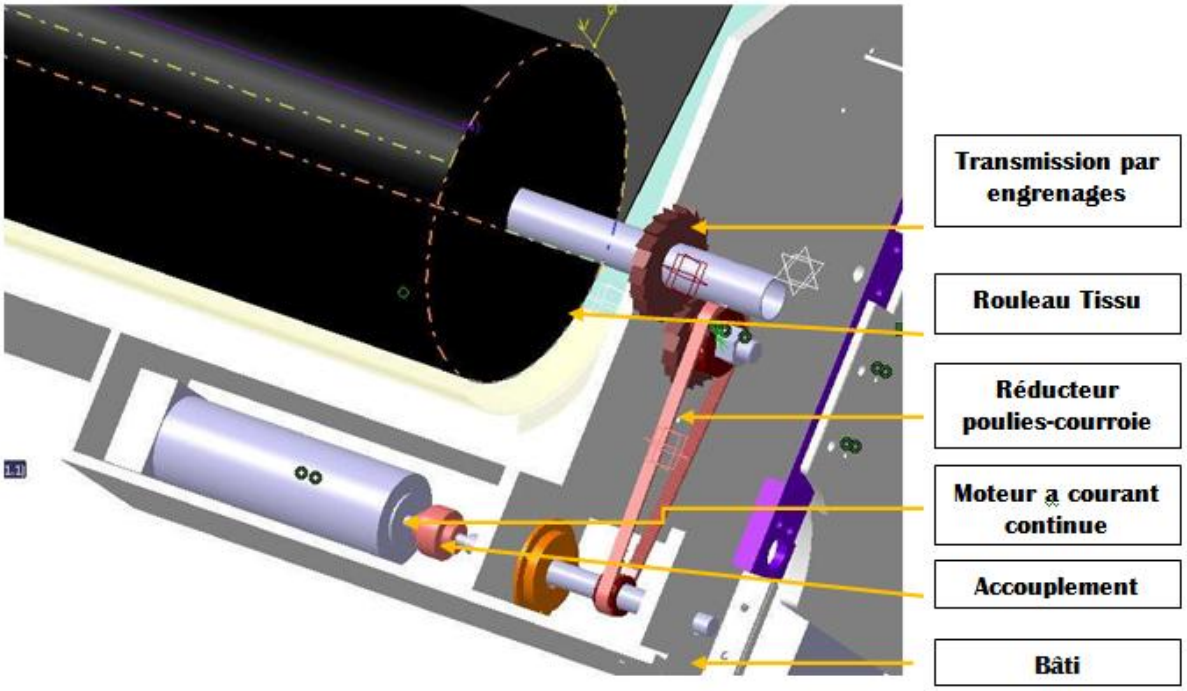


Figure 21 : Mécanisme de déroulage du tissu

Dimensionnement du système poulies-courroie

La figure suivante montre les résultats des différents calculs effectués sur le logiciel MITCalc.:

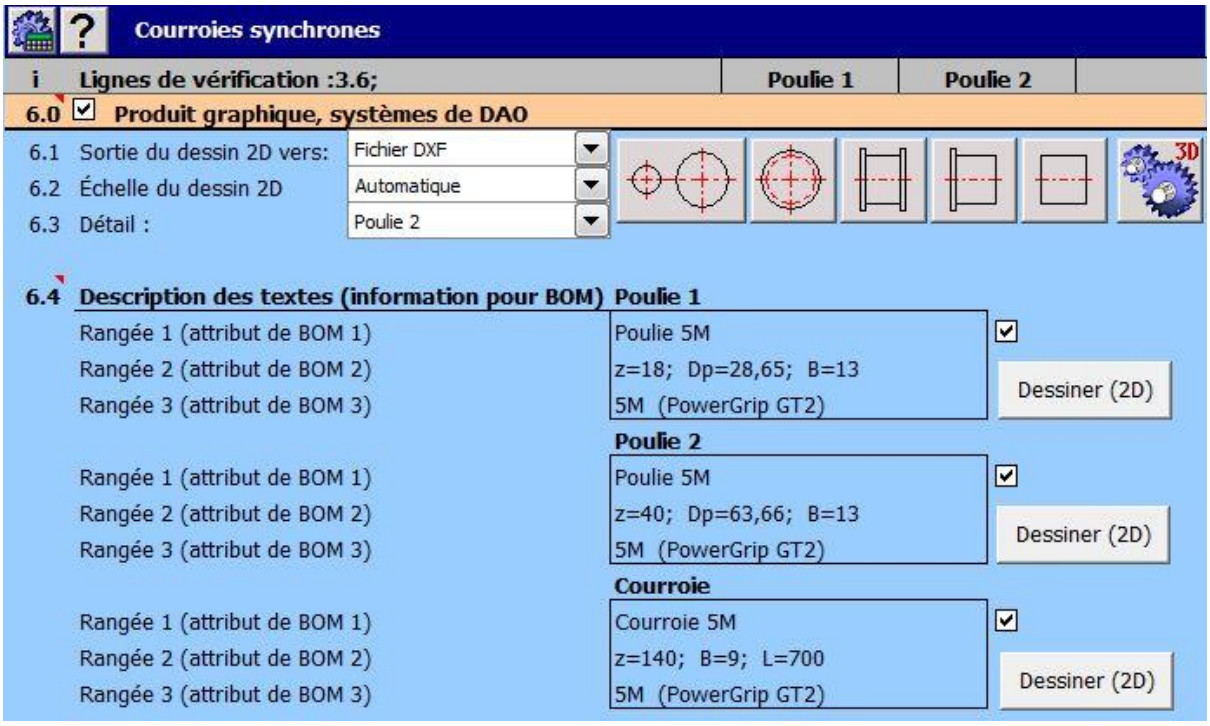


Figure 22 : Caractéristiques de poulies et courroies du mécanisme de déroulage du tissu

Les détails de calcul sont donnés en ***Annexe 5***

Dimensionnement de l'engrenage

Pour le choix des engrenages nous choisissons deux roues identiques de diamètre primitive égale 92.5 et avec un nombre de dents z=185

Premières caractéristiques possibles		
Diamètre primitif d1	92,5	mm
Diamètre primitif d2	92,5	mm
entraxe a exact	92,5	mm
Z1	185	dents
Z2	185	dents

Figure 23 : caractéristiques des engrenages du mécanisme de déroulage du tissu

b- Conception et dimensionnement d'une transmission de mouvement pour le déplacement motorisé du chariot le long de la table

Il est difficile d'assurer un déplacement sans vibrations d'un chariot dont le poids est estimé à environ 200Kg. Pour réduire ce phénomène de vibrations nous avons décidé de concevoir une transmission qui assure la même vitesse au niveau des 4 roues de la machines.

La figure suivante est une conception sous le logiciel Catia V5 du mécanisme adopté :

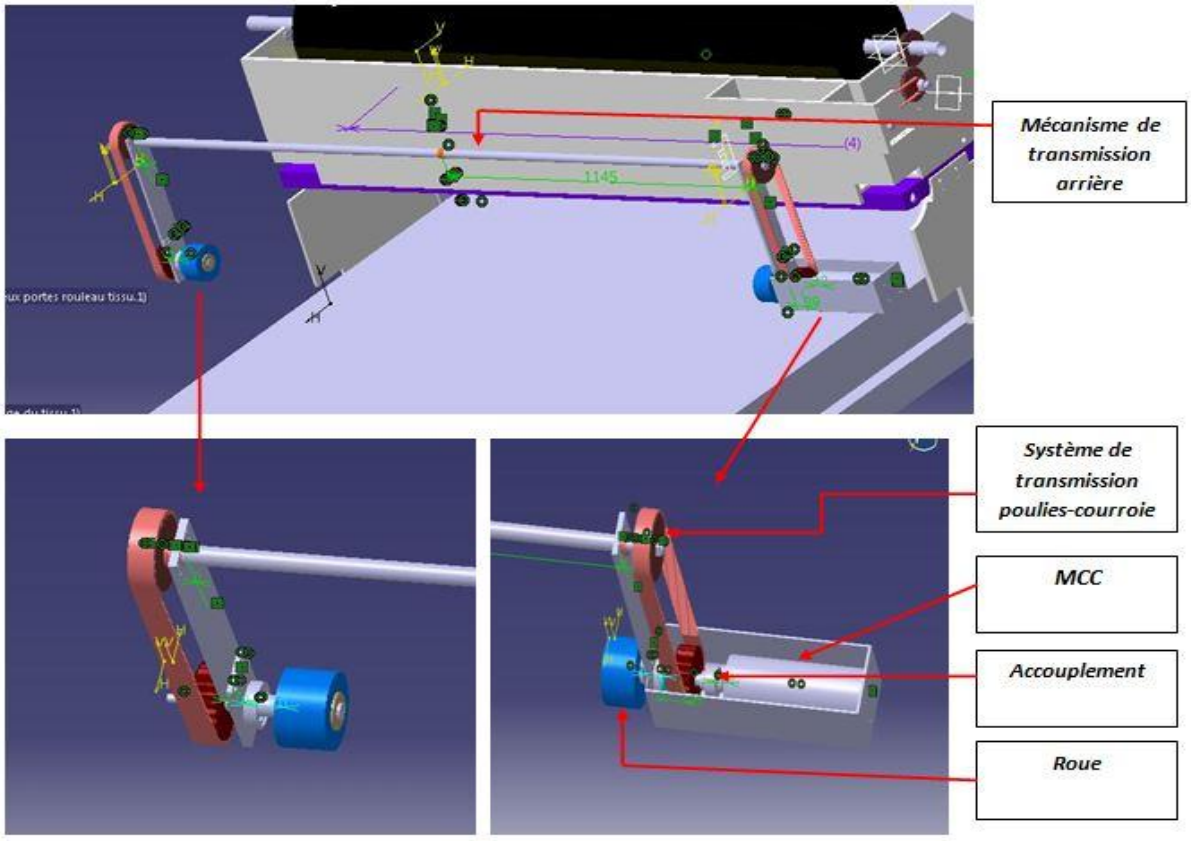


Figure 24 : Systèmes de transmission arrière par poulies-courroie

Dimensionnement des systèmes poulies-courroies

L'analyse fonctionnelle nous a permis de choisir les poulies pour l'entrainement de la machine. Ceci est fait en considération principale du faible encombrement, le coût de réalisation de la solution, la simplicité et la facilité de réalisation, du non besoin de lubrification et de l'absence de bruit de fonctionnement. Les deux courroies sont identiques

Sur la figure suivante nous présentons les résultats de nos calculs fournis par le logiciel MITCalc.

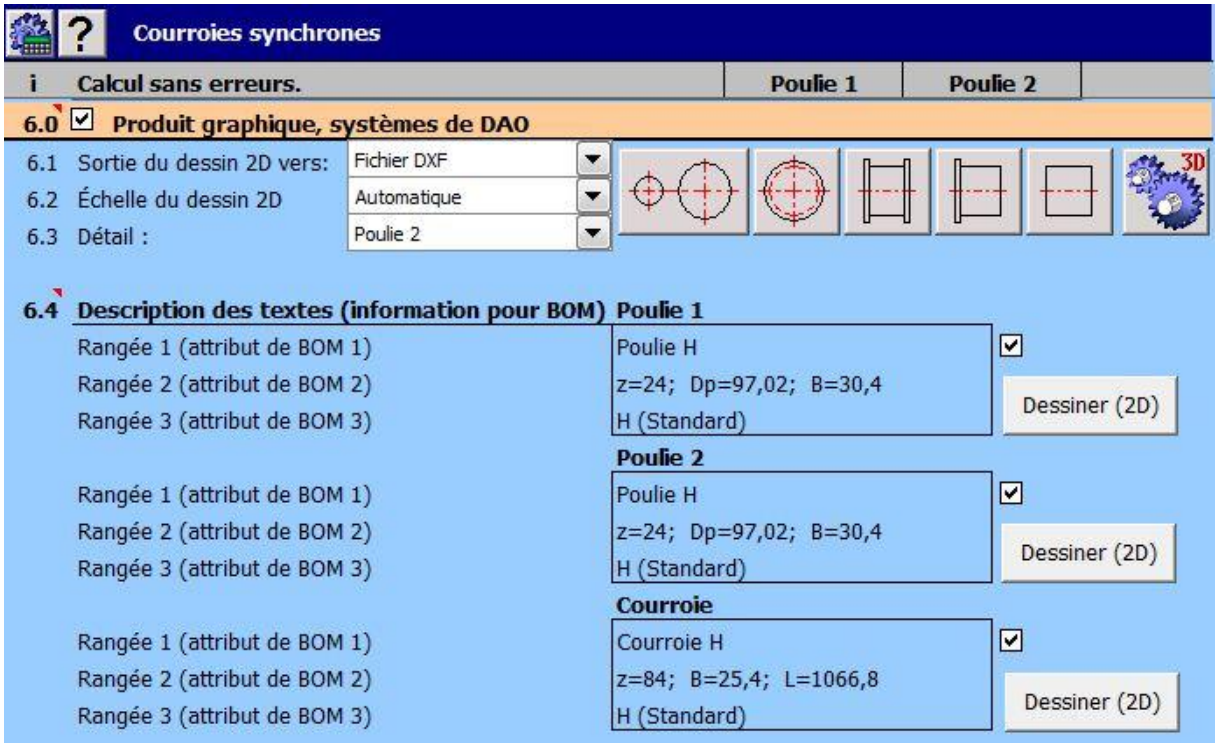


Figure 25 : Caractéristiques des poulies et courroie de la transmission arrière

Les détails de calculs sont donnés en ***Annexe 5***

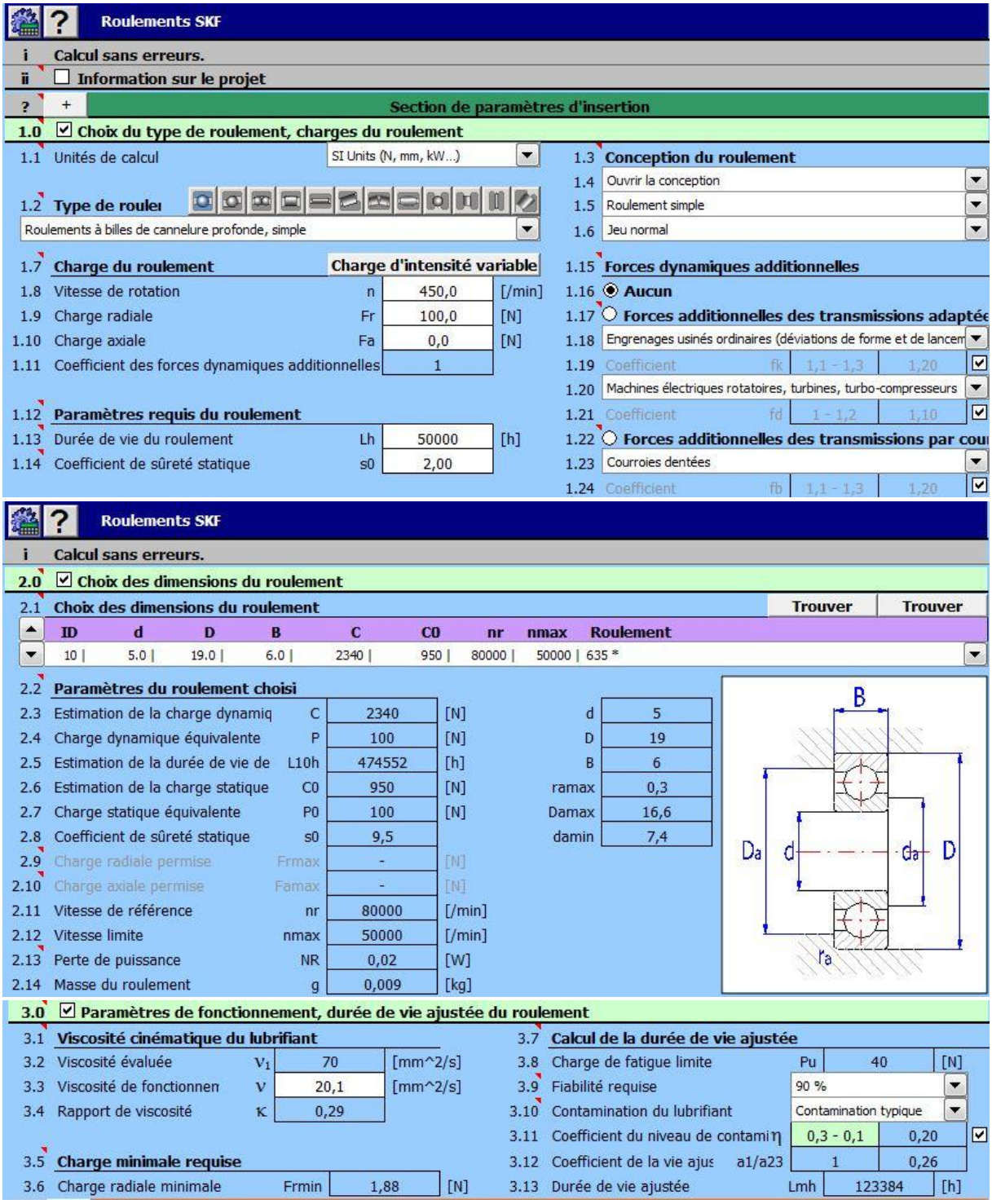
4- Choix et calculs des Roulements

a- Calcul dimensionnels et durée de vie des roulements

Les calculs dimensionnels et de durée de vie des roulements sont faits avec les feuilles de calcul MITcalc. Nous avons choisi les roulements SKF. Ci-dessous les détails des résultats de ces calculs ainsi que la théorie de calcul utilisée dans le logiciel.

Roulements pour le guidage de la barre d'enfilage

Pour le calcul des roulements nous avons aussi utilisé des feuilles de calcul. La feuille nous permet de choisir un roulement SKF convenable. Nous avons calculé les paramètres nous permettant de choisir le roulement convenable. En plus nous souhaitons avoir une durée de vie de 50000h.



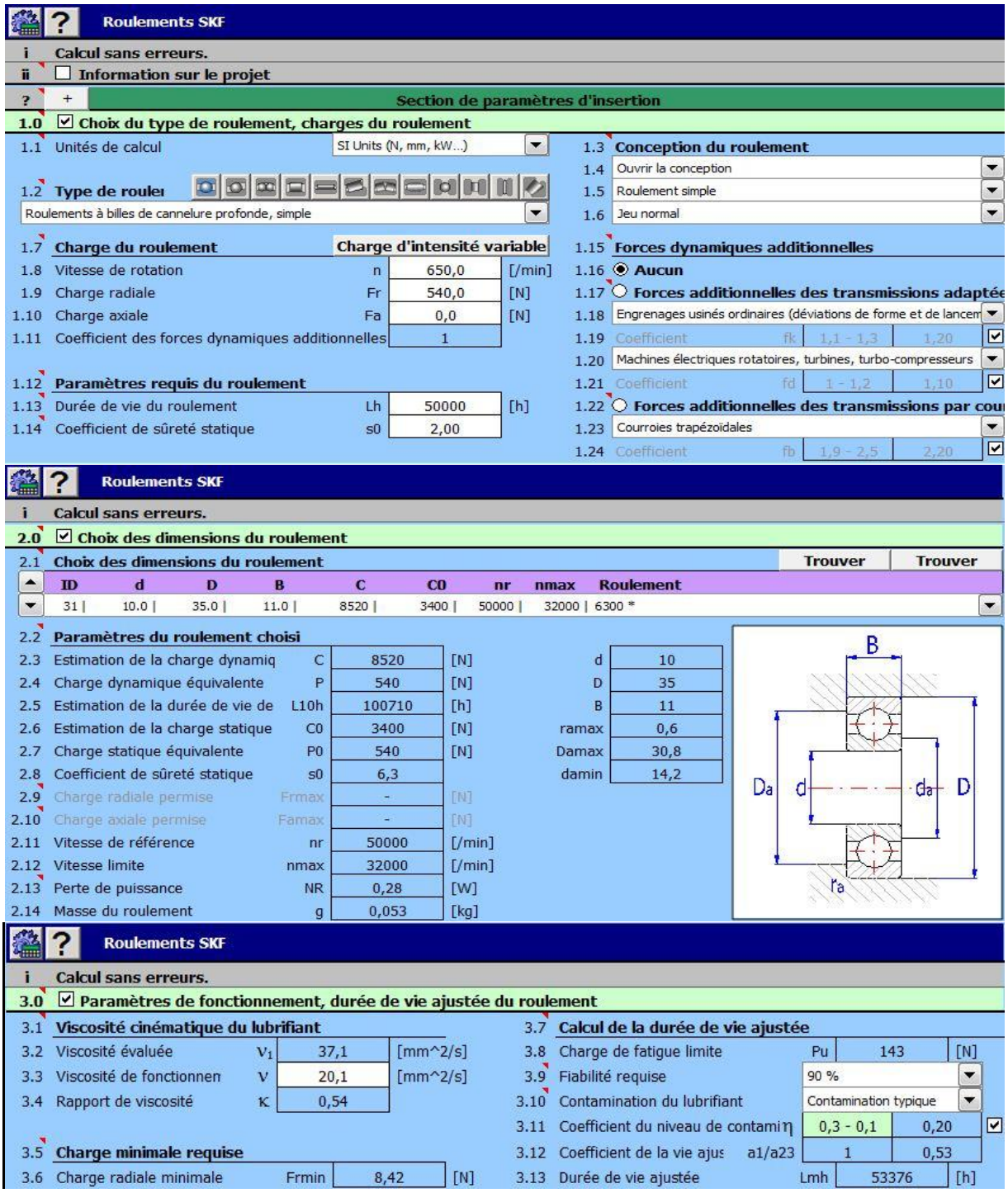
Figures 26 : Calcul roulement de la barre d'enfilage

Les calculs et le choix des roulements pour notre système ont donné des résultats satisfaisant puisque nous voulions, dans les conditions normales, avoir une durée de vie de 50000 heures. Mais après les calculs de la durée de vie ajustée, elle est estimée à 123384 heures de travail. Donc nos calculs sont acceptables.

=> Deux roulements identiques, Roulements: SKF 635*

Dimensionnement et calcul des roulements pour le guidage des roues et du motoréducteur

Nous avons procédé de la même façon pour choisir le roulement convenable pour ce système, Les résultats de ces calculs ainsi que la théorie de calcul utilisée sont détaillés dans la figure suivante :



Figures 27 : Calcul roulements des roues et du motoréducteur

Le roulement SKF-6300* est donc celui que nous allons considérer.

b- Choix de la lubrification

Le choix de la lubrification pour les roulements se fait suivant le diagramme ci-dessous.

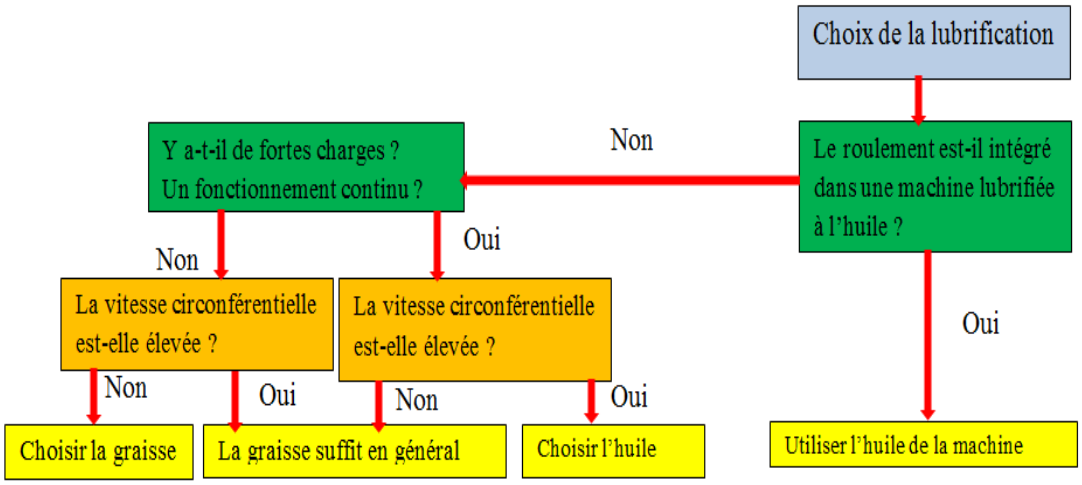
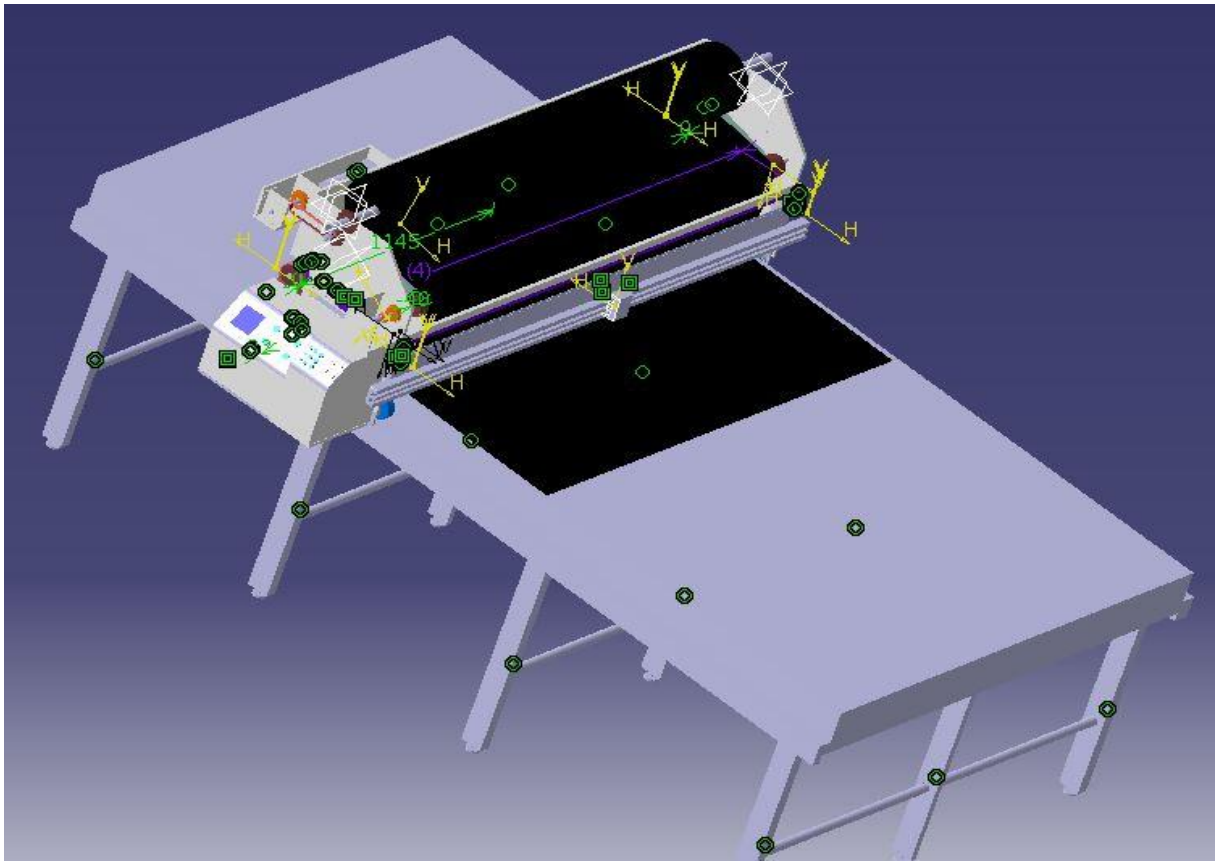


Figure 28 : Démarche de choix d'une lubrification

En suivant cette démarche, il s'ensuit que la graisse est le lubrifiant le plus adapté pour les roulements de notre machine.



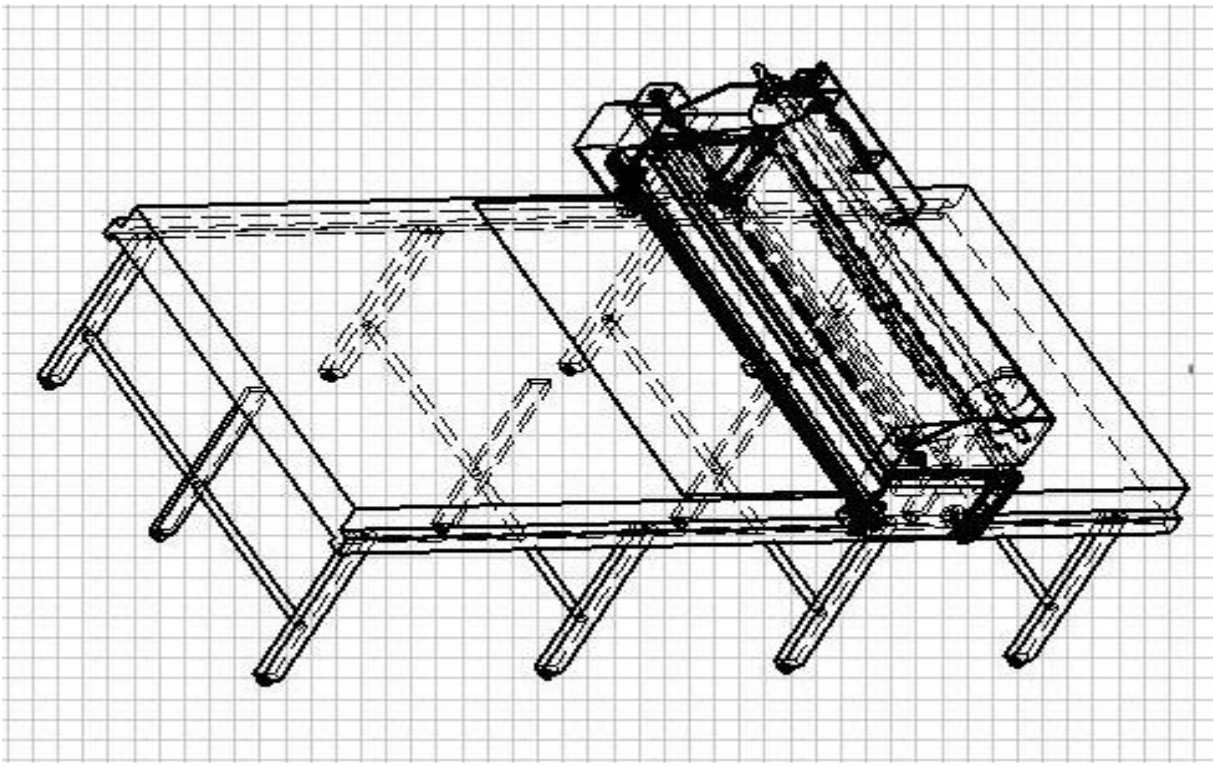


Figure 29 : Dessin de la machine sous Catia V5

III- Dimensionnement de la partie électrique

1. Dimensionnements des moteurs

a. Type de moteur

Nous avons vu dans l'analyse fonctionnelle qu'à cause de la variabilité de la vitesse et de la recherche d'une commande simple de la machine, il était préférable d'utiliser les moteurs à courant continu. Ce choix n'est pas fortuit car en effet 3 raisons principales font de ce choix le meilleur :

- *Fonctionnement à vitesse variable*

Historiquement et jusqu'aujourd'hui, les moteurs à courant continu à excitation séparée sont les plus utilisés

- *Commande de vitesse et de position*

Le chariot matelasseur fonctionne avec ce mode. Et la commande d'un moteur électrique à courant continu est la plus simple, la plus facile, et plus économique à réaliser.

- *Moteur déjà utilisé sur d'autres machines dans la société*

La plupart des machines de la Coupe sont des machines à courant continu et les techniciens de maintenance sont très habitués et familiarisés avec ce type de machines.

Dans cette partie, on va faire le choix de motorisations. Nous disposons de trois (3) motorisations dans notre machine à savoir :

- ⇨ ***Une motorisation pour l'entrainement des roues arrière***
- ⇨ ***Une motorisation pour l'entrainement de l'axe porte rouleau tissu***
- ⇨ ***Une motorisation pour entrainer le tendeur tissu***

b. Généralité sur le moteur à courant continu

Démarrage du moteur à courant continu :

Courant de démarrage :

Au démarrage la vitesse est nulle donc n = 0. Donc E = 0. On peut alors écrire :

U = R.I_d (I_d: Courant au démarrage). ***Equation (3)***

Pour les grosses machines R est faible (de l'ordre de quelques dixièmes d'Ohms) et pour les petits moteurs cette résistance est relativement grande. Ce qui impose de prévoir un circuit permettant de minimiser ce courant lors de démarrage des grosses machines

***Circuit de démarrage* :**

Pour minimiser I_d on peut :

- Soit démarrer avec une tension U faible (Démarrage à tension réduite).
- Soit ajouter une résistance en série avec l'induit lors du démarrage (Rhéostat de démarrage) (voir figure ci-dessous)

NB : Puisque dans notre cas la tension est constante, nous allons utiliser une résistance variable

Bilan des puissances :

Puissance reçue

A aimant permanent, seul l'induit est alimenté:

P_a=U.I ***Equation (4)***

Avec une excitation indépendante, l'induit et l'inducteur sont alimentés par une tension continue :

P_a=U_e. I_e+UI ***Equation (5)***

Pertes

Pertes par effet Joule:

- Dans l'inducteur (excitation): **P_{je}=U_e. I_e=R_e. I_e^2** ***Equation (6)***
- Dans l'induit : **P_{ji}=RI²** ***Equation (7)***

Pertes mécaniques $P_{méc}$ et magnétiques

P_{fer} ; P_c=T_pΩ= $P_{méc}$+P_{fer} ***Equation (8)***

Puissance électromagnétique P_{em}

P_{em} = E.I =T_{em} Ω ***Equation (9)***

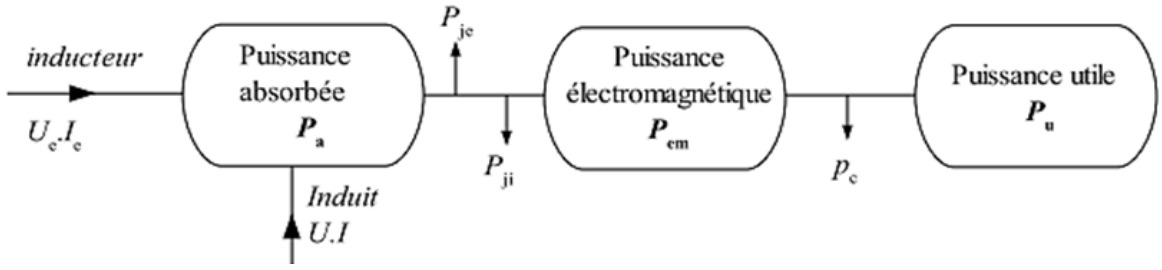
Avec

- E : f.c.é.m. en V
- I : intensité de courant dans l'induit en A
- T_{em} : couple électromagnétique en N.m
- Ω: vitesse de rotation en rad.s −1

Puissance utileP_u

P_uSous forme mécanique en W

P_u= T_u*Ω ***Equation (10)***



$P_a=U_e.I_e+UI$ ***Equation (11)***

$P_u=P_{em}-P_c$(avec $P_c=T_p\Omega= P_{méc}+P_{fer}$) ***Equation (12)***

$P_u=P_a-\Sigma Pertes = P_a-(P_c+P_{je}+P_{ji})$ avec $\Sigma=P_c+P_{je}+P_{ji}$ ***Equation (13)***

$P_{em}=P_a-P_{je}-P_{ji}$ ***Equation (14)***

Rendement

$\eta=\frac{P_u}{P_a}=\frac{P_u}{U_e.I_e+UI}=\frac{T_u*\Omega}{U_e.I_e+UI}$ ou encore $\eta=\frac{P_u}{P_a}=\eta=\frac{P_a-\Sigma Pertes}{P_a}=\frac{P_u-\Sigma Pertes}{P_u}$ ***Equation (15)***

Inversion ou variation du sens de rotation du moteur à courant continu :

Pour modifier le sens de rotation d'un moteur à courant continu, il suffit d'inverser l'alimentation à ses bornes (induit). La structure permettant de réaliser cette inversion est appelée « pont en H ».

Principe de fonctionnement du pont en H

Le pont en H peut être symbolisé par une structure à quatre interrupteurs ouverts au repos (voir figure 1). Dans ce cas, la tension aux bornes du moteur est nulle.
Pour mettre en rotation le moteur il suffit de fermer un couple d'interrupteurs (voir figure 2) et de laisser les deux autres au repos. Le moteur est donc alimenté avec la tension $U_M=V_{cc}$.
Pour modifier le sens de rotation, il suffit de permuter le couple d'interrupteurs fermés et ouverts (voir figure 3). On aura donc $U_M=-V_{cc}$.

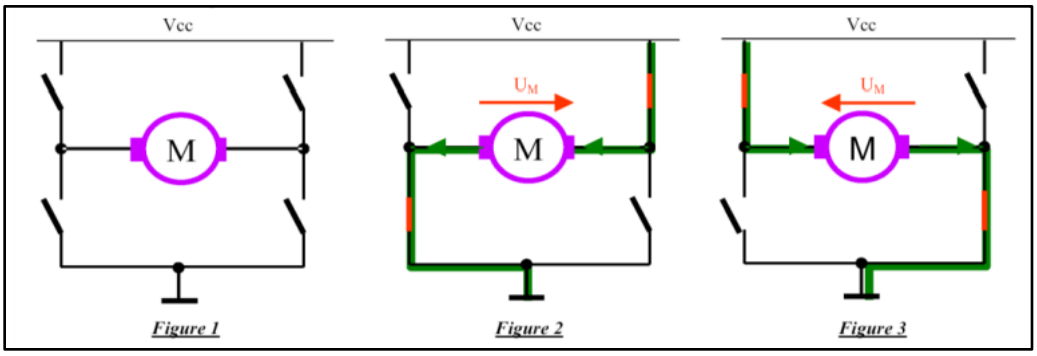


Figure 30 : inversion du sens de rotation du MCC par le pont H

Structure autour de transistors

Les transistors vont assurer la fonction des interrupteurs et fonctionneront en saturé/bloqué. Ainsi en bloquant un couple de transistor et en saturant l'autre, on établit une tension $U_M$aux bornes du moteur, dont on change le signe en modifiant les couples saturés/bloqués (voir figure 4 et 5).
Les diodes placées entre émetteurs et collecteurs des transistors jouent le rôle de diodes de roue libre (DRL). Elles permettent de protéger les transistors en devenant passantes lorsque ces derniers sont tous bloqués et qu'il faut évacuer le courant $I_M$de l'inductance du moteur.

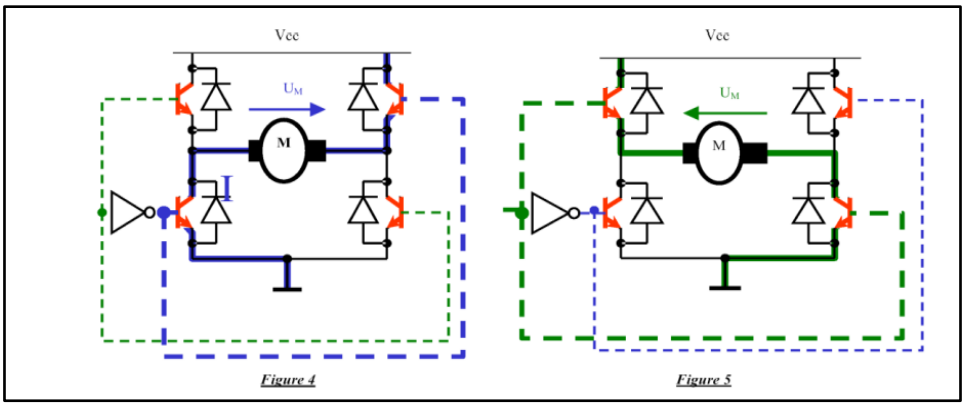


Figure 31 : inversion du sens de rotation du MCC par les transistors

Alimentation du moteur :

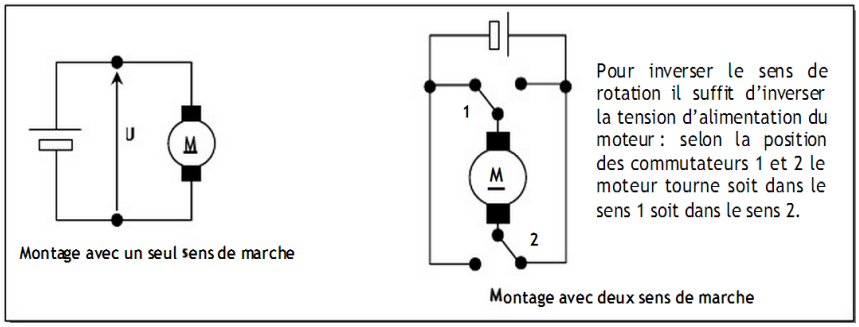


Figure 32 : Alimentation du MCC

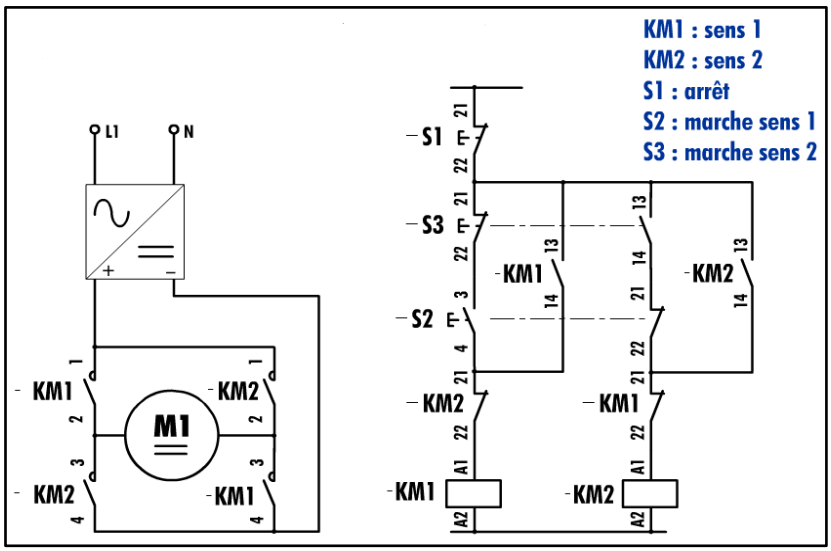


Figure 32: exemples circuits de puissance et commande d'un MCC avec inversion de sens de rotation

Fonctionnement à vitesse variable :

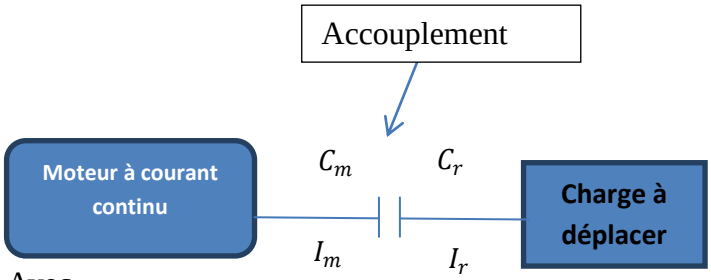
On peut envisager plusieurs cas dans lesquels on a besoin de faire fonctionner le moteur à courant continu à vitesse variable. Pour arriver à ce résultat, une première solution consiste à mettre une résistance variable en série avec le moteur. La vitesse maximale est atteinte en prenant RV= 0.

Une deuxième solution consiste à utiliser un hacheur. Dans ce cas l'action sur le rapport cyclique permet de varier la valeur moyenne de la tension de commande et par la suite la variation de la vitesse de rotation du moteur.

2. Choix des moteurs pour chaque sous-système :

a- Motorisation pour l'entrainement des roues arrière

Objectifs de déplacement



Avec

C_m=couple moteur
C_r=couple récepteur
I_m=moment d'inertie du moteur
I_r=moment d'inertie du récepteur

Poids estimé de la machine dans les conditions extrêmes

Dans les conditions extrêmes :

- le chariot est chargé avec un rouleau de plus de 54 Kg au maximum.
- un arbre creux de 2600 mm de longueur, 30 mm de diamètre extérieur et de 6 mm d'épaisseur en acier ordinaire. Pour une masse de 18kg
- En plus il est constitué d'une structure squelette métallique en acier dont le poids est évalué à 15kg.
- L'arbre de transmission, est considéré comme un cylindre plein de diamètres 17 mm et de longueur 20mm avec une masse de 5 kg
- La masse du dispositif de coupe = 20kg
- La masse du tendeur= 15 kg
- Masse des autres pièces : 43kg
- Masse estimée des moteurs et des systèmes de transmission 20Kg

En somme on a M =**180kg.** Le moteur devra donc faire déplacer une masse totale de 180kg soit 1800 N.

Loi de vitesse : il s'agit de la loi trapèze

Distance à parcourir : longueur X du matelas variable entre 1 et 3m

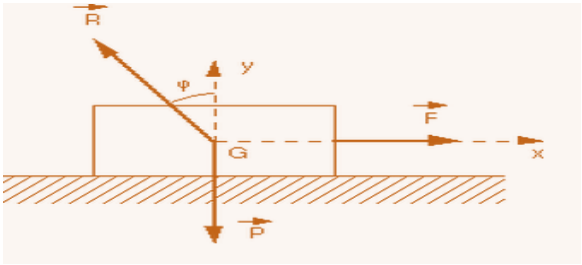
Temps de parcours maximal : T=11.25s maxi pour 3m

$$V_{max} = \frac{3X}{2T} = 0.4 \text{ m/ s} \qquad \textit{Equation (16)}$$

$$a_{max} = \frac{9X}{2T^2} = 0.11 \text{ m.s}^{-2} \qquad \textit{Equation (17)}$$

Estimation de la puissance pour déplacer la charge

On estime la force nécessaire pour déplacer la masse de 180 Kg soit égale à 360 N



- F = 360 N
- Rendement global estimé η=0.9

Puissance d'accélération :

P_a= M*a*V_{max} ***Equation (18)***

AN : P_a=180*0.4*0.11 = 7.92W

Puissance permanente :

P_p= F*V_{max}*η ***Equation (19)***

AN : P_p=360*0.8*0.9=129.6 W

Puissance totale :

P_t= (M*a*V_{max}) + (F*V_{max}*η) ***Equation (20)***

P_t=138.52W≈139 W

Pas de réduction

Calcul des vitesses :

Données : Roue de diamètre 125mm pour une vitesse linéaire de 0.4m/s maximum

Diamètre de l'axe moteur : minimum 12 mm

On a donc V=$r_1\omega_1$=$r_2\omega_2$ =0.4m/s ***Equation (21)***

⇨ ω_1=66.67rad/s et ω_2=6.4rad/s

⇨ N_1=637trs/min *(vitesse sur l'axe du moteur)*

⇨ N_2=61.15trs/min *(vitesse de la roue)*

Vitesse maximale de la charge : **N_{1max}=637trs/min (61.15trs/min au niveau de la roue de diamètre 125mm)**

Critères de choix :

Il faut choisir un moteur de puissance supérieur à la puissance nécessaire calculé **P_t et une** vitesse maximale du moteur supérieure ou égale à $N_{1max.}$

Choix d'un moteur

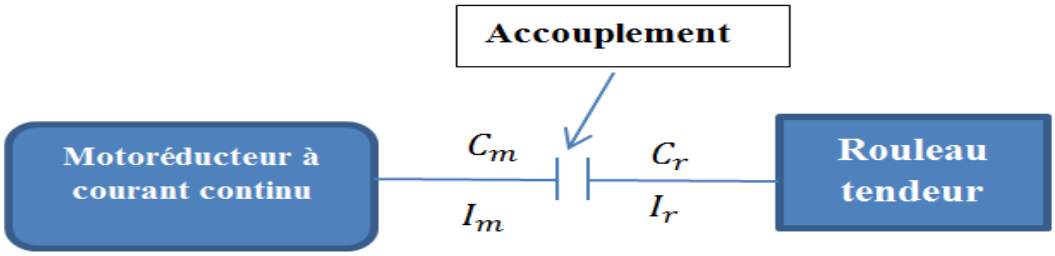
On choisit un moteur en considération de la puissance et de la vitesse maximale à atteindre. La variation de la vitesse se fera par commande. Nous avons trouvé une vitesse maximale

de 637trs/min sur l'axe du moteur. Nous allons utiliser une vitesse de 1500trs/min pour le dimensionnement. Une puissance minimale de 138W.

Moteur choisi : catalogue ENGEL

Figure 33 : moteur pour l'entrainement des roues arrière

b- Choix d'une motorisation pour l'entrainement en rotation de la barre d'enfilage



Vitesse de rotation
Vitesse linéaire V_{max} =400mm/s
Diamètre de l'axe : 8mm
Donc ω ≈100rads/s
Soit N≈955trs/min

On estime le couple utile nécessaire : C_u= 22.5Nmm= 0.0225Nm
Donc $\boldsymbol{P_u=C_u*\omega}$ ≈2.25 watts ***Equation (22)***

Choix d'un moteur

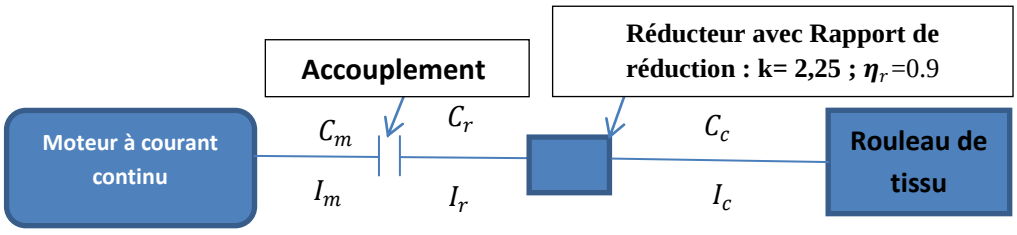
On choisit un moteur en considération de la puissance et de la vitesse maximale à atteindre.

Moteur choisi : catalogue ENGEL

Figure 34 : moteur pour l'entrainement de la barre d'enfilage

c- Choix d'une motorisation pour l'entrainement de l'axe porte rouleau tissu.

Modélisation



Avec

C_m=couple moteur
C_r=couple récepteur
C_c=couple de la charge
I_m=moment d'inertie du moteur
I_r=moment d'inertie du récepteur
I_c=moment d'inertie de la charge

Calcul du couple nécessaire pour entrainer la charge

$$C_c=\mu * P * \frac{D}{2}$$

Equation (23)

μ=coefficient de frottement au niveau des galets=0.02
P=le poids du rouleau de tissu=540N maxi
D=le diamètre du rouleau=30cm

C_c=1.62N.m

Donc avec un rapport de réduction 2.25 le moteur choisi doit satisfaire à un couple de $\frac{C_r}{2.25}$ = 0.72N.m, c'est-à-dire

C_{max}=0,72N.m

La vitesse maximale linéaire est de 400mm/s. Ce qui donne une vitesse de rotation maximale, pour un arbre de 38mm de diamètre, de **21rad/s**

V_{max} =400mm/s

$\omega_{arbre\ max}$ =21rads/s soit 201 trs/min

$\omega_{moteur\ max}$ = 21*2.25*38/11= 163.3rads/s soit **1563trs/min.** (Avec 11 le diamètre de l'axe du moteur).

La puissance minimale du moteur

P_u=C_u* ω ≈ **117.576watts**

Choix d'un moteur

On choisit donc un moteur de 3000trs/min et de puissance supérieure à 118 watts.

Moteur choisi : catalogue ENGEL

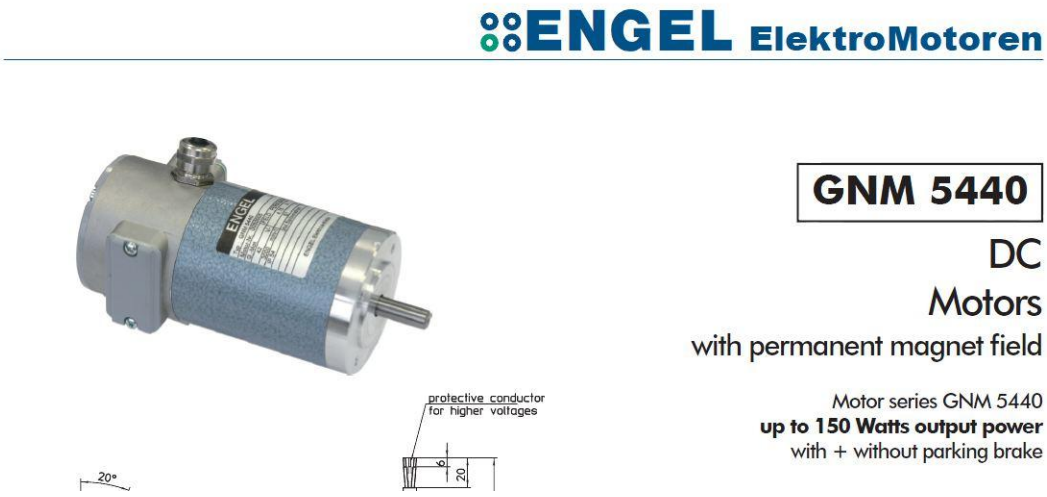


Figure 35 : moteur pour l'entrainement de l'axe porte rouleau tissu

IV- Conclusion

Nous avons traité dans ce chapitre la conception mécanique et le dimensionnement électrique des différentes composantes de la machine semi-automatique. Toutefois ce chapitre ne représente qu'une partie de la configuration de notre chariot matelasseur. Le prochain chapitre sera donc le lieu de terminer avec les dimensionnements et choix des éléments de la partie commande et supervision. Il présentera aussi l'évaluation économique du projet.

Chapitre V :
Dimensionnement de la partie commande & supervision et étude de la rentabilité économique de la machine

I- Introduction

La conception d'une machine n'est pas que mécanique et électrique. Une machine automatique doit être commandée et supervisée en temps réel. La supervision est très importante et permet à l'utilisateur de contrôler les paramètres de la machine et prévenir les éventuelles erreurs irrémédiables ou des accidents. Après donc les dimensionnements mécanique et électrique, ce chapitre permettra de caractériser les éléments de commande et supervision. Une étude économique clora le chapitre.

II- Dimensionnement de la partie Commande et supervision

1. Choix des capteurs

a- Choix d'un détecteur de tissu

Le Détecteur

Les détecteurs font partie de la famille des capteurs, leur fonction est de détecter la présence d'un objet, l'information en sortie d'un détecteur est donc de type binaire.

Parmi les nombreuses utilisations de détecteurs, on trouve :

- La détection de la présence des composants au niveau des postes de travail ;
- La détection de la position des actionneurs.

Et pour choisir le détecteur convenable dans une application, il faut prendre en considération plusieurs, citons :

- Les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées ;
- L'effort nécessaire pour actionner le contact ;
- La nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, ainsi que la température ;
- Le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides ;
- Le nombre de cycles de manœuvres ;
- La nature du circuit électrique ;
- Le nombre et la nature des contacts ;
- La place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil.

La démarche d'aide au choix s'établit en deux temps :

- **Phase 1 :** Détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application.
- **Phase 2 :** Détermination du type du détecteur recherché

Choix d'un détecteur industriel dans une famille technologique donnée

Organigramme de choix (données Télémécaniques):

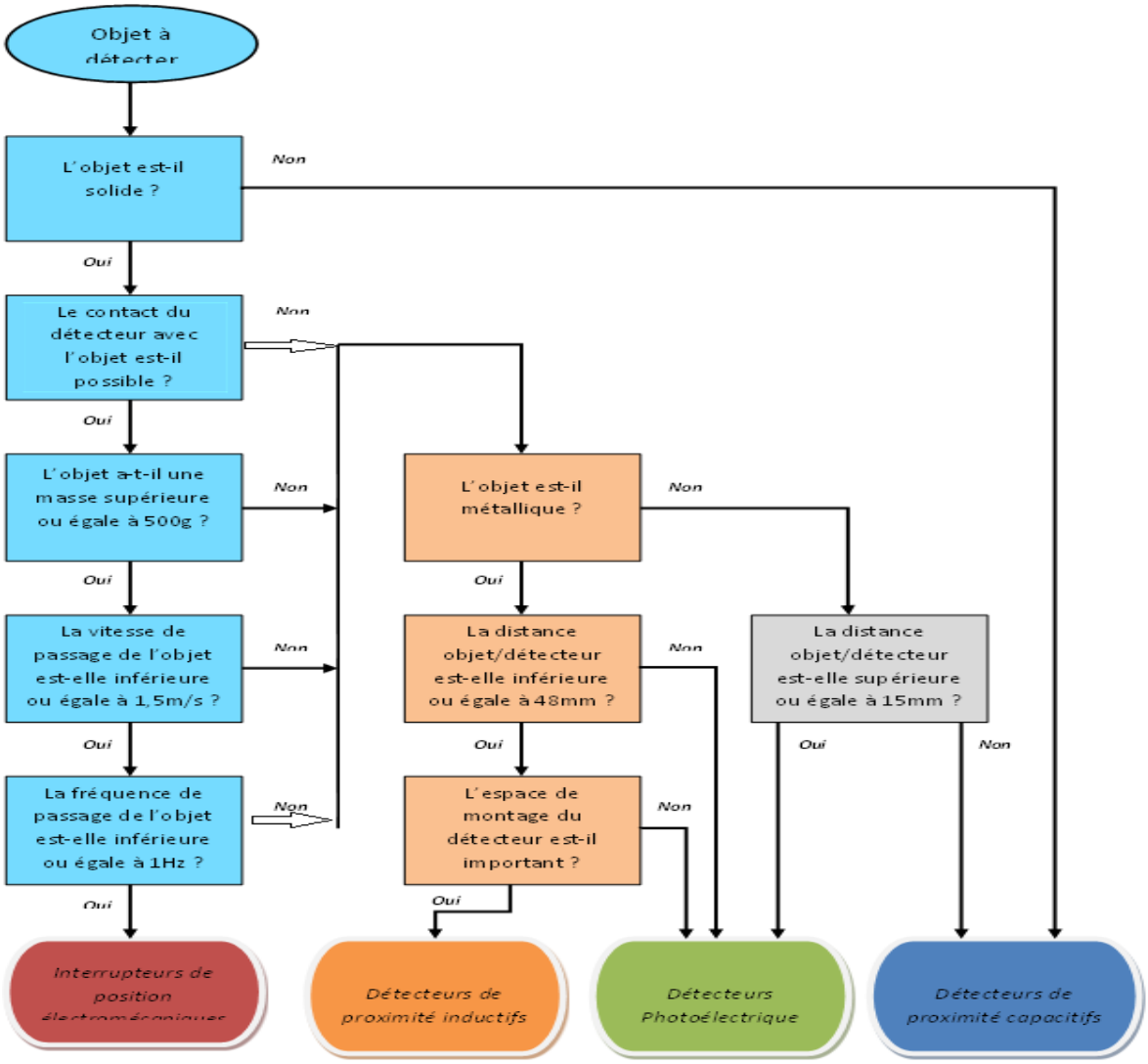


Figure 36 : Logigramme de choix des capteurs

Pour notre application :

Tissu :

- L'objet est solide
- Le contact capteur/objet est possible
- L'objet n'a pas une masse supérieure à 500g
- L'objet n'est pas métallique
- La distance entre le capteur et l'objet est supérieure à 15mm

Pour la détection des personnes ou d'objet (sécurité)

- Objet solide
- Contact impossible
- Masse supérieure à 500g
- Distance de détection supérieure à 15mm

Donc nous optons pour la famille des détecteurs photoélectrique.

Le principe de fonctionnement des détecteurs photoélectriques est le suivant :

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux.
Les détecteurs photoélectriques se composent essentiellement d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.
La détection est effective quand l'objet pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.
Pour réaliser la détection d'objets dans les différentes applications, trois systèmes de base sont proposés: système barrage, système reflex, système proximité. Etc…

b- Paramètres de choix des capteurs

Caractéristiques à considerer

Caractéristiques à prendre en compte	Exemples
Mécaniques	Mode de fixation du détecteur, forme du boitier
Métrologiques	Distance de détection, principe de détection (reflex, proximité,…), …..
Electriques	Type de sortie électrique (PNP, NPN, statique), alimentation, raccordement (connecteur, câble,…), fréquence de commutation,…
Environnementales	Température ambiante, humidité, projections, poussière, champs magnétiques,…

Tableau 11 : Caractéristiques de choix d'un capteur

Choix d'un détecteur photoélectrique

Propriétés	Technologie	Performance
Programme standard	Classique	Distances de détection : Barrage : 7 m Reflex : 2 m Proximité : 700 mm
	Fibre optique	Distance de détection : Barrage : 1,1 m Proximité : 130 mm
Détection longue distance	Classique	Distances de détection : Barrage : 30 m Reflex : 4 m Proximité : 2 m
	Fibre optique	Distance de détection : Barrage : 2,2 m Proximité : 500 mm
Détection d'objets de très petite taille	Classique ou fibre optique à faisceau laser	Objet de taille inférieure à 0,01 mm à une distance de 50 mm en mode proximité
Détection avec effacement d'arrière-plan	Classique à triangulation ou fibre optique	Portée indépendante des variations de couleurs et de matériaux Portée réglable précisément
Reconnaissance de couleurs	Classique ou fibre optique	Reconnaissance de 2 à 4 couleurs par apprentissage
Reconnaissance de brillance	Classique	Détection d'objets brillants, d'adhésif ou d'un emballage transparent

Détection de niveau de liquide	Fibre optique	Fibre immergée : détection de tous les liquides excepté ceux de couleur blanc laiteux Fibre sur tube transparent : Tous liquides
Utilisation en environnements agressifs	Classique ou fibre optique	Résistance à l'eau, à l'huile et aux chocs. Résistance à des températures comprises entre -40° et +300° pour les fibres optiques
Détection d'objets transparents	Classique	Plaque de verre à 300 mm en mode reflex

Tableau 12 : Choix d'un détecteur photoélectrique

Choix du type du système de détecteur

Principe de détection		Propriétés
BARRAAGE		- Objets opaques détectables - Grande portée - Peut fonctionner en ambiance polluée - Petits objets détectables - Nécessité de monter et d'aligner deux composants
REFLEX	Classique	- Objet non brillant - Surface non réfléchissante - Portée moyenne - Ambiance assez propre - La cible doit être plus large que le réflecteur
	Polarisé	Idem classique avec : - Objet réfléchissant ou brillant
PROXIMITE	Classique	Objet à surface claire - Distance de détection courte - Ambiance propre recommandée
	A effacement d'arrière-plan	Idem classique avec : - Objets de différentes couleurs - Présence d'un arrière-plan proche
FIBRE OPTIQUE Barrage ou proximité		- Petite taille permettant l'implantation dans lieux exigus - Distance de détection courte - Détection de petits objets

Tableau13 : Choix d'un système de détecteur

Pour le tissu : nous retenons un **Système à fibres optiques**

Principe :

Ce sont des détecteurs photo-électriques constitués d'un émetteur et d'un récepteur déportés par rapport au point de détection.

Fonctionnement :

Les rayons lumineux sont véhiculés par des fibres optiques dont le cœur est en matière plastique ou en verre.

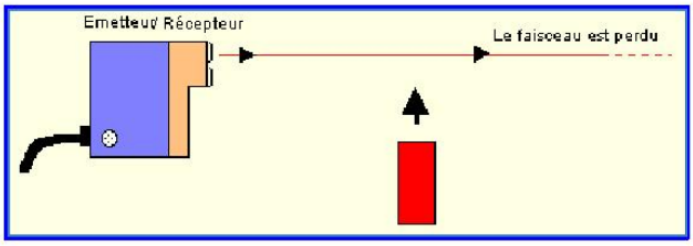
Les détecteurs à fibres optiques sont utilisés pour la détection de pièces de faibles dimensions et lorsque la place disponible est insuffisante.

Caractéristiques :

- Le diamètre des fibres est très petit, de l'ordre de 2 mm
- Ils peuvent être utilisés en système barrage ou en système de proximité.

Pour la sécurité ***:*** le système de **proximité**

Système proximité :



Émetteur et réflecteur sont regroupés dans un même boîtier. Le faisceau lumineux émis en infrarouge, est renvoyé vers le récepteur par tout objet suffisamment réfléchissant qui pénètre dans la zone de détection.

Figure 37 : Mécanisme de détection par système de barrage

Choix d'un capteur de fin de course

Les capteurs de fin de course sont importants dans notre système. Ils sont de quatre types :

- Capteur de fin de course avant pour arrêter le système quand il sera à la fin de la course.
- Capteur de fin de course pour l'arrêt du système au point origine.
- Capteur de fin de course pour l'arrêt à la position initiale à la fin de l'opération
- Capteurs de fin de course pour l'arrêt des couteaux automatiques

Nous avons au total 5 capteurs de fin de course.
Nous reprenons le guide de choix des capteurs de Télémécanique utilisé précédemment !
De cette démarche nous retenons la famille des interrupteurs de position de fin de course.

c- Choix des fonctions des différents capteurs

Les fonctions de tous les capteurs choisies sont consignées dans le tableau suivant :

	Type de capteurs	Fonction dans la machine
1	Détecteur photoélectrique, fonction NO (objet présent) Fibre optique à faisceau laser, mode proximité	Détecter la présence du tissu
2	Détecteur photoélectrique	Les positions haut et bas des deux vérins pneumatiques
3	Détecteur photoélectrique, fonction NO (objet présent)	Détecter la présence humaine/objets pour assurer la sécurité des biens et des personnes
4	Capteur de fin de course, fonction NO (objet présent)	détecter la position de référence avant le matelassage
5	Capteurs de fin de course, fonction NO (objet présent)	Signaler à la position initiale à la fin de l'opération de matelassage

Tableau 14 : Fonction des capteurs

d- Choix de l'unité de commande

L'unité de commande doit lire les informations issues des capteurs et commander les actionneurs (Pré actionneurs) afin de bien gérer le bon fonctionnement de la machine.
Trois solutions sont envisagées pour cette tâche : Microcontrôleur ; Automate programmable industriel et Microprocesseur

Solutions	Avantages	Inconvénients
API	-Modification du programme facile -Fiabilité professionnelle -Détection des défauts facile -Possibilité de faire la supervision -La facilité de mise en œuvre	-Le coût relativement élevé -Problème d'encombrement

µc	-Faible coût - Pas de problème d'encombrement	-Extension difficile -Complexité de programmation -Les erreurs de programmation ne sont pas faciles à repérer -Maintenance délicate
µp	-Faible coût -Pas de problème d'encombrement	-Complexité de programmation -Nécessité des autres composants (mémoires, cartes d'E/S, …) -Maintenance délicate - problème d'échauffement

Tableau 15 : Choix de l'unité de commande

Nous avons au vu de ce tableau comparatif décidé d'utiliser un automate programmable industriel (API) car il présente plus d'avantage surtout la facilité de mise en œuvre et la facilité de maintenance.

2. Cahier des charges de l'automatisme

a- Descriptif sommaire des équipements matériels actifs du chariot matelasseur

- Un moteur à courant continu pour le déroulage du tissu
- Un moteur à courant continu pour l'entrainement du tendeur
- Un moteur à courant continu pour la translation
- Un moteur à courant continu pour la coupe automatique
- Deux détecteurs pour la détection de la matière
- Quatre détecteurs de présence (sécurité)
- Un capteur de fin de course pour l'arrêt du chariot
- Un capteur pour détection du point origine
- Deux capteurs de fin de course pour la commande du couteau automatique
- Un Automate Programmable Industriel avec les caractéristiques nécessaires

b- Principe de fonctionnement

Déplacement automatique du chariot le long de la table

Lorsque le capteur de détection du point origine $\boldsymbol{a_0}$ le détecte, et que le départ cycle est donné par l'opérateur en appuyant sur un bouton poussoir ($\boldsymbol{D_{cy}}$), l'opération commence en faisant descendre le pince pour pincer le tissu (mouvement de descente), les trois moteurs des axes X, Y, Z c'est-à-dire le moteur de déplacement horizontal (axe X), le moteur d'entrainement du tendeur (axe Y) et le moteur de déroulage tissu (axe Z) sont mis en marche l'un après l'autre dans cet ordre. Le chariot va se déplacer et étaler le tissu sur la table. Quand le chariot arrive à la fin de la course programmée dans l'automate, les vitesses diminuent jusqu'à détection automatique de la longueur du matelas identifié**.** Le couteau automatique se met en marche automatiquement et coupe le tissu. Après cela le chariot fait le déplacement inverse automatique à vide jusqu'au point origine (position gauche) origine signalé par le capteur $\boldsymbol{a_0}$**,** en inversant le sens de rotation du moteur d'axe X. Et le cycle récompense. Un compteur digital se décrémente jusqu'à la valeur 0 à chaque fois que le chariot fait aller ou retour. Le nombre maximal à partir duquel le compteur décrémente est le nombre de couches du matelas. Le matelassage s'arrête lorsque le compteur arrive à 0. Les moteurs X et Y s'arrêtent, le moteur Z tourne à basse vitesse et dans le sens inverse quand l'opérateur appuie sur le bouton poussoir dédié à cet effet, pour enrouler le tissu éventuel restant. Il est arrêté par l'opérateur à la fin de cette opération.

c- Définition des fonctions du pupitre de commande.

Les boutons poussoirs

- L'arrêt d'urgence
- Remise en marche après défaillance
- Le départ de cycle
- La mise sous tension de la machine
- L'arrêt normal de la machine
- Déplacement manuel de la machine vers l'avant
- Déplacement manuel de la machine vers l'arrière
- Mise en marche du dispositif de coupe
- Dégagement de machine

Les voyants

- Signalisation de la bonne marche (Voyant Matelassage)
- Machine sous tension (voyant ON)
- Machine en panne (voyant DEFAUT)

Alarmes

- Alarme sonore en cas d'arrêt d'urgence

d- GRAFCET de l'automatisme

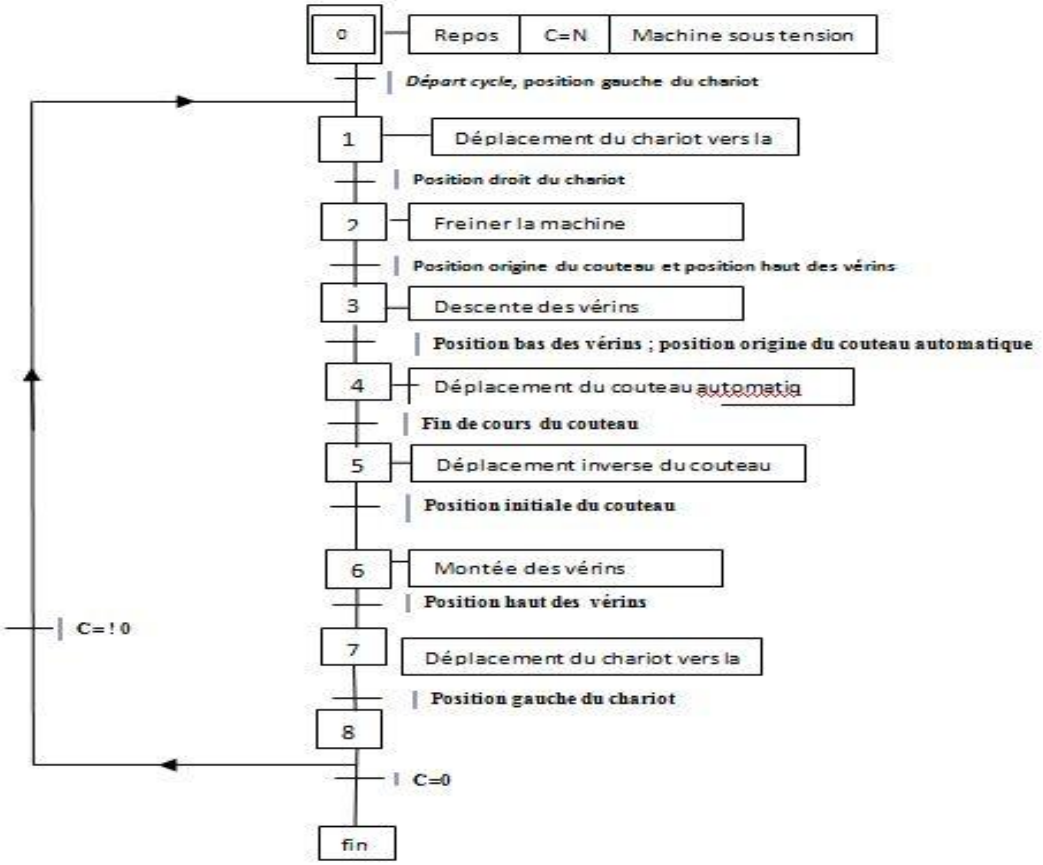


Figure 38 : Grafcet de l'automatisme

IV- Étude de rentabilité financière

1. Introduction

L'étude de rentabilité économique est une étape très importante dans la conduite de n'importe quel projet. Nous avons pour ce projet montré la nécessité d'avoir un dispositif plus moderne pour le matelassage. Ce besoin peut être comblé soit en achetant une nouvelle machine pour le matelassage ou en le fabricant en interne. Notre projet répond à deux objectifs principaux : diminuer le taux de matelassage manuel et mettre en place une base solide pour la réalisation future des chariots matelasseurs en interne afin de réduire les coûts d'acquisition.

Dans notre démarche de conception nous avons fait de l'optimisation des coûts de réalisation pour faire du projet le plus rentable possible. Aussi bien en matière de temps que financièrement, il a fallu choisir des mécanismes et des solutions facilement réalisables et qui coûtent le moins cher possible. Dans cette partie du rapport nous allons donc présenter en termes de finances, de temps les atouts de notre projet de conception et de réalisation d'un chariot matelasseur.

2. Evaluation du coût global de réalisation de la machine de matelassage semi-automatique localement

L'évaluation du coût de réalisation du chariot matelasseur se fait par estimation des différents coûts d'achat des pièces et composants standards et des coûts de fabrication des pièces mécaniques conçues. Le tableau suivant indique les différents prix évalués des composants et le coût total d'acquisition.

Eléments	Nombres	Prix unitaire (€)	Prix total par article (€)
disjoncteur	4	20.00	80
roulement	8	6.39	51.12
Capteurs	3	78.9	236.7
Automate programmable	1	380.5	380.5
Moteurs CC	4	150	600
Transformateurs	3	50	150
Cartes de puissance	3	81	243
Circlips	8	1	8
Fils électriques	1	30	30
Joints d'étanchéité	8	2	16
Confection du pupitre	1	100	100
Confection des deux pinces mobiles	2	800	1600
Système pneumatique	1	200	200
Autres	1	1000	1000
Total achat des composants	48	--	4027
Prix total d'acquisition des composants			**4027**

Autres coûts		
	Tâches Responsables	Coûts estimés (MAD)
Sous-traitance : Fabrication des pièces mécaniques	Responsable projet, responsable maintenance	80000
Transport des pièces fabriquées	Service transport et approvisionnement	3000
Montage/ assemblage de la machine	Responsable projet, responsable maintenance, techniciens, expert en câblage	6000
Total	89000 MAD	
Coût total de la machine= 4027*11 + 89000= 133297 MAD		

Tableau 16 : Coûts des différents composants

Comme le montre le tableau ci-dessus le projet est estimé à **133297 MAD.**

3. Evaluation du gain

L'évaluation du gain comporte deux composantes essentielles. Le premier volet est caractérisé par le gain par rapport à l'achat d'une nouvelle machine au lieu d'une fabrication locale alors que le deuxième volet se caractérise par le gain générer avec l'automatisation du poste en termes de qualité, de productivité et de réduction de la main d'œuvre.

Premier gain

Une fois le besoin d'améliorer le procédé de fabrication par la mise en place d'une nouvelle machine, on peut estimer le gain générer par la fabrication locale par rapport à une nouvelle machine. Nous avons cherché le prix d'une nouvelle machine de matelassage et d'après les informations obtenues il est de **450000 MAD** pour une machine comme la nôtre.

Gain = prix d'achat de la nouvelle machine-prix de fabrication locale. ***Equation (24)***

Gain= 450000-133297= 316703 MAD

Pour le coût d'acquisition d'une nouvelle machine, nous considérons un chariot matelasseur semi-automatique ayant à peu près les mêmes performances que notre machine.

Deuxième gain

Salaire brute

La machine permettra de passer de deux paires de matelassage par shift en une paire de matelassage soit une réduction d'un opérateur par shift. Ce qui permettra de diminuer l'effectif de trois opérateurs par jour.

Si nous considérons que chaque opérateur est payé au SMIG (**12.85 MAD l'heure**) et pour 44 heures par semaine, nous avons un gain brut suivant pour un seul poste/ an:

Salaire= (12,85*44)*3 * 52 semaines= 88202,4 MAD/an

Gain global relatif à la main d'œuvre

Le département coupe au sein de la société LEAR dispose de 20 tables de matelassage donc pour la totalité des postes nous avons un gain estimé :

Gain =88202,4* 20= 1764048 MAD/an

Donc si on ne considère que cette forme de gain le délai de récupération du capital investi est de **1 an et 7 mois**

Gain en qualité

En ce qui concerne la qualité, même s'il est évident qu'il existe un gain qui est fonction du nombre de réclamations et de recoupes engendrées par le matelassage manuel, nous manquons de données statistiques pour son évaluation. Mais nous dirons simplement que la qualité n'a pas de prix.

Une étude plus approfondie permettra par contre d'estimer le gain relatif à l'augmentation de la productivité.

V- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu les différents composants qui entrent dans la commande et la supervision de notre machine. Nous avons vu aussi un aperçu général sur l'étude de rentabilité économique qui mérite toutefois des ajustements après récupération des données de productivité.

Conclusion générale

Pour une entreprise de confection, le matelassage est une phase essentielle pour toute la chaine de transformation. Aussi il faut avoir des postes de matelassage sûrs de fonctionnement et répondant aux exigences.

Dans ce projet, notre objectif principal réside dans la conception d'un nouveau chariot matelasseur semi-automatique capable d'une flexibilité très grande et prenant en compte les particularités de LEAR Corporation. Cette conception est donc à la fois une personnalisation de la machine de matelassage afin de mieux prendre en compte les caractéristiques propres à la société et une recherche accrue d'amélioration de la productivité, de la qualité et de la disponibilité des machines de matelassage.

Pour mener à bien un projet comme celui-ci, il a fallu faire d'abord une étude de faisabilité économique et technique afin de présenter, étudier et justifier les différents contours et préalables au projet.

C'est ce qui a fait l'objet de la première partie de ce rapport où nous avons également présenté l'organisme d'accueil, la problématique du projet et le cahier des charges.

Ensuite, nous avons présenté l'analyse des modes de défaillance du procédé de matelassage ainsi que nous avons discutés les actions correctives à mener.

Par la suite, nous avons entamé une étude de conception fondée sur une démarche globale et progressive en utilisant l'analyse fonctionnelle. Cette démarche nous a permis de bien étudier le besoin et de proposer des différentes solutions technologiques à travers le diagramme FAST, pour aboutir enfin à la meilleure architecture de la machine.

Juste après, nous avons réalisé la conception et le dimensionnement mécanique et électrique des composantes constituant notre machine, qui permettent d'optimiser les coûts de réalisation tout en respectant le cahier des charges.

Enfin, nous avons fais une étude sur la partie commande et supervision de la machine ainsi nous avons établi une étude de rentabilité du projet.

Bibliographie et Webographie :

[1] FST-Fes
Cours Master Ingénierie mécanique, Méthodologie d'innovation, Construction mécanique, résistance des matériaux, choix des matériaux, CAO

[2] MIT
MITCALC: *Mechanical, Industrial and Technical Calculations.*

[3] Jean-Louis FANCHON ;
Guide des sciences et technologies industrielles, éditions Nathan.

[4] Hajar Salhami (*PIFE ENSAM 2013*);

Conception de l'architecture mécanique d'un banc de test pour boites de vitesse industrielles.

Sites :

[5] *http://www.mitcalc.com/*

[6] ***http://www.rlm-motorisations.com/moteur-engel-france-rlm.html***

[7] ***http://formatechtv.free.fr/***

Annexes

Annexe 1 : diagramme Gant du projet

Tableau des tâches

	Mode Tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin
1		Observation et familiarisation avec l'usine et les personnels	5 jours	Lun 09/02/15	Ven 13/02/15
2		Apercu sur l'activité du TRIM2 de l'entreprise et les projets actuelles et établissement d'un plan prévisionnel	1 jour	Lun 16/02/15	Lun 16/02/15
3		Connaissance des principes de fonctionnement	4 jours	Mar 17/02/15	Ven 20/02/15
4		Etude des techniques de matelassage	2 jours	Lun 23/02/15	Mar 24/02/15
5		Analyse de l'existant	8 jours	Mer 25/02/15	Ven 06/03/15
6		Etudes de faisabilité	5 jours	Lun 09/03/15	Ven 13/03/15
7		Elaboration d'un cahier de charge	7 jours	Lun 16/03/15	Mar 24/03/15
8		Etudes des solutions possibles	8 jours	Mer 25/03/15	Ven 03/04/15
9		Proposition d'une 1ère solution sous catia	10 jours	Lun 06/04/15	Ven 17/04/15
10		Discussion de la solution avec les responsables	1 jour	Lun 20/04/15	Lun 20/04/15
11		Dimentionnement de la partie mécanique	8 jours	Mar 21/04/15	Jeu 30/04/15
12		Dimentionnement de la partie éléctrique & commande et supervision	8 jours	Jeu 30/04/15	Lun 11/05/15
13		Finalisation de la nouvelle conception et des dimensionnements	6 jours	Lun 11/05/15	Lun 18/05/15
14		Elaboration d'une étude tecnico-économique	7 jours	Lun 18/05/15	Mar 26/05/15
15		Finalisation, Depot du rapport final et validation	9 jours	Mar 26/05/15	Ven 05/06/15

PRINCIPALES TACHES DU PROJET

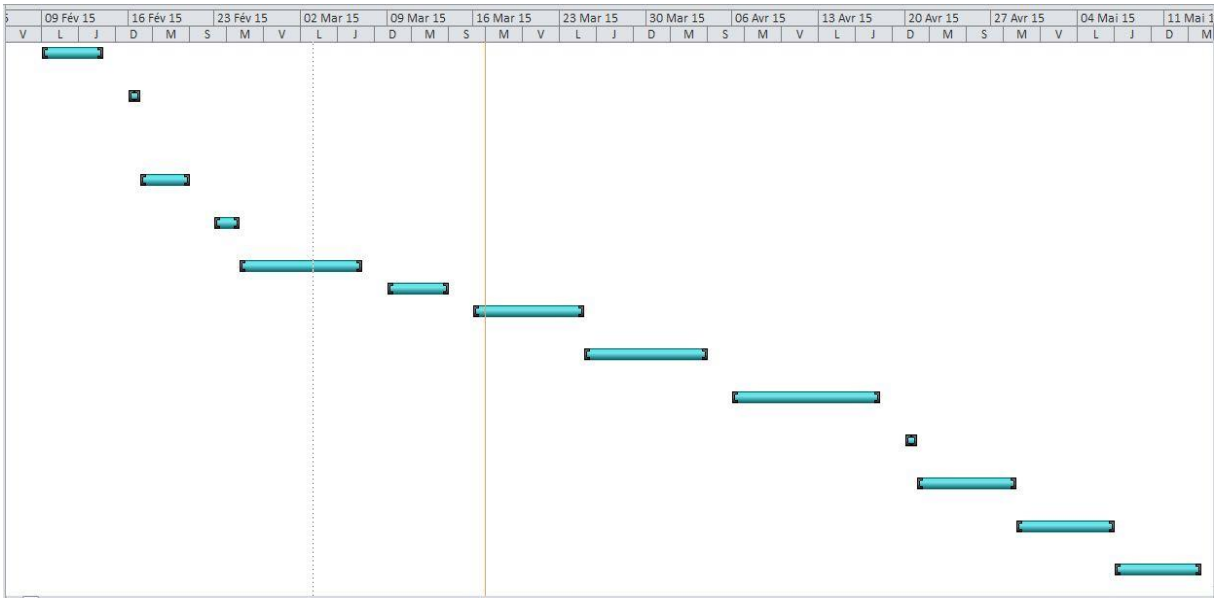


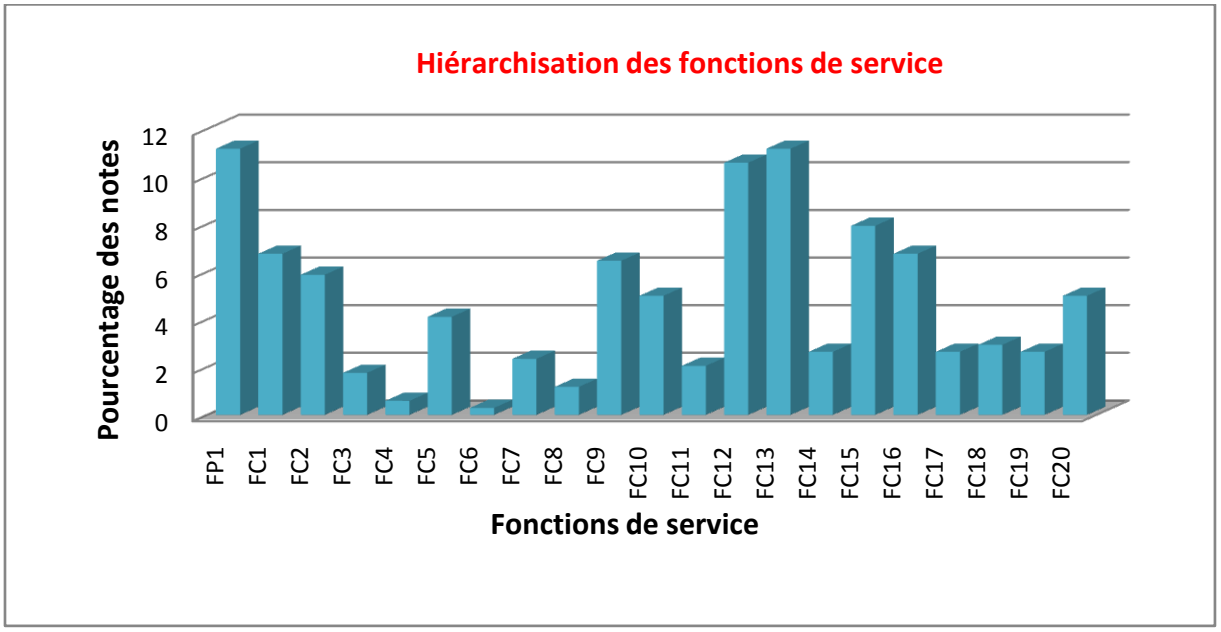
DIAGRAMME GANT DE PROJET

Annexe 2 : Résultats de la hiérarchisation

Le tableau suivant présente la hiérarchisation des fonctions de services de l'analyse fonctionnelle :

FP1	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	FC16	FC17	FC18	FC19	FC20
FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1	FP1
	2	2	3	2	1	3	3	2	2	1	2	1	1	2	2	3	1	2	2	1
	FC1	FC1	FC1	FC1	FC1	FC1	FC1	FC1	FC9	FC1	FC11	FC12	FC13	FC1	FC15	FC1	FC1	FC1	FC1	FC1
		1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1
		FC2	FC2	FC2	FC5	FC2	FC2	FC2	FC2	FC10	FC2	FC12	FC13	FC2	FC15	FC2	FC17	FC2	FC2	FC2
			2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2
			FC3	FC3	FC5	FC3	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC3	FC15	FC3	FC17	FC18	FC19	FC20
				2	2	1	2	1	2	1	1	3	3	1	2	2	1	1	1	1
				FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC4	FC15	FC4	FC17	FC18	FC19	FC20
					1	1	2	1	2	1	1	3	3	1	2	1	1	1	1	2
					FC5	FC5	FC5	FC5	FC5	FC10	FC5	FC12	FC13	FC14	FC15	FC5	FC17	FC5	FC5	FC5
						2	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
						FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	FC16	FC17	FC18	FC19	FC20
							2	1	2	2	1	3	3	1	2	1	2	2	2	2
							FC7	FC7	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	FC7	FC17	FC18	FC19	FC20
								1	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2
								FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	FC8	FC17	FC18	FC19	FC20
									2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2
									FC9	FC9	FC9	FC12	FC13	FC9	FC15	FC9	FC17	FC9	FC9	FC9
										2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1
										FC10	FC10	FC12	FC13	FC10	FC15	FC10	FC17	FC10	FC10	FC10
											2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
											FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	FC11	FC17	FC18	FC19	FC20
												2	2	1	2	1	2	1	1	1
												FC12	FC13	FC12	FC12	FC12	FC12	FC12	FC12	FC12
													1	2	1	3	1	1	2	1
													FC13	FC13	FC13	FC13	FC13	FC13	FC13	FC13
														2	1	3	2	2	2	1
														FC14	FC15	FC14	FC17	FC14	FC14	FC20
															2	2	2	1	1	2
															FC15	FC15	FC15	FC15	FC15	FC15
																2	1	1	1	1
																FC16	FC17	FC18	FC19	FC20
																	2	2	2	2
																	FC17	FC17	FC17	FC17
																		2	2	1
																		FC18	FC19	FC20
																			1	1
																			FC19	FC20
																				2
																				FC20

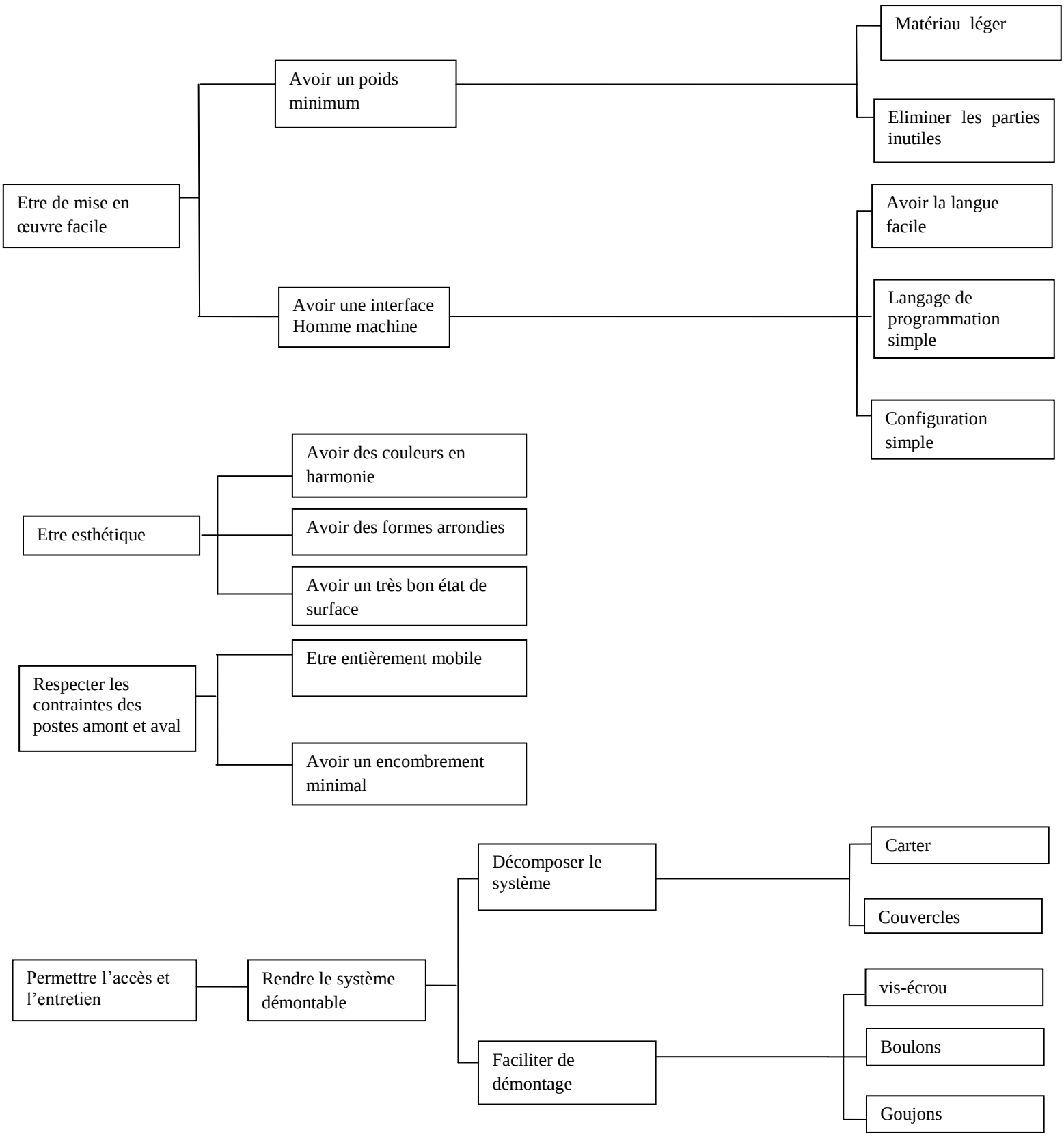
TABLEAU DU TRI CROISE

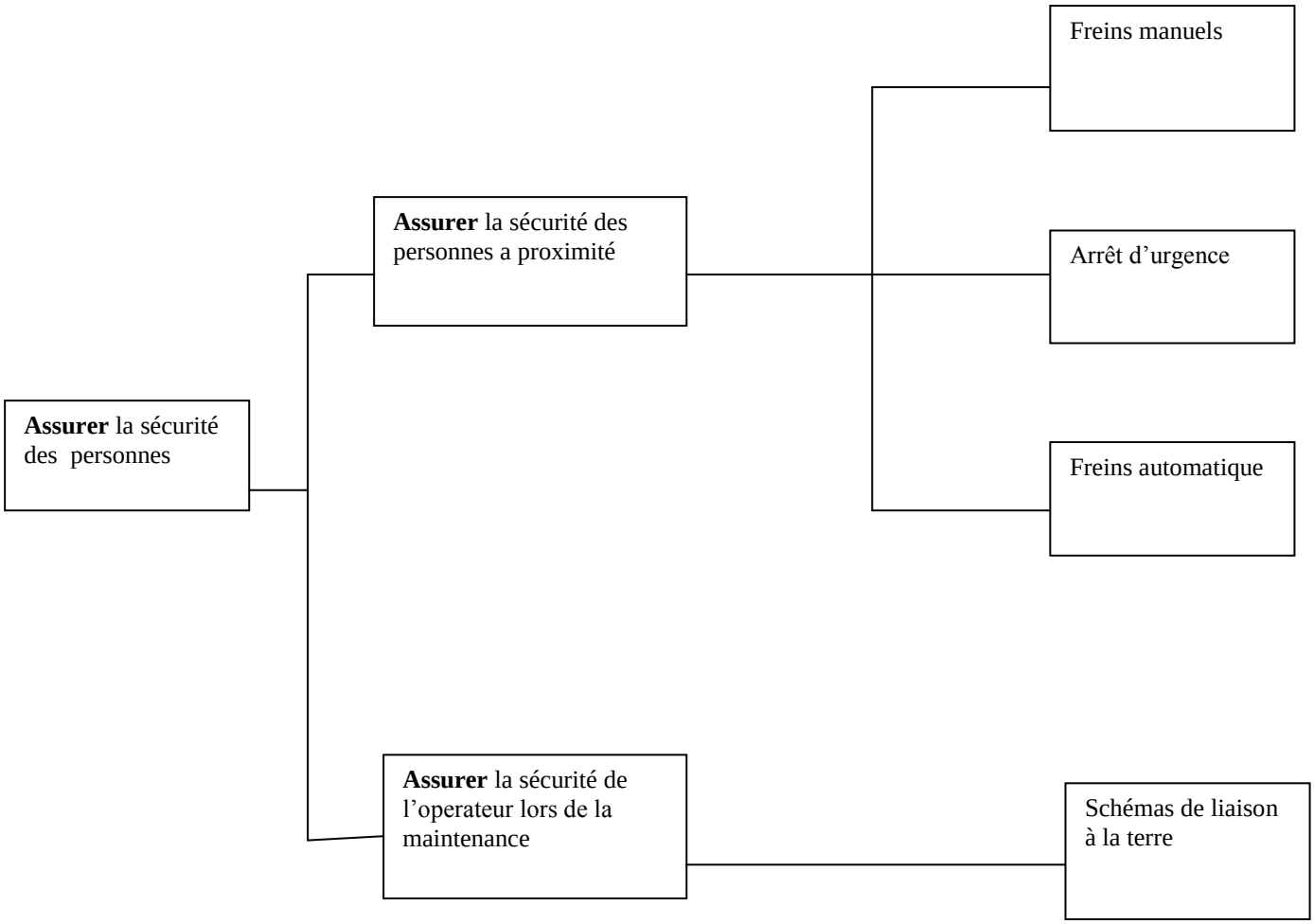


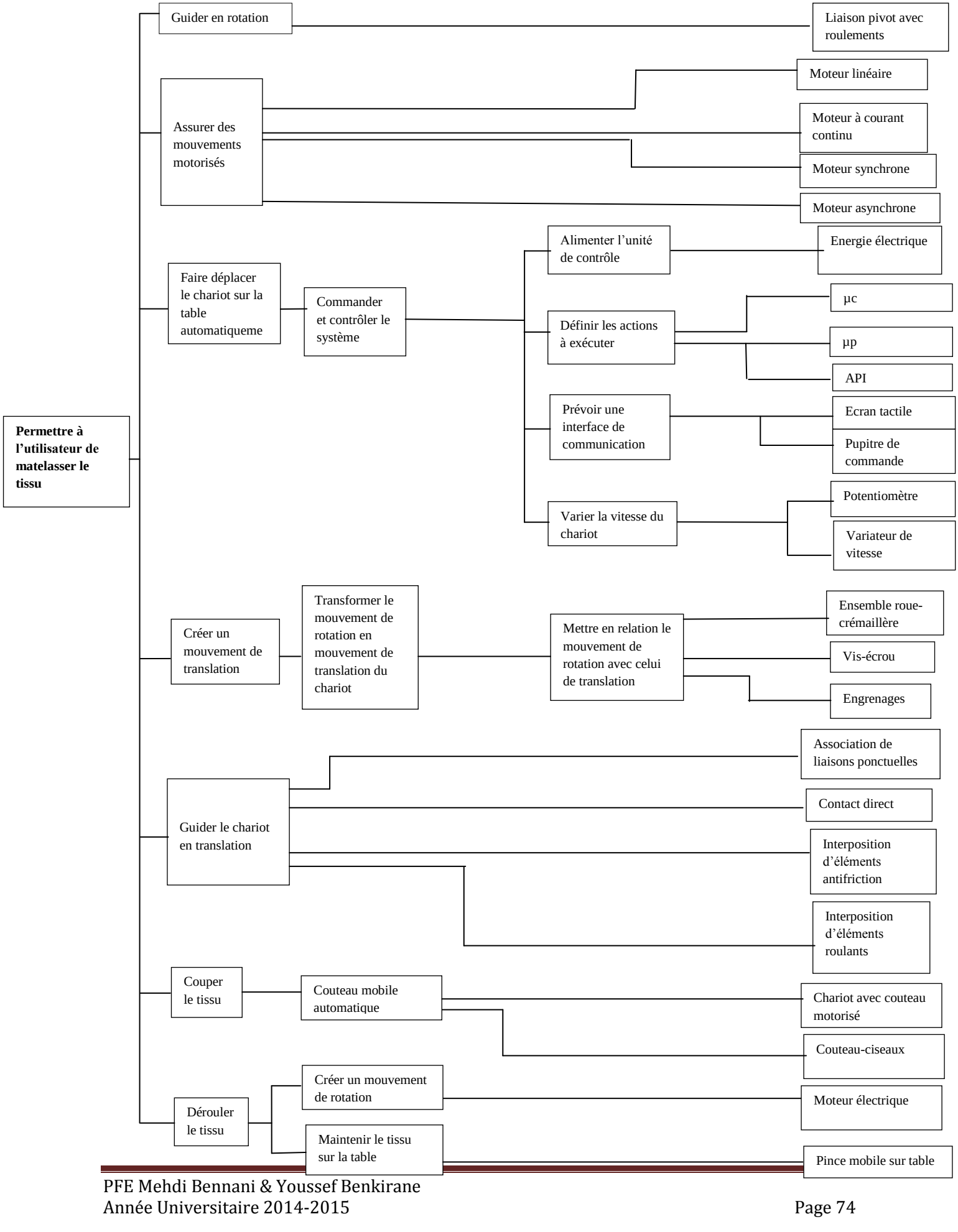
GRAPHE D'HIERARCHISATION DES FONCTIONS DE SERVICES

Annexe 3 : Diagramme FAST (Analyse fonctionnelle interne)

DIAGRAMME FAST

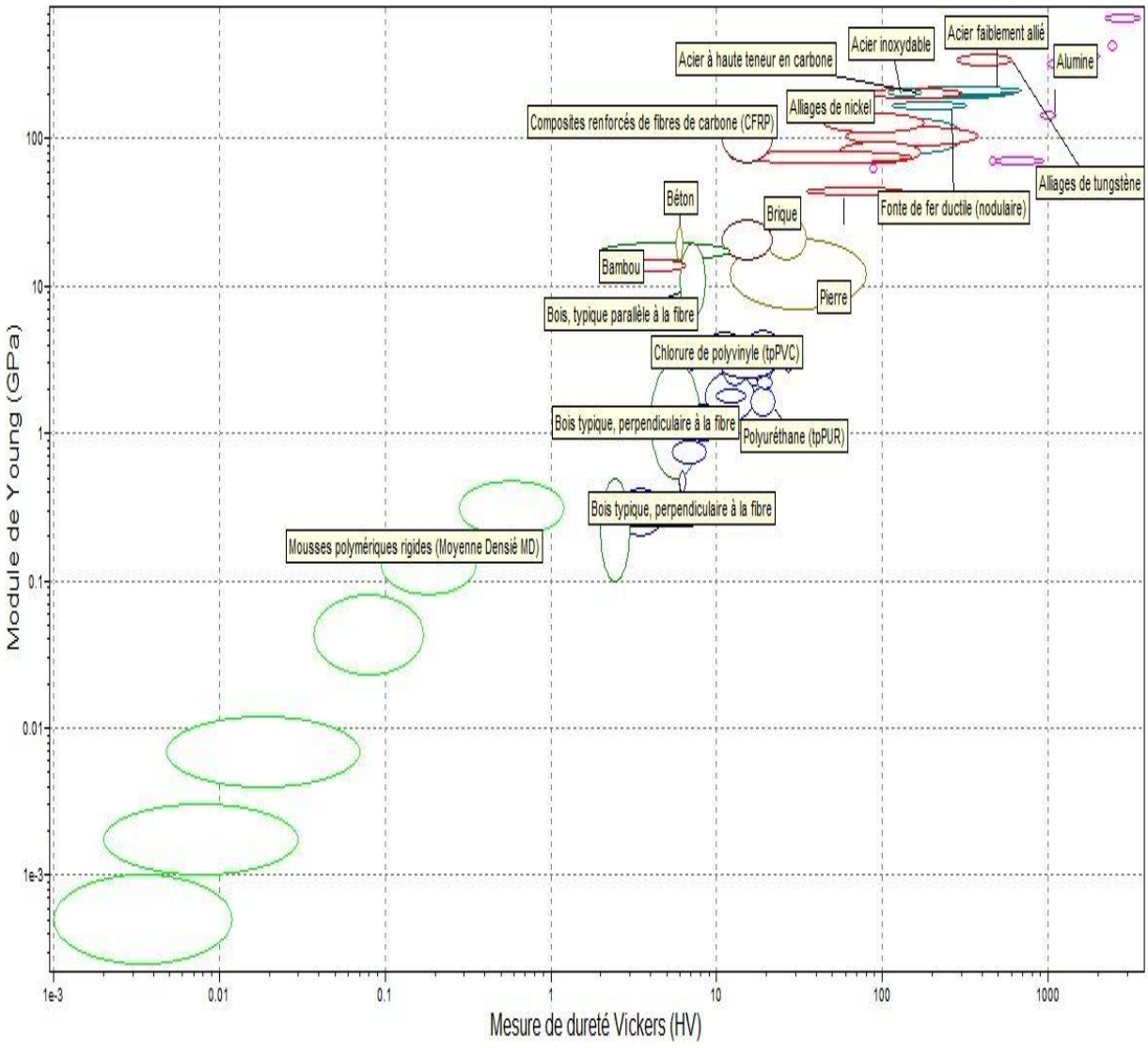



Freins manuels
Assurer la sécurité des personnes a proximité
Arrêt d'urgence
Assurer la sécurité des personnes
Freins automatique
Assurer la sécurité de l'operateur lors de la maintenance
Schémas de liaison à la terre

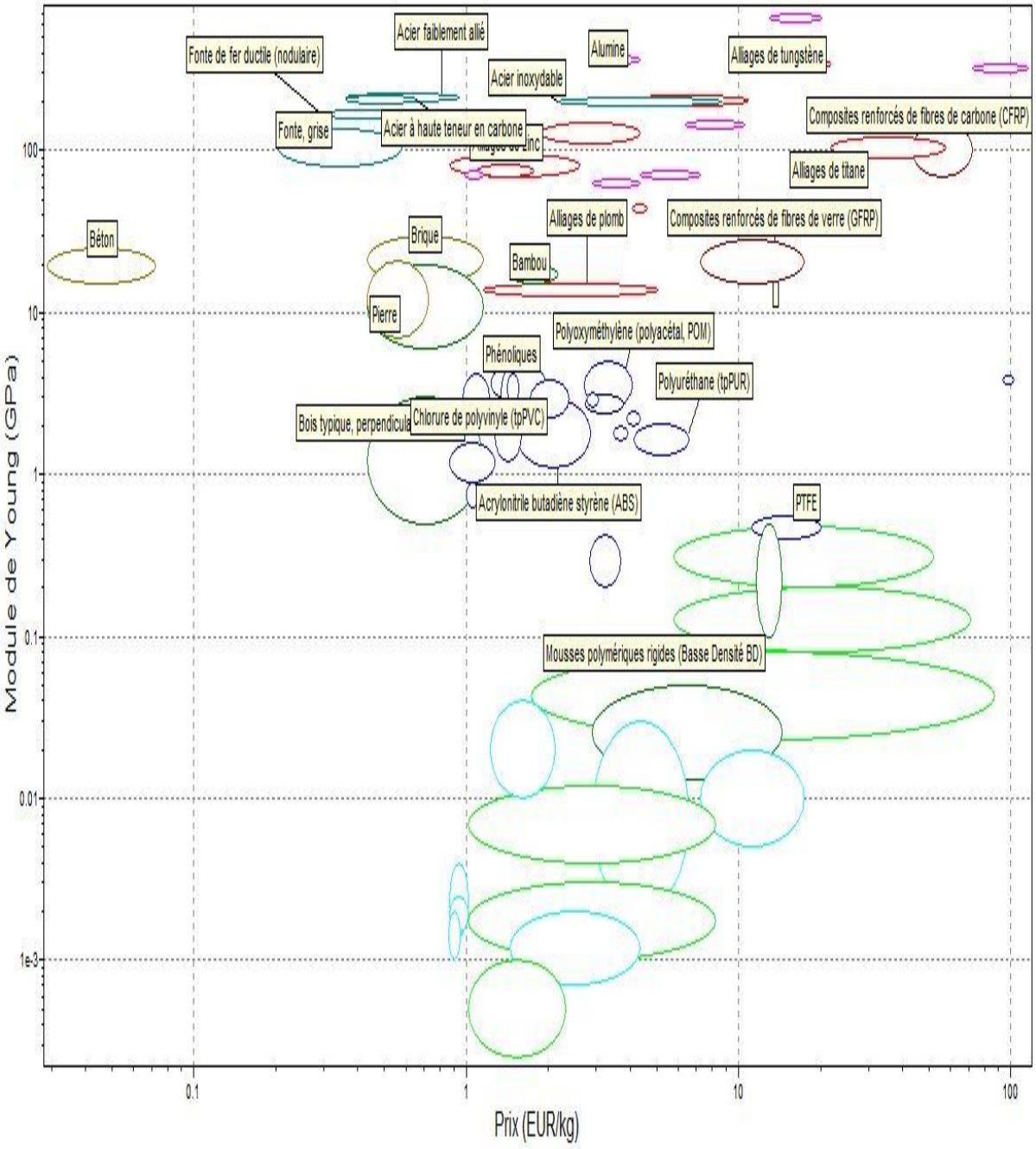

Permettre à l'utilisateur de matelasser le tissu
Guider en rotation
Liaison pivot avec roulements
Assurer des mouvements motorisés
Moteur linéaire
Moteur à courant continu
Moteur synchrone
Moteur asynchrone
Faire déplacer le chariot sur la table automatiqueme
Commander et contrôler le système
Alimenter l'unité de contrôle
Energie électrique
Définir les actions à exécuter
µc
µp
API
Prévoir une interface de communication
Ecran tactile
Pupitre de commande
Varier la vitesse du chariot
Potentiomètre
Variateur de vitesse
Créer un mouvement de translation
Transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation du chariot
Mettre en relation le mouvement de rotation avec celui de translation
Ensemble roue-crémaillère
Vis-écrou
Engrenages
Guider le chariot en translation
Association de liaisons ponctuelles
Contact direct
Interposition d'éléments antifriction
Interposition d'éléments roulants
Couper le tissu
Couteau mobile automatique
Chariot avec couteau motorisé
Couteau-ciseaux
Dérouler le tissu
Créer un mouvement de rotation
Moteur électrique
Maintenir le tissu sur la table
Pince mobile sur table

Annexe 4 : Choix de matériaux

Les figures de cette annexe présente le choix des matériaux à partir du logiciel CES EDUPACK V2005. Les critères de choix sont les caractéristiques mécaniques (dureté, module d'Young) et le prix.



CLASSIFICATION DES MATERIAUX EN FONCTION DE LA DURETE ET DU MODULE D'YOUNG



CLASSIFICATION DES MATERIAUX EN FONCTION DE LA DURETE ET DU PRIX

Principaux aciers faiblement alliés

famille	désignation	ancienne désignation	R_r (daN/mm²)	R_e (daN/mm²)	A%	K (daJ/cm²)	pour cémentation	trempabilité	taille des pièces	exemple d'utilisation propriétés
chrome	38 Cr 2	38 C 2	60 - 95	35 - 55	14 - 17	5		+	P - M	②
	46 Cr 2	42 C 2	65 - 110	40 - 65	12 - 15	4		+	P - M	②
	41 Cr 4	42 C 4	80 - 120	56 - 80	11 - 14	4		++	P - M	① ② ③ ⑩
	100 Cr 6	100 C 6	85 - 125	55 - 85	10 - 13	4		++	P - M	④ ⑥ HRc ≥ 62
nickel-chrome	10 Ni Cr 6	10 NC 6	60 - 115	42 - 62	10 - 12	8 - 10	•	+	P	aptitude à la croissance
	20 Ni Cr 6	20 NC 6	70 - 110	70 - 95	8 -10	6 - 8	•	++	P	① ②
	13 Ni Cr 14	14 NC 11	80 - 145	65 - 90	8 - 10	7 - 8	•	+	M	③ ⑧
	30 Ni Cr 11	30 NC 11	70 - 110	45 - 70	12 - 16	7		++	M	
Ni + Cr + Mo	20 Ni Cr Mo 7	18 NCD 6	80 - 150	70 - 90	8 - 10	5 - 6	•	+++	G	① ② ⑧ ⑨
	20 Ni Cr Mo 2	20 NCD 2	75 - 155	60 - 95	8 - 11	5 - 7	•	++	M	① ②
	16 Ni Cr Mo 13	16 NCD 13	85 - 155	65 - 95	8 - 11	5 - 7	•	++	M	① ④
	34 Cr Ni Mo 6	35 NCD 6	85 - 140	65 - 100	10 - 13	6		+++	G	① ② ⑧
	36 Ni Cr Mo 16	35 NCD 16	100 - 145	80 - 105	9 - 11	5		++++	G	trempable à l'air ① ② ⑧
	30 Cr Ni Mo 8	30 CND 8	90 - 145	70 - 105	10 - 12	6		++++	G	① ② ⑨
chrome-molybdène	31 Cr Mo 12	30 CD 12	90 - 130	70 - 90	10 - 12	5 - 6		+++	G	pour nitruration
	25 Cr Mo 4	25 CD 4	75 - 110	45 - 75	12 - 16	7		++	M	soudabilité ② ③
	34 Cr Mo 4	35 CD 4	70 - 120	50 - 85	11 - 15	6		++	G	① ② ③ ⑩
	42 Cr Mo 4	42 CD 4	75 - 130	55 - 90	10 - 14	5		+++	G	① ② ③ ⑩
	50 Cr Mo 4	50 CD 4	80 - 130	60 - 90	9 - 13	4,5		+++	G	① ② ③
nuances diverses	51 Cr V4	50 CV 4	70 - 130	50 -90	8 -14	4		+++	G	⑤ ①
	41 Cr Al Mo 7	40 CAD 6-12	80 - 120	60 - 80	10 - 14	5		++	M	pour nitruration ⑥ ⑦
	28 Mn 6	20 M 5	50 - 75	35 - 45	19 - 21	8		+	P	soudabilité ② ⑦
	20 Mn Cr 5	20 MC 5	90 - 150	75 - 95	8 - 9	4 - 5	•	+	M	① ② ⑦ ⑧
	55 Si 7	55 S 7	70 - 170	50 - 90	9 - 13	4		++	P	⑤ ⑦
	45 Si Cr Mo 6	45 SCD 6	85 - 180	60 - 95	9 - 13	5		+++	P - M	⑤ ⑦
	13 Mn S 4	13 MF 4	78 - 118	54	9	4				pour décolletage
	35 Mn S 6	35 MF 6	88 - 108	74	9	3,5				

++++ : très forte
+++ : forte
++ : moyenne
+ : limitée
P : petite (∅ ≈ 50)
M : moyenne (∅ ≈ 100)
G : grosse (∅ ≈ 200)

① engrenage
② arbres, axes, tiges, leviers, fusées
③ boulonnerie haute résistance
④ roulements
⑤ ressorts
⑥ pièces de frottement
⑦ pièces d'usures
⑧ pièces de sécurité, résistance aux chocs
⑨ basses températures
⑩ pour trempe superficielle

CHOIX DU MATERIAU DES PIECES CRITIQUES

Annexe 5 : dimensionnement des poulies et courroies (logiciel MITcalc)

Les courroies ont été privilégiées dans les systèmes de transmission de mouvement principalement à cause de leur fonctionnement silencieux, l'absence de lubrification, et possibilité des grands entraxes. Pour le calcul, nous avons utilisé le logiciel MITcalc qui permet de choisir un système poulies-courroie dans une très large gamme. Les données d'entrée comme la vitesse et la puissance sont données par le cahier des charges.

À propos de MITCalc

MITCalc est un progiciel de calcul mécanique et technique multi-langue. Il comprend des solutions pour engrenages, courroies et de chaînes, roulements, ressorts, poutre, arbre, raccordement de boulon, connexion d'arbre, les tolérances, de soudage et de nombreuses autres pièces mécaniques. Les calculs sont compatibles avec la plupart des types de 2D et 3D des systèmes de CAO (Auto CAD ®, Auto CAD LT ®, IntelliCAD ®, Damier Graphite ®, Turbo CAD ®, Autodesk Inventor ®, SolidWorks ®, Solid Edge ®, Pro / ENGINEER ® ...) ,

comporte les unités impériales et métriques, et sont traitées conformément à la norme ANSI, ISO, DIN, BS, les normes communes japonais et autres.

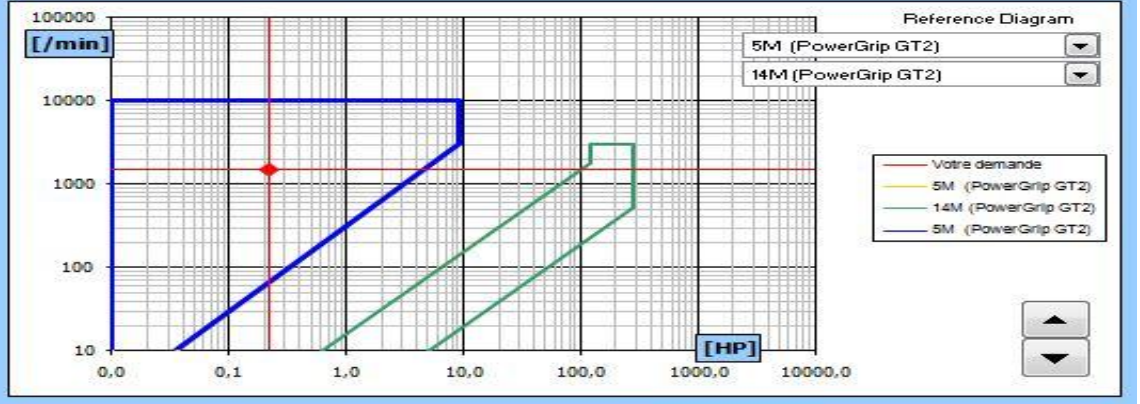
Dimensionnement des poulies et courroies du motoréducteur

Courroies synchrones

i	Lignes de vérification :3.6;		Poulie 1	Poulie 2	
ii	☐ Information sur le projet				
?	+ Section d'entrée				
1.0	☑ Mode de chargement, paramètres de fonctionnement				
1.1	Unités de calcul		SI Units (N, mm, kW...)		
1.2	Puissance transférée	P	0,10	0,10	[kW]
1.3	Vitesse (désirée) de la poulie	n	1500	666	[/min]
1.4	Vitesse (réelle) de la poulie	n	1500,0	675,0	[/min]
1.5	Rapport de transmission désiré/réel	i	2,252	2,222	
1.6	Moment de torsion	Mk	0,64	1,39	[Nm]
1.7	Type de machine motrice		A...Chocs uniformes ou légers		
1.8	Type de machine conduite (chargement)		D... Service moyen		
1.9	Chargement quotidien de la transmission		C... Plus de 16 heures		
1.10	Coefficient de chargement de fonctionnement	c2	1,7	1,7 ☑	
1.11	Rendement de la transmission	eta	98		[%]

Courroies synchrones

i	Lignes de vérification :3.6;	Poulie 1	Poulie 2	
2.0	☑ Conception automatique			
2.1	Choix d'une courroie synchrone	5M (PowerGrip GT2)		

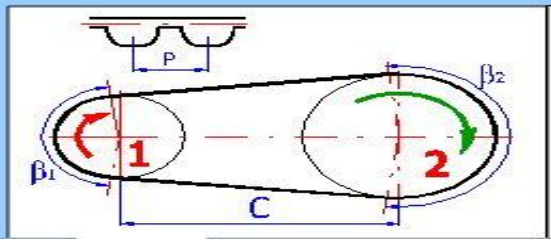


2.2	Distance axiale théorique minimale/maximale	c	46 - 985	
2.3	Distance axiale pour 'la conception automatique'	c	266,70	[mm]
2.4	Conception automatique - appuyez sur le bouton		Conception automatique	
2.5	Classifiez les résultats selon le paramètre		Rapport de transmission	
2.6	Tableau des solutions			

2.7	ID	z1	z2	B	i	di [%]	A	dA	SF	m
2.8	02	32	40	20,000	1,250	0,000	8,49	0,62	0,520	2,11

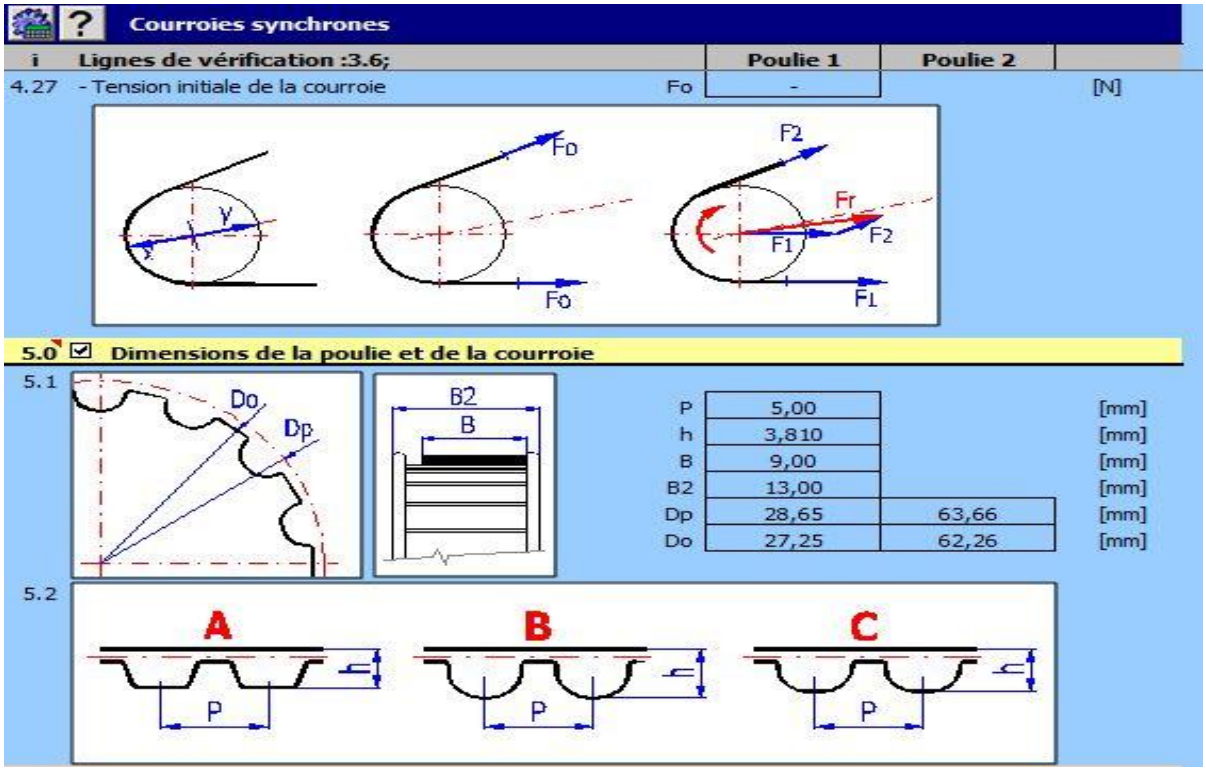
Courroies synchrones

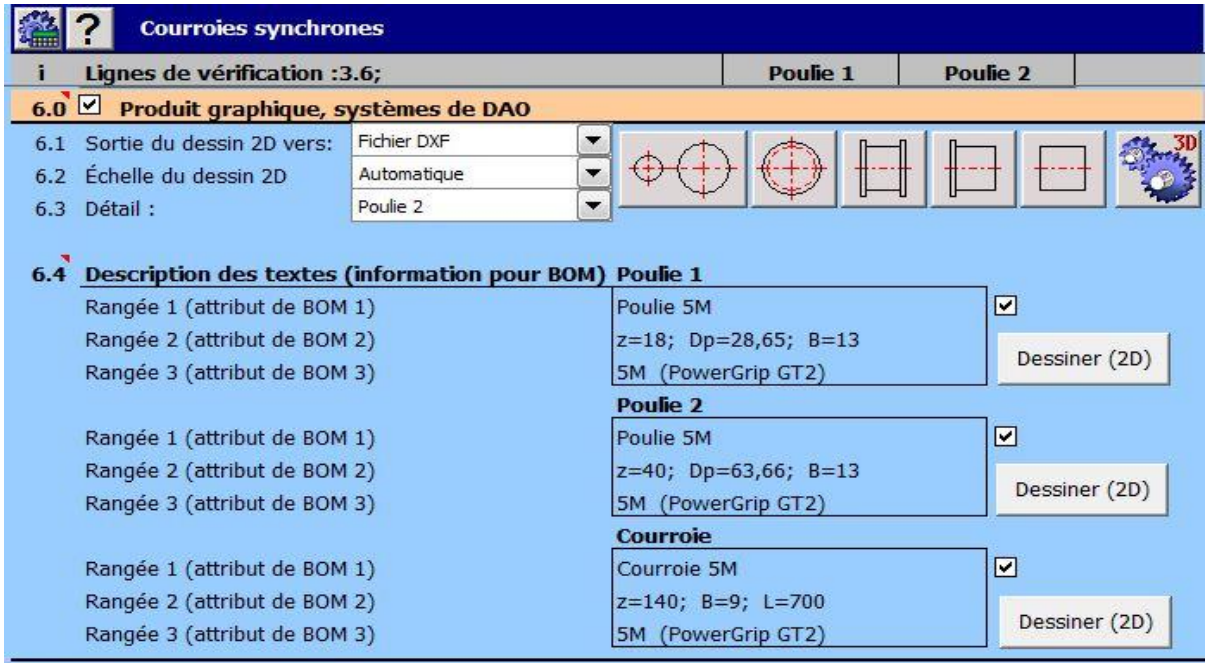
i	Lignes de vérification :3.6;		Poulie 1	Poulie 2	
3.0	☑ **Conception et calcul**				
3.1	Largeur choisie de la courroie synchrone	B	9 / 0,3543		[mm/in]
3.2	Nombre de dents de la poulie (diamètre de la poulie	z	18 (28,65)		[mm]
3.3	Nombre de dents de la poulie	z	18	34	
3.4	Diamètre de calcul de la poulie	Dp	28,648	54,113	[mm]
3.5	Distance axiale recommandée/minimum-maximum	C'	66,2	46 - 166	[mm]
3.6	Distance axiale désirée/réelle	C	266,70	259,69	[mm]
3.7	Nombre de dents de la courroie (longueur de la cou	z	120 (600)		[mm]
3.8	Nombre de dents de la courroie/conçu	z	130	130 ☑	
3.9	Longueur de la courroie/pas	Lw/P	650,00	5,000	[mm]
3.10	Puissance de conception	Pd	0,16		[kW]
3.11	Puissance transférée par la courroie	P'	0,37		[kW]
3.12	Poids total approximatif	m	**0,10**		[kg]
3.13	Coefficient d'utilisation de la courroie	SF	**0,43**		
3.14	**Solution non standard**				
3.15	Utiliser les poulies normalisées		Oui		
3.16	Utiliser les longueurs normalisées de la courroie		Oui		



Courroies synchrones

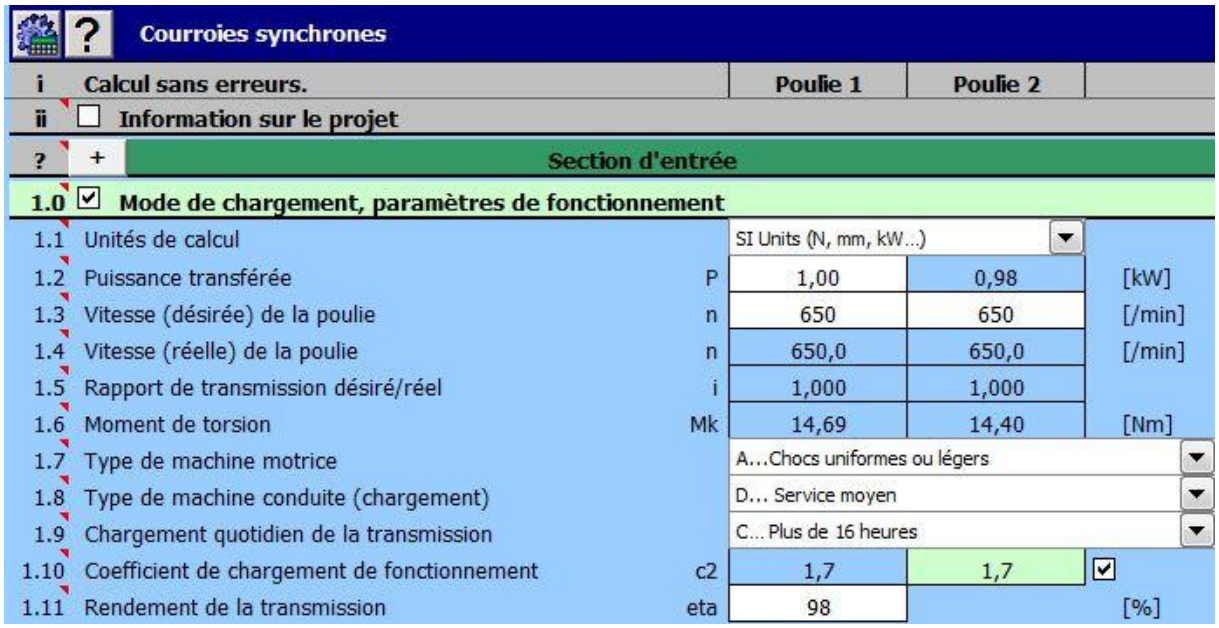
i	Lignes de vérification :3.6;		Poulie 1	Poulie 2	
4.0	☑ **Résultats, coefficients**				
4.1	**Coefficients**				
4.2	- Coefficient de service	c2	1,70		
4.3	- Coefficient d'accélération	c3	0,00		
4.4	- Coefficient de la longueur de la courroie	c5	1,00		
4.5	- Coefficient de la largeur de la courroie	c6	1,00		
4.6	- Coefficient d'engrènement des dents	c1	1,00		
4.7	- Coefficient du rapport de transmission	c7	0,00		
4.8	- Angle de contact de la courroie autour de la pouli	β	172,75	187,25	[°]
4.9	**Ajustabilité de la distance axiale**				
4.10	- Pour la tension de la courroie	x	0,80		[mm]
4.11	- Pour l'installation de la courroie	y	1,00		[mm]
4.12	**Rapports de force, vitesse**				
4.13	- Vitesse maximale de la courroie pour le type donn	v	2,25	35	[m/s]
4.14	***Calcul de la force (en général)***				
4.15	- Force dans la courroie non tendue en % de la force de tract		43,0	43,00 ☑	[%]
4.16	- Force de traction effective	Fu	44		[N]
4.17	- Tension initiale de la courroie	Fo	41		[N]
4.18	- Force sur le côté tendu de la courroie	F1	64		[N]
4.19	- Force sur le côté non tendu de la courroie	F2	19		[N]
4.20	- Force radiale totale sur l'arbre	Fr	83		[N]
4.21	***Calcul de la force (Gates Rubber Company.)***				
4.22	- Force radiale totale sur l'arbre	Fr	97		[N]
4.23	- Tension initiale de la courroie	Fo	40		[N]
4.24	***Calcul de la force (ContiTech company ®)***				
4.25	- coefficient	k1	1,00	1,00 ☑	
4.26	- Force radiale totale sur l'arbre	Fr	-		[N]



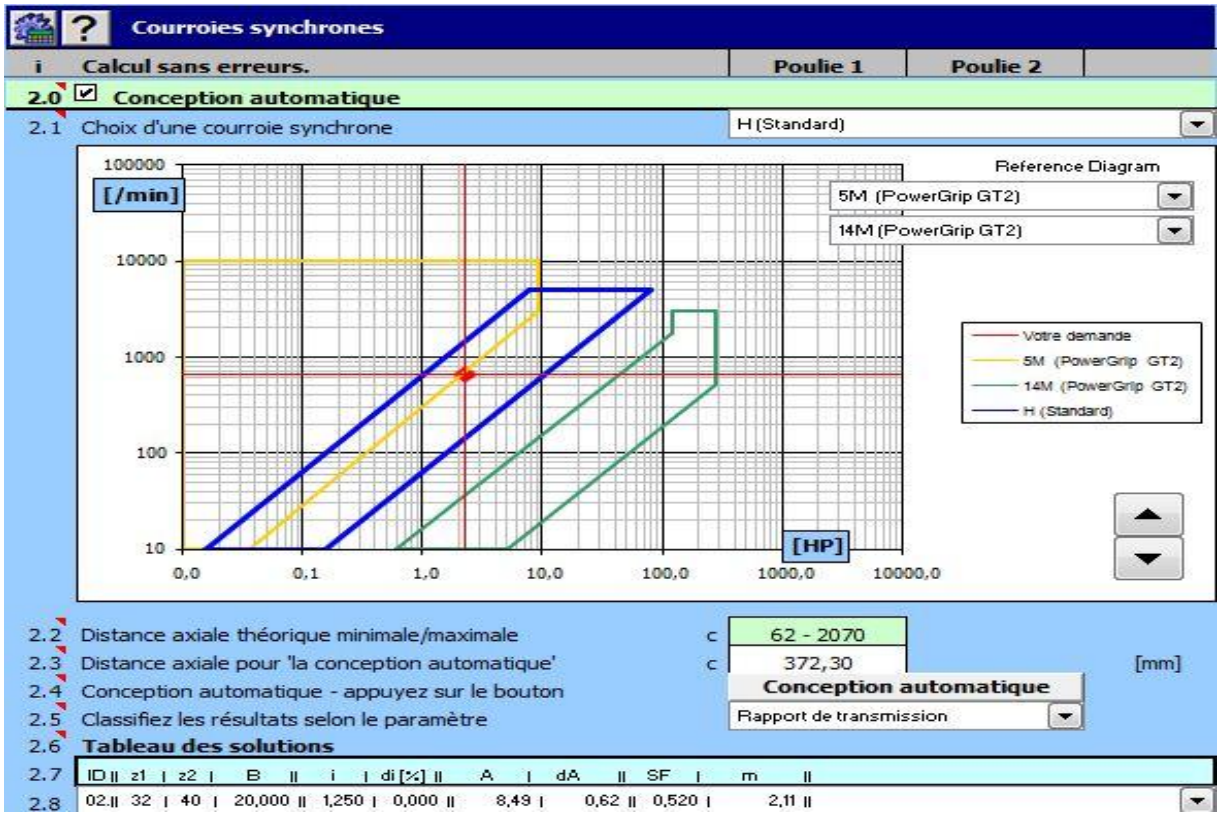


DIMENSIONNEMENT DES POULIES ET COURROIES DU MOTOREDUCTEUR

Dimensionnement des systèmes poulies-courroie pour le déplacement motorisé



Courroies synchrones				
i	Calcul sans erreurs.	Poulie 1	Poulie 2	
ii	☐ Information sur le projet			
?	+ Section d'entrée			
1.0	☑ Mode de chargement, paramètres de fonctionnement			
1.1	Unités de calcul	SI Units (N, mm, kW...)		
1.2	Puissance transférée	P	1,00	0,98	[kW]
1.3	Vitesse (désirée) de la poulie	n	650	650	[/min]
1.4	Vitesse (réelle) de la poulie	n	650,0	650,0	[/min]
1.5	Rapport de transmission désiré/réel	i	1,000	1,000	
1.6	Moment de torsion	Mk	14,69	14,40	[Nm]
1.7	Type de machine motrice		A...Chocs uniformes ou légers		
1.8	Type de machine conduite (chargement)		D... Service moyen		
1.9	Chargement quotidien de la transmission		C... Plus de 16 heures		
1.10	Coefficient de chargement de fonctionnement	c2	1,7	1,7	☑
1.11	Rendement de la transmission	eta	98		[%]



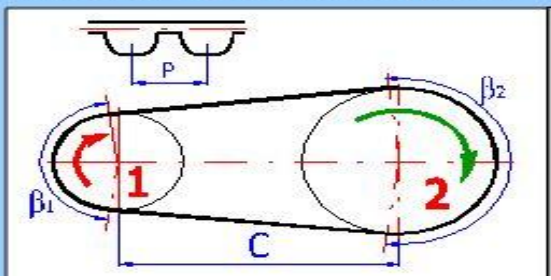
Courroies synchrones				
i	Calcul sans erreurs.	Poulie 1	Poulie 2	
2.0	☑ Conception automatique			
2.1	Choix d'une courroie synchrone	H (Standard)		

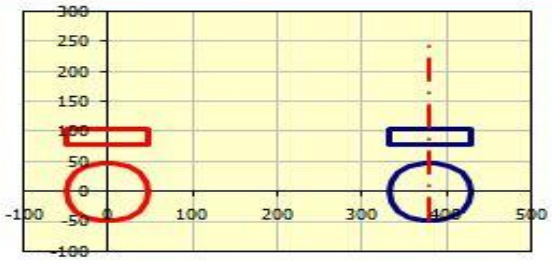
2.2	Distance axiale théorique minimale/maximale	c	62 - 2070	
2.3	Distance axiale pour 'la conception automatique'	c	372,30	[mm]
2.4	Conception automatique - appuyez sur le bouton		Conception automatique	
2.5	Classifiez les résultats selon le paramètre		Rapport de transmission	
2.6	Tableau des solutions			

	ID	z1	z2	B	i	di [%]	A	dA	SF	m
2.7										
2.8	02	32	40	20,000	1,250	0,000	8,49	0,62	0,520	2,11

Courroies synchrones

i	Calcul sans erreurs.		Poulie 1	Poulie 2	
3.0	☑ **Conception et calcul**				
3.1	Largeur choisie de la courroie synchrone	B	25,4 / 1		[mm/in]
3.2	Nombre de dents de la poulie (diamètre de la poulie	z	24 (97,02)		[mm]
3.3	Nombre de dents de la poulie	z	24	24	
3.4	Diamètre de calcul de la poulie	Dp	97,021	97,021	[mm]
3.5	Distance axiale recommandée/minimum-maximum	C'	155,2	107 - 388	[mm]
3.6	Distance axiale désirée/réelle	C	372,30	381,00	[mm]
3.7	Nombre de dents de la courroie (longueur de la cou	z	114 (1447,8)		[mm]
3.8	Nombre de dents de la courroie/conçu	z	84	84	☑
3.9	Longueur de la courroie/pas	Lw/P	1066,80	12,700	[mm]
3.10	Puissance de conception	Pd	1,70		[kW]
3.11	Puissance transférée par la courroie	P'	2,00		[kW]
3.12	Poids total approximatif	m	**1,46**		[kg]
3.13	Coefficient d'utilisation de la courroie	SF	**0,85**		
3.14	**Solution non standard**				
3.15	Utiliser les poulies normalisées		Oui		
3.16	Utiliser les longueurs normalisées de la courroie		Oui		

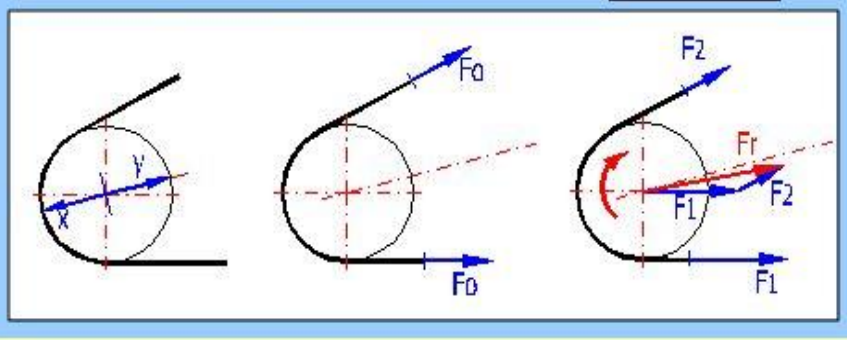




Courroies synchrones

i	Calcul sans erreurs.		Poulie 1	Poulie 2	
?	+	**Section des résultats**			
4.0	☑ **Résultats, coefficients**				
4.1	**Coefficients**				
4.2	- Coefficient de service	c2	1,70		
4.3	- Coefficient d'accélération	c3	0,00		
4.4	- Coefficient de la longueur de la courroie	c5	1,00		
4.5	- Coefficient de la largeur de la courroie	c6	0,29		
4.6	- Coefficient d'engrènement des dents	c1	1,00		
4.7	- Coefficient du rapport de transmission	c7	0,00		
4.8	- Angle de contact de la courroie autour de la pou	β	180,00	180,00	[°]
4.9	**Ajustabilité de la distance axiale**				
4.10	- Pour la tension de la courroie	x	0,80		[mm]
4.11	- Pour l'installation de la courroie	y	1,80		[mm]
4.12	**Rapports de force, vitesse**				
4.13	- Vitesse maximale de la courroie pour le type don	v	3,30	40	[m/s]
4.14	***Calcul de la force (en général)***				
4.15	- Force dans la courroie non tendue en % de la force de tra		43,0	43,00	☑ [%]
4.16	- Force de traction effective	Fu	303		[N]
4.17	- Tension initiale de la courroie	Fo	282		[N]
4.18	- Force sur le côté tendu de la courroie	F1	433		[N]
4.19	- Force sur le côté non tendu de la courroie	F2	130		[N]
4.20	- Force radiale totale sur l'arbre	Fr	563		[N]
4.21	***Calcul de la force (Gates Rubber Company.)***				
4.22	- Force radiale totale sur l'arbre	Fr	-		[N]

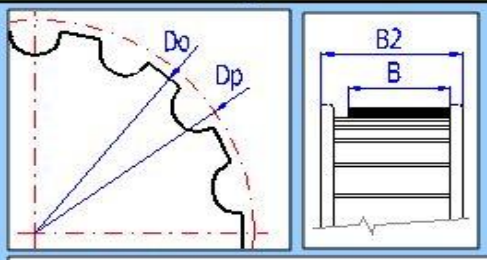
4.23	- Tension initiale de la courroie	Fo	-		[N]
4.24	*Calcul de la force (ContiTech company ®)*				
4.25	- coefficient	k1	1,00	1,00	☑
4.26	- Force radiale totale sur l'arbre	Fr	-		[N]
4.27	- Tension initiale de la courroie	Fo	-		[N]



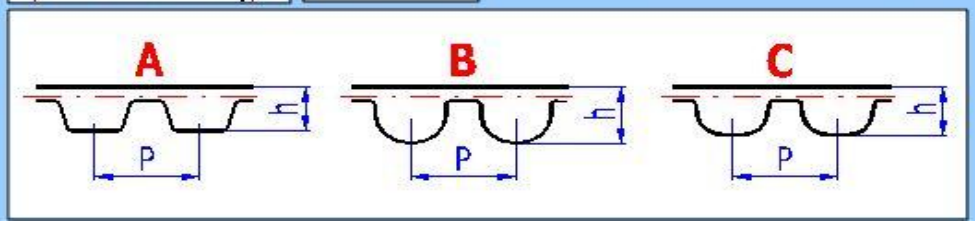
Courroies synchrones

i	Calcul sans erreurs.	Poulie 1	Poulie 2	
5.0 ☑	**Dimensions de la poulie et de la courroie**			
	P	12,70		[mm]
	h	4,100		[mm]
	B	25,40		[mm]
	B2	30,40		[mm]
	Dp	97,02	97,02	[mm]
	Do	95,62	95,62	[mm]

5.1



5.2

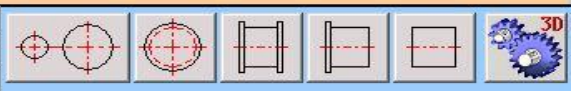


Courroies synchrones

i	Calcul sans erreurs.	Poulie 1	Poulie 2

6.0 ☑ Produit graphique, systèmes de DAO

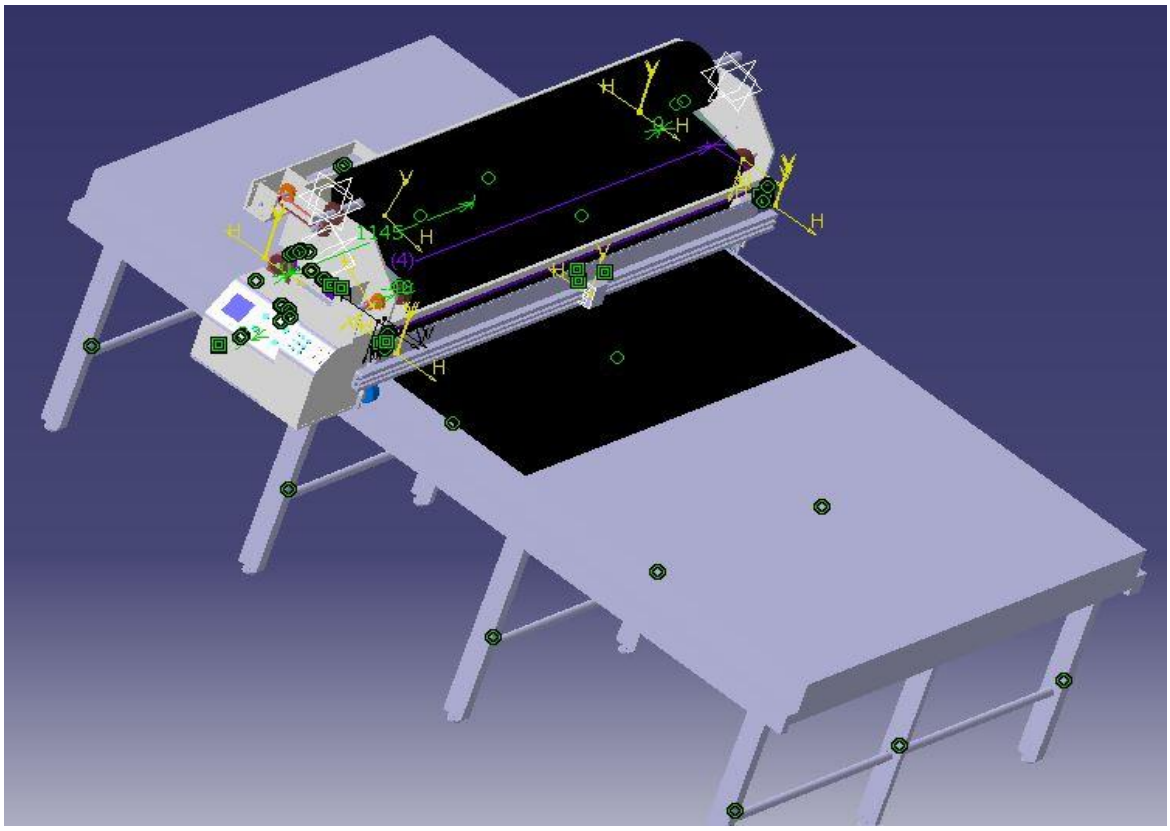
6.1	Sortie du dessin 2D vers:	Fichier DXF
6.2	Échelle du dessin 2D	Automatique
6.3	Détail :	Poulie 2

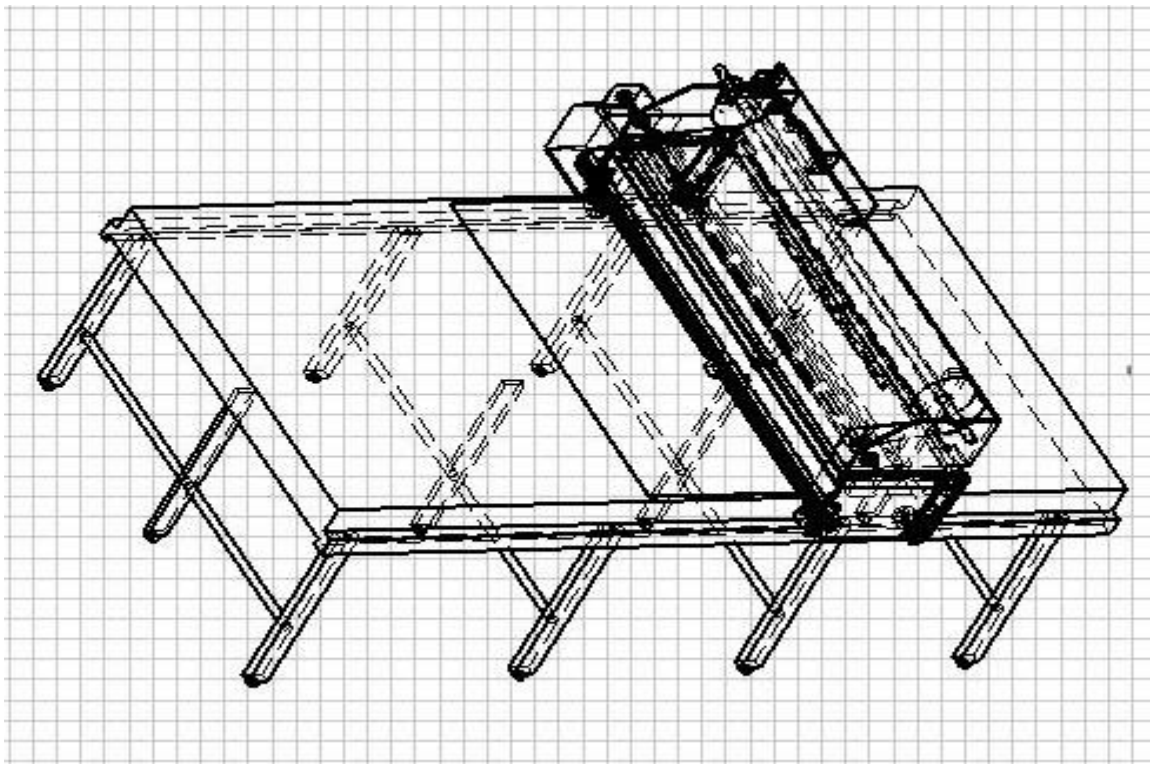


6.4 **Description des textes (information pour BOM)**	**Poulie 1**	
Rangée 1 (attribut de BOM 1)	Poulie H	☑
Rangée 2 (attribut de BOM 2)	z=24; Dp=97,02; B=30,4	Dessiner (2D)
Rangée 3 (attribut de BOM 3)	H (Standard)	
	Poulie 2	
Rangée 1 (attribut de BOM 1)	Poulie H	☑
Rangée 2 (attribut de BOM 2)	z=24; Dp=97,02; B=30,4	Dessiner (2D)
Rangée 3 (attribut de BOM 3)	H (Standard)	
	Courroie	
Rangée 1 (attribut de BOM 1)	Courroie H	☑
Rangée 2 (attribut de BOM 2)	z=84; B=25,4; L=1066,8	Dessiner (2D)
Rangée 3 (attribut de BOM 3)	H (Standard)	

DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES POULIES-COURROIE POUR LE DEPLACEMENT MOTORISE

Annexe 6 : Dessin de la machine





DESSIN DE LA MACHINE SOUS CATIA V5