REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Dr. Yahia Farés de MEDEA

جامعة الدكتور يحيى فارس المدية



Faculté de Technologie
Département du Génie Mécanique

Projet de fin d'études de Master

DOMAINE : Sciences et Technologie
FILIERE : Génie Mécanique
SPECIALTE : Construction Mécanique

Etude et Conception d'une machine à grillage

Proposé par : **Dr BACHENE Mourad**

Présenté par : **M. Ayoub TAHRAOUI**
M. Abderrahim FORTASSI

2020/2021

Remerciements

Je remercie infiniment mes parents et ma famille sans qui je n'aurais rien pu faire, mes amis et aussi à tous les enseignants qui m'ont beaucoup appris, je remercie tous ceux qui m'ont soutenu et accompagné tout le long de ce « grand périple ».

Mes remerciement à Mr Mourad Bachane, mon promoteur qui a été, à mon encontre et jusqu'au bout, armé d'une patience incroyable. Il m'a orienté et accompagné dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Mes remerciements aussi à Mr Djamel Alikacem et Mohamed Alikacem pour leurs conseils dans l'écriture de ce mémoire.

Résumé

Le développement de la technologie a permis d'avoir plus rapidement de plus en plus de produits qui sont devenus de plus en plus personnalisés. Le processus de production a été adapté pour répondre à cette demande croissante. La célérité dans le cycle de vie du produit nécessite une automatisation du processus de conception. La mise en œuvre d'un produit et sa prise en charge de la conception à la maintenance en passant par sa mise en production nécessite la disponibilité et la maîtrise d'informations techniques appelées aussi «données techniques ». L'exploitation de ce flux d'informations qui est important exige une gestion de données techniques. Il est par conséquent requis de disposer d'un système permettant la prise en charge du processus de conception qui consiste en la formulation du problème, au choix de solutions technologiques adéquates ainsi que la génération graphique du modèle produit répondant aux fonctionnalités et exigences du produit demandé. Dans ce contexte, il est proposé un thème Etude et Conception d'une machine à grillage portant sur la «modélisation d'un système C.A.O. pour la conception mécanique et gestion de données techniques ».

Table des Matières

REMERCIEMENTS

RESUME

TABLE DES MATIERES

LISTE DE FIGURES

LISTE DE TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA MACHINE

I.1 Introduction **11**

I.2 Principe de fonctionnement de la machine **11**

I.3 Types d'aciers pour la clôture : **11**

I.3.1 Les ronds lisses : 11

I.4 Châssis de la machine **12**

I.5 La dérouleuse de fil **13**

I.6 Façonnage des armatures **14**

I.7 Système du cisaillement **15**

I.8 Conclusion **16**

CHAPITRE II

ETUDE MECANIQUE DE LA MACHINE

II.1 Introduction **18**

II.2 Description **18**

II.3 Calculs et dimensionnement **19**

II.3.1 Choix motoréducteur 20

II.3.2 Calcul diamètre de l'arbre 20

II.3.3 Clavette 22

II.3.3.1 Définition 22

II.4 Conclusion **25**

CHAPITRE III

SIMULATION NUMERIQUE

III.1 Introduction **27**

III.2 Description **27**

III.3 Informations du Model **28**

III.4 Propriétés d'étude **29**

III.5 Unités **29**

III.6 Propriétés des matériaux **30**

III.7 Charges et fixations **31**

III.8 Informations de contact **32**

III.9 Informations de Maillage **32**

III.9.1 Informations détaillées du maillage 32

III.10 Conclusion ..... Error! Bookmark not defined.

CHAPITRE IV

CAHIER DES CHARGE

IV.1 Introduction :.....35

IV.2 Analyse fonctionnelle : 35

IV.3 Analyse fonctionnelle externe : 36

IV.3.1 Identification des éléments du milieu extérieur: 36

IV.3.2 Diagramme des inter-acteurs : 37

IV.4 Analyse fonctionnelle interne.....38

IV.4.1 La méthode FAST 38

IV.4.2 Structure fonctionnelle du projet 41

IV.5 Cahier des charges fonctionnel de la Machine clôture : 42

IV.6 Conclusion 45

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Liste de figures

Figure I.1-1 Moteur à vapeur bolton watt 9
Figure I.4-1 Exemple d'un châssis de machine 12
Figure I.5-1 Dérouleuse de fil. 13
Figure I.6-1 Exemple de pliage de fil. 14
Figure I.7-1 Exemple de cisaillement 15
Figure II.3-1 19
Figure II.3-2 ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure II.3-3 Type de clavette 22
Figure II.3-4 dimensions de clavettes 22
Figure II.3-5 23
Figure IV.2-1 35
Figure IV.3-1 « Diagramme pieuvre » 37
Figure IV.4-1 Pourquoi, comment et quand du diagramme FAST 39
Figure IV.4-2 Diagramme FAST simplifié. 40

Liste de Tableaux

Tableau I.3-1 Caractéristiques mécanique du fer rond lisse [11] 11
Tableau IV.3-1 Identification des sous-systèmes. 41
Tableau IV.3-2 Structure fonctionnelle du système 42

Introduction générale

Le dictionnaire Université Oxford English définit la « mécanique » comme une compétence dans l'application pratique d'un art ou d'une science, de la nature d'une ou de plusieurs machines, et qui est liée ou résulte du mouvement et des forces physiques et des propriétés qui sont traitées par eux. La définition du dictionnaire de Merriam-Webster est similaire à la définition précédente de mécanicien, où il le définit comme associés à des machines ou des outils.

Le système mécanique se compose de :

1. Une source d'alimentation et des actionneurs mécaniques qui génèrent des forces et des mouvements.

2. Un système de mécanismes qui détermine la forme d'entrée de l'actionneur, pour obtenir une sortie pour une application spécifique de forces.et mouvement.

3. Un système de contrôle de capteur pour comparer la sortie du système aux performances souhaitées, puis ajuster le signal d'entrée à l'opérateur mécanicien en conséquence.

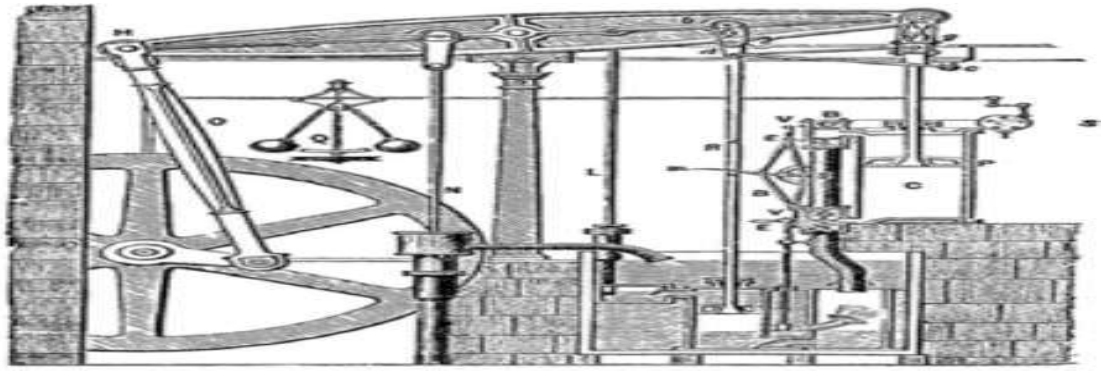


Figure I.1-1Moteur à vapeur bolton watt

Comprendre comment l'énergie est transférée à travers un système mécanique nous aide à comprendre les performances de différents appareils en commençant par les leviers et Chaînes d'engrenages pour voitures et systèmes automatique

Chapitre I
Présentation de la machine

I.1 Introduction

Dans l'industrie, les machines-outils à commande numérique permettent d'améliorer la productivité et la reproductibilité du travail effectué, en réduisant notamment les dispersions de fabrication. Par exemple, l'emploi du tournevis électrique sur les chaînes de montage permet une meilleure maîtrise du couple de serrage (à la différence du moulin à café, le tournevis électrique possède un système électromécanique de rétroaction).

I.2 Principe de fonctionnement de la machine

Le système de tirage à glissière tire le fil vers l'avant horizontalement et verticalement à l'aide d'un arbre, Après ce traitement le système de pliage plie le fil dans une certaine forme (une seule dimension) que nous avons définie. Enfin, le système de cisaillement va cisailler l'extrémité de l'armature.

I.3 Types d'aciers pour la clôture :

On dénombre trois types d'aciers utilisés pour la clôture :

I.3.1 Les ronds lisses :

Les diamètres nominaux sont les suivants : 2.7 , 4.7 ,6 ; Ces aciers sont obtenus en trois (03) nuances qui sont : Fe E 22 ; Fe E 24 ; Fe E 34

*Tableau I.3-1*Caractéristiques mécanique du fer rond lisse [11]

Dénomination de l'acier	Limite d'élasticité Kg/mm2	Contrainte de rupture Kg/mm2	Allongement de rupture [%]
Fe E 22	0.81	45/55	15
Fe E 24	1	55/65	25
Fe E 34	1.5	60/75	20

I.4 Châssis de la machine

Le Châssis doit être capable de supporter les pièces de la machine et doit être solide et léger en même temps pour transporter facilement la machine.

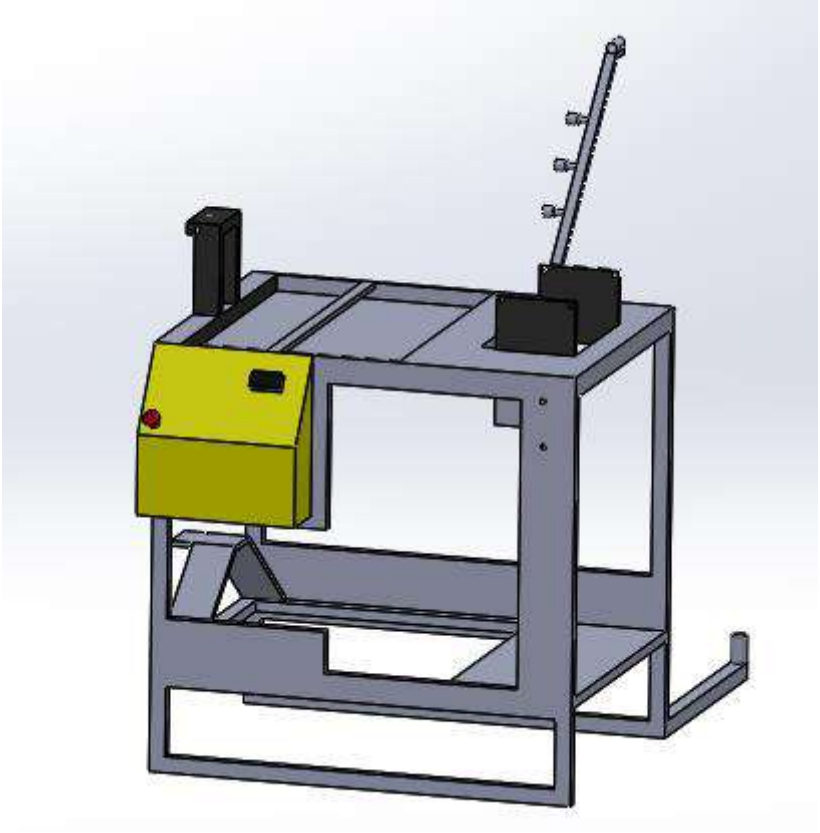


Figure I.4-1 Exemple d'un châssis de machine

I.5 La dérouleuse de fil

La dérouleuse de fil est un appareil permettant de dérouler le fil de fer sur des disques tournants, pour dérouler le fil, le disque tournant doit être parallèle au plan vertical. Ce dispositif est capable de porter des poids élevés et de résister à la force de tirage du fil et d'éviter la défronça pour le chargement et le déchargement du fil [14].

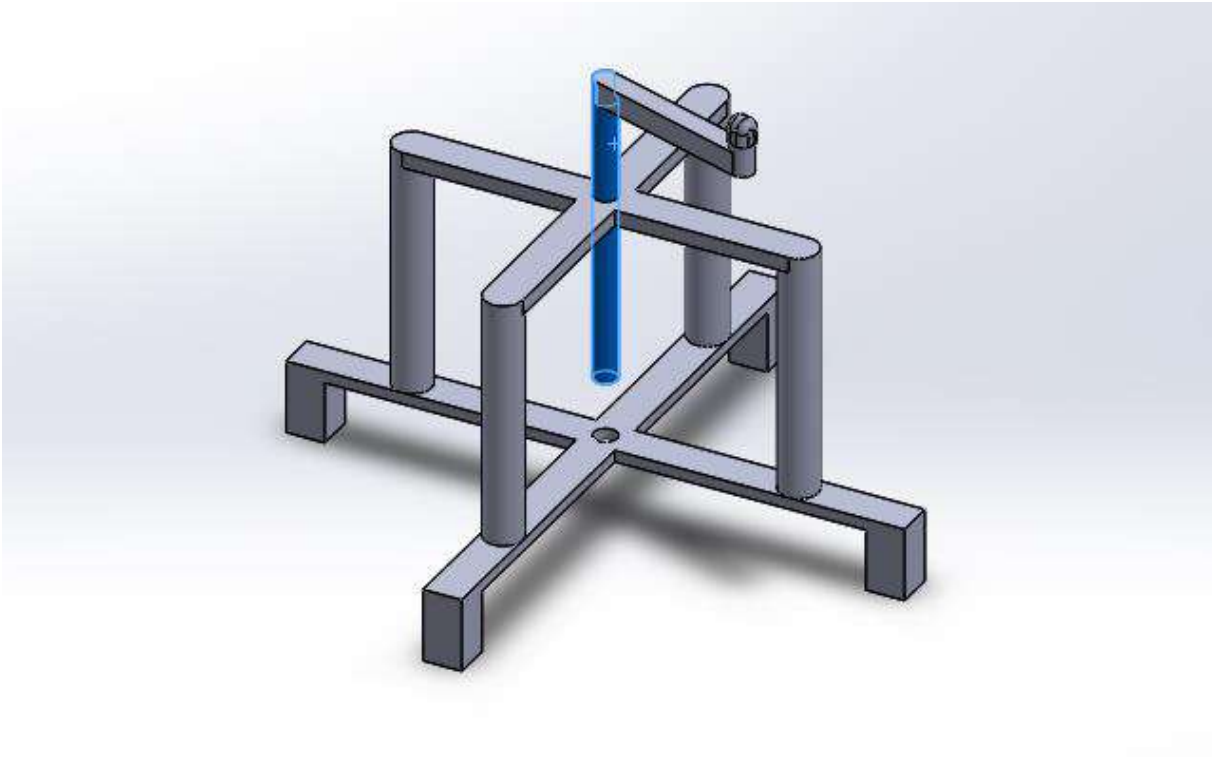


Figure I.5-1Dérouleuse de fil.

I.6 Façonnage des armatures

Actuellement, le façonnage des armatures se fait selon un seul procédé qui est le façonnage à l'aide des machines à synchronisation mécanique.

Le façonnage s'effectue directement après le glissement de fil par une barre façonnage

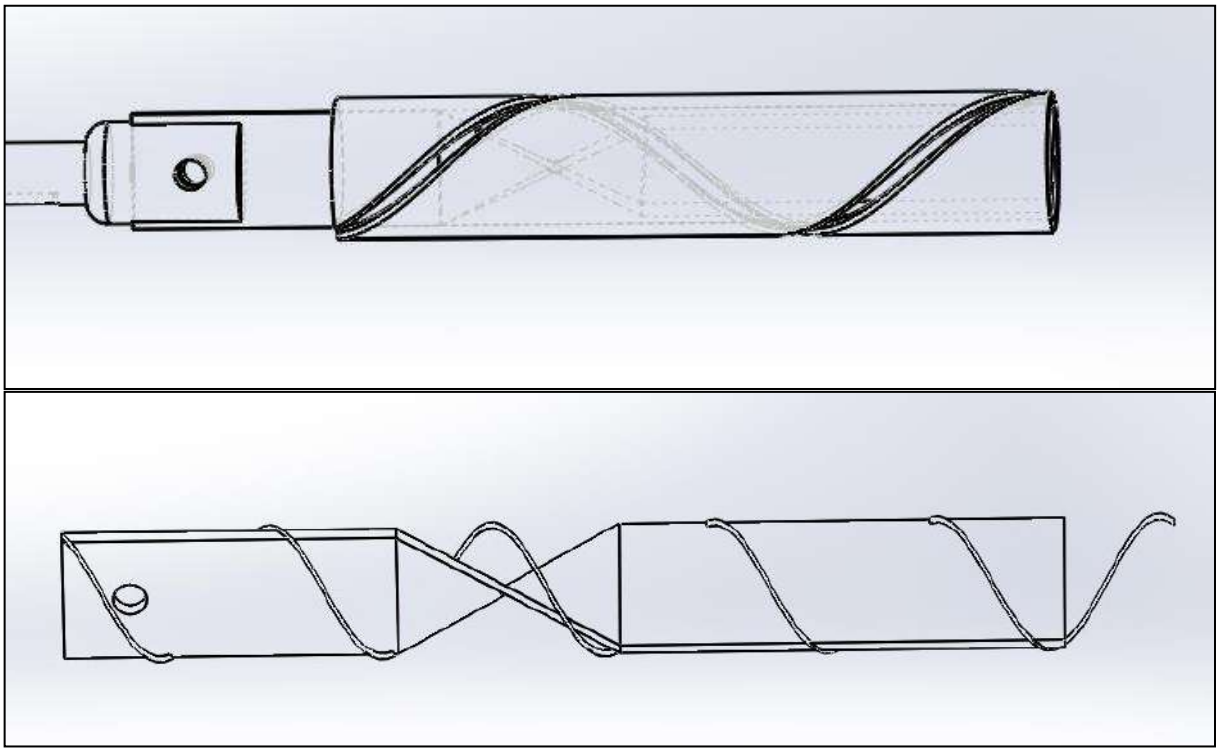


Figure I.6-1Exemple de pliage de fil.

I.7 Système du cisaillement

L'opération de cisaillement est la dernière opération de la machine cadreuse. C’est une opération simple qui s’effectue directement sur les fils avec une cisaille.

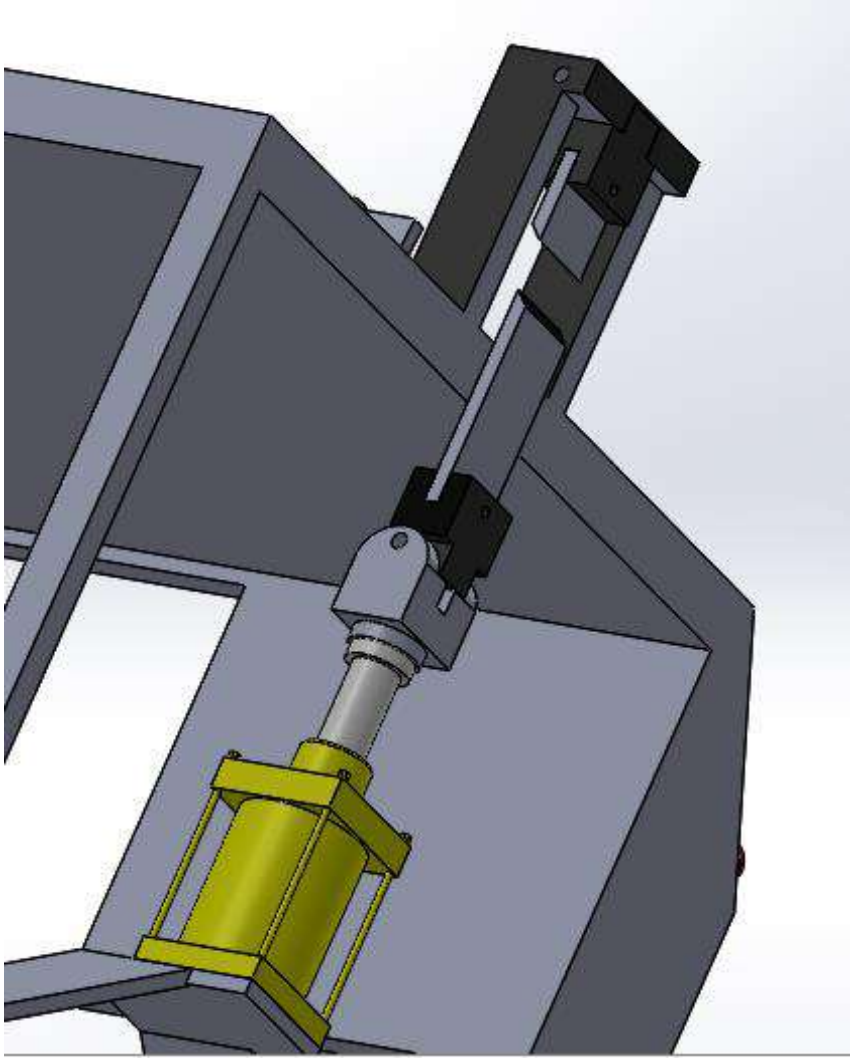


Figure I.7-1 Exemple de cisaillement

I.8 Conclusion

Les machines modernes du XXIe siècle deviennent mécatroniques avec de plus en plus de puissance et d'intelligence, du fait de la combinaison de quatre disciplines majeures de l'ingénierie : la mécanique, l'électrotechnique, l'électronique et l'informatique.

Chapitre II

Etude mécanique de la machine

II.1 Introduction

On étudiera la résistance des principaux organes et leurs dimensions se basant sur les calculs RDM. Ce calcul permettra à la machine d'assurer ces fonctions principales.

En ce qui concerne le choix des matériaux, On tiendra compte des propriétés mécaniques, aptitudes aux déformations, et choix de ressort et motoréducteur.

II.2 Description

Le système à étudier permet de produire automatique des cadres conventionnelles métalliques en fer rond de D = 2.7mm.

On divisera la machine en trois parties selon l'ordre chronologique de leurs fonctions.

Partie I : Déroulement

Partie II : Façonnage

Partie III : coupage

La mise en place du fil sur la partie I (Déroulement) se fait manuellement.

L'avancement du fil se fait grâce à l'arbre.

Un programme nous demande alors d'introduire les paramètres du cadre à réaliser.

Chaque fois que le fil rond arrive à la plieuse avec un avancement préalablement déterminé, l'opération de cintrage se réalise.

II.3 Calculs et dimensionnement

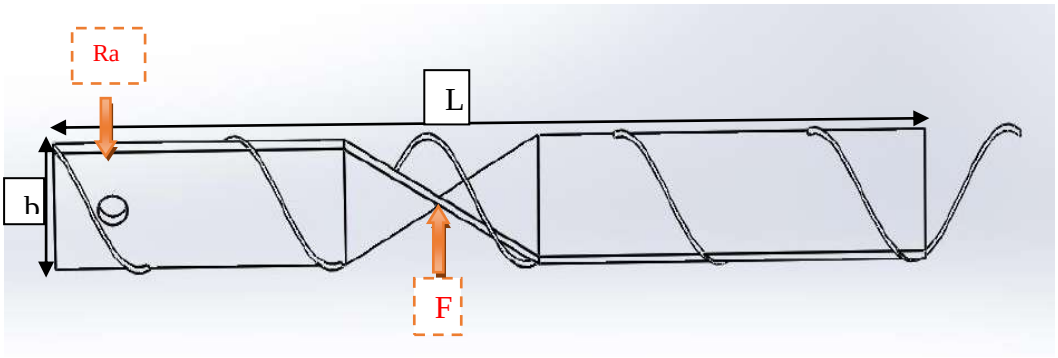


Figure II.3-1

Ra : réaction sur la barre

F : force exercée. On prend les longueurs :

b = 60mm et l = 450mm

R_e : Moment résultant de la force F par le bras de levier a (N.m)

Courbe basée sur l'équation f(x)

X(t) = cos(t)*34

Y(t) = sin(t)*15

Z(t) = t*30

On supposant que F appliquée sur barre est égale la force de pliage

Matériaux de fil est Acier E295 (matériaux de construction mécanique)

R_e = 8 Mpa

$$\sigma_e = \frac{F}{S} \geq R_e \Rightarrow F \geq S * R_e \qquad F = 8 * 5.72 * 10^{-3} = 0.12N.m$$

$$F = 45.34N$$

II.3.1 Choix motoréducteur

Calcule vitesse de rotation ω :

$$\omega = \frac{\pi N}{30} rad/s$$

La roue tourne 1tr dans 3s

Donc le nombre de tour est :

1tr ⟶ 3s

N tr ⟶ 60s

$$N = \frac{60}{3} = 20 \text{tr/min}$$

Alors : $\omega = \frac{\pi N}{30} = \frac{\pi\ 20}{30} = 2.09 rad/s$

Les calculs pour le choix de motoréducteur :

On supposant que la force $\vec{F}$ de pliage soit égale à la force $\overrightarrow{Ft}$ appliquée par la roue

Calcul de la puissance de moteur qui tourne la roue :

$$P = c * \omega$$

Couple c : $C = F * \frac{d}{2}$

D : diamètre de la roue (m)

F : force de pliage (N)

$$C = 45.34 * 2.7 * 10^{-3} = 0.12 N.m$$

Donc : $\rightarrow P = 45.34 * 2.09 = 0.92 kw$

$$\rightarrow P = 0.92\ Kw$$

Donc on a choisi un motoréducteur à $P = 1.1 Kw$

Les caractéristiques de ce motoréducteur sont :

$$N = 20 tr/min$$

$$C = 0.12 N.m$$

II.3.2 Calcul diamètre de l'arbre

Le matériau qu'on a retenu pour l'arbre est un Acier non allies C60 destiné pour la construction mécanique. On choisi ce matériau car limite de rupture élevée avec une bonne résistance à l'usure, il convient aux traitements thermique et non forgeage.

Propriétés mécanique de ce matériau :

R_{min} = 300 MPa

R_{max} = 750 MPa

La condition de résistance en cas de torsion (arbre)

$$\tau_{max} \leq R_{pe}$$

$$\Rightarrow \tau_{max} = \frac{M_{tmax} * y_{max}}{I_{\circ}} \leq R_{pe} = \frac{R_e}{s}$$

$$\Rightarrow \tau_{max} = \frac{M_{fmax} * y_{max}}{I_{\circ}} \leq R_{pe} = \frac{R_e}{s}$$

$\boldsymbol{\tau_{max}}$: contraint de glissement maximale (MPa).

R_{pe} : La résistance du matériau minimale (MPa).

R_e : limite élastique du matériau minimale (MPa).

S : coefficient de sécurité, on choisi s = 1.5

$M_{t\,max}$: moment de torsion maximale (N.m).

$M_{f\,max}$: moment de flexion maximal (N.m).

Y_{max} : distance de $\frac{D}{2}$ (mm).

$I_{\circ}$: moment polaire de la section de l'arbre, $I_{\circ} = \frac{\pi * D^3}{32}$ mm^4.

Donc :

$$\Rightarrow \quad \frac{16 * M_{fmax}}{\pi D^3} \leq R_{pe}$$

$$\Rightarrow \quad D \geq \sqrt[3]{\frac{16 * M_{fmax}}{R_{pe}\pi}}$$

Application numérique :

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{16 * 1760 * 10^3}{\pi * 200}}$$

$$\Rightarrow D \geq 35.5$$

Donc on prend : D = 40 mm

II.3.3 Clavette

II.3.3.1 Définition

Nous avons effectué une bonne partie du travail en déterminant tous nos diamètres minimaux de nos arbres ainsi que les diamètres de nos engrenage. A présent, il faut déterminer les clavettes. Une clavette est une pièce destinée à assurer la liaison en rotation, cette liaison permet de faire tourner l`engrenage en même temps que l`arbre.

Pour notre cas, on utilise le clavetage parallèle de forme A, qui est utilisé lorsque le diamètre

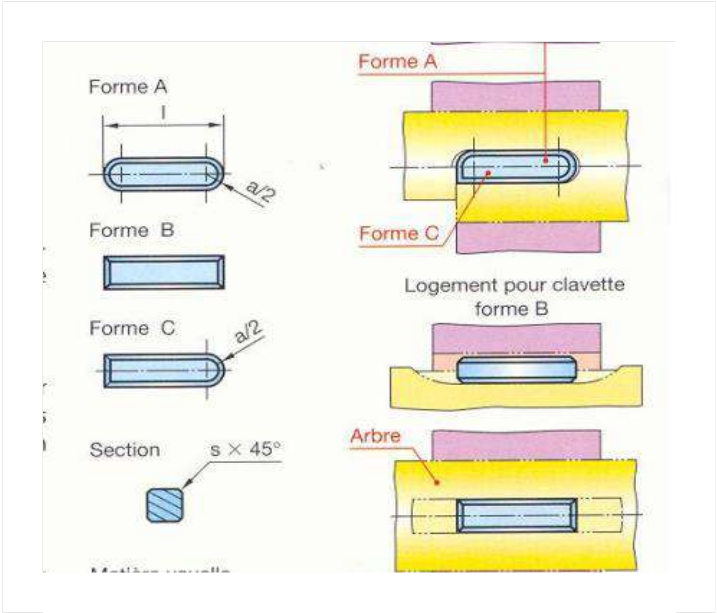


Figure II.3-2Type de clavette

d = 40 mm de l`arbre est proche de la longueur **l** de la clavette (1 <1,5d).

A partir des données constructrices du Figure ci –dessus nous devons vérifier que la clavette

EXEMPLE DE DÉSIGNATION :
Clavette parallèle, forme ____ , a × b × l, NF E 22-177

d	a	b	s	j	k
de 6 à 8 inclus	2	2	0,16	d — 1,2	d + 1
8 à 10	3	3	0,16	d — 1,8	d + 1,4
10 à 12	4	4	0,16	d — 2,5	d + 1,8
12 à 17	5	5	0,25	d — 3	d + 2,3
17 à 22	6	6	0,25	d — 3,5	d + 2,8
22 à 30	8	7	0,25	d — 4	d + 3,3
30 à 38	10	8	0,4	d — 5	d + 3,3
38 à 44	12	8	0,4	d — 5	d + 3,3
44 à 50	14	9	0,4	d — 5,5	d + 3,8
50 à 58	16	10	0,6	d — 6	d + 4,3

Figure II.3-3dimensions de clavettes

supporte les efforts de matage ainsi que de cisaillement.

Entre arbre et la roue clavette parallèle, forme A 12×08×l

l< 1.5*d

Donc : l < 60

Normalisation de la longueur l = 30

		série normale					série mince		
d	a	b	s	J	K	L	b*	J*	K*
6 à 8 inclus	2	2	0,08	d − 1,2	d + 1	6 à 20			
8 à 10	3	3	à	d − 1,8	d + 1,4	6 à 36			
10 à 12	4	4	0,16	d − 2,5	d + 1,8	8 à 45			
12 à 17	5	5	0,16	d − 3	d + 2,3	10 à 56	3	d − 1,8	d + 1,4
17 à 22	6	6	à	d − 3,5	d + 2,8	14 à 70	4	d − 2,5	d + 1,8
22 à 30	8	7	0,25	d − 4	d + 3,3	18 à 90	5	d − 3	d + 2,3
30 à 38	10	8	0,25	d − 5	d + 3,3	22 à 110	6	d − 3,5	d + 2,8
38 à 44	12	8		d − 5	d + 3,3	28 à 140	6	d − 3,5	d + 2,8
44 à 50	14	9	à	d − 5,5	d + 3,5	36 à 160	6	d − 3,5	d + 2,8
50 à 58	16	10		d − 6	d + 4,3	45 à 180	7	d − 4	d + 3,3
58 à 65	18	11	0,4	d − 7	d + 4,4	50 à 200	7	d − 4	d + 3,3
65 à 75	20	12	0,4	d − 7,5	d + 4,9	56 à 220	8	d − 5	d + 3,3
75 à 85	22	14	à	d − 9	d + 5,4	63 à 250	9	d − 5,5	d + 3,8
85 à 95	25	14	0,6	d − 9	d + 5,4	70 à 280	9	d − 5,5	d + 3,8
95 à 110	28	16		d − 10	d + 6,4	80 à 320	10	d − 6	d + 4,5

Figure II.3-4

12×08×30

Vérification de la condition de résistance au cisaillement :

T : effort tranchant en Newton

Contrainte tangentielle : $\tau = \frac{T}{S}$

τ : contrainte tangentielle en MPa

S : section cisaillée en mm²

Condition de résistance : τ ≤ RpgRpg résistance pratique au cisaillement en N/mm²

Avec : $R_{pg} = \frac{R_g}{k}$

Rg : résistance élastique au cisaillement en N/mm²

k : coefficient de sécurité

Pour les aciers et alliages légers : $R_g = 0{,}5 * R_e$

Re résistance élastique du matériau en MPa

Pour les aciers traités Rg = 0,8 x

Rechercher dans le livre « Guide du dessinateur industriel » la valeur de la limite élastique de la matière Re constituant la clavette puis Rg et Rpg. Donnée : Coefficient de sécurité k = 3

E295	
Re	295MPa
Rg	236MPa
Rpg	78.66

Calculer la contrainte τ et dire si la condition de résistance est respectée pour chaque matériau :

$$C = \frac{30 * P}{\pi N} = T\frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow T = \frac{60\ P}{\pi d N} = \frac{60*1.1*10^3}{\pi*20*20} = 52.52$$

$$\tau = \frac{T}{a * l} = \frac{52.52}{12 * 30} = 0.14 N/mm^2$$

Alors la vérification de clavette est juste.

Entre l'arbre et poulie, clavette parallèle forme A 12x08x40

$$\tau = \frac{T}{a * l} = \frac{52.52}{12 * 40} = 0.1 N/mm^2$$

Alors la vérification de cette clavette est juste.

II.4 Conclusion

Chapitre III

Simulation numérique

III.1 Introduction

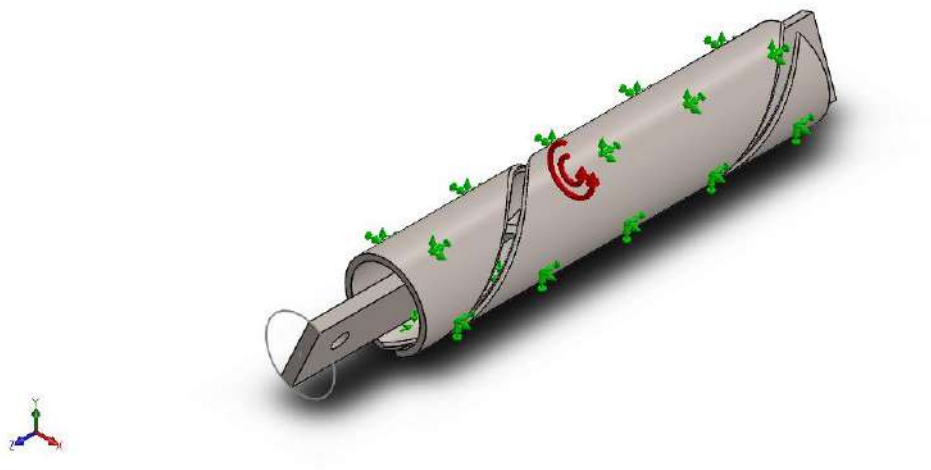
III.2 Description

Nom d'étude : Statique 1

Type d'analyse:Statique



III.3 Informations du Model



Nom du model : Assem1

Configuration: Default

Corps solides			
Nom et références du document	Type de traitement	Propriétés volumétriques	Document Path/Date Modifiée
Cut-Extrude1 	Corps Solide	Masse:1,75902 kg Volume:0,000228444 m^3 Densité:7 700 kg/m^3 Poid:17,2384 N	C:\Users\TAHRAOUI Ayoub\Desktop\Mémoire de fin d'tudes\SOLIDWORKS\mécanisemme\Part2..SLDPRT Jun 19 11:55:55 2021
Fillet1 	Corps Solide	Masse:2,60418 kg Volume:0,000338205 m^3 Density:7 700 kg/m^3 Poid:25,5209 N	C:\Users\TAHRAOUI Ayoub\Desktop\Mémoire de fin d'études\SOLIDWORKS\mécanisme\part 1.SLDPRT Jun 19 12:57:18 2021

III.4 Propriétés d'étude

Nom d'étude	Statique 1
Type d'Analyse	Statique
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Inclus de temperature loads
Zeros train temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Type du Solveur	FFEPlus
InplaneEffect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Resultfolder	SOLIDWORKS document (C:\Users\TAHRAO~1\AppData\Local\Temp)

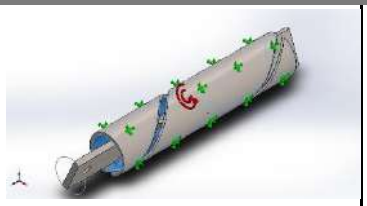
III.5 Unités

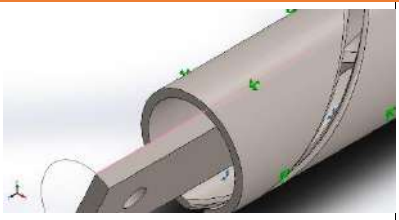
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	Mm
Temperature	Kelvin
Angularvelocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m^2

III.6 Propriétés des matériaux

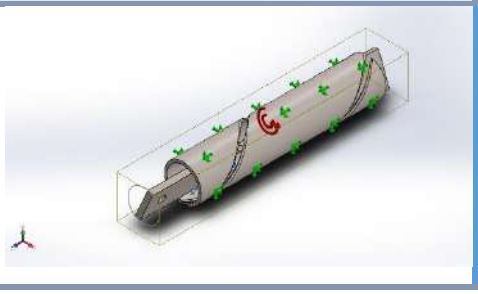
Model Reference	Properties		Components
	Name:	**AlloySteel**	**SolidBody 1(Cut-Extrude1)(Part2.-2), SolidBody 1(Fillet1)(part 1-)**
	Model type:	**LinearElasticIsotropic**	
	Default failurecriterion:	**Max von Mises Stress**	
	Yieldstrength:	**6,20422e+08 N/m^2**	
	Tensilestrength:	**7,23826e+08 N/m^2**	
	Elasticmodulus:	**2,1e+11 N/m^2**	
	Poisson's ratio:	**0,28**	
	Mass density:	**7 700 kg/m^3**	
	Shearmodulus:	**7,9e+10 N/m^2**	
	Thermal expansion coefficient:	**1,3e-05 /Kelvin**	
CurveData:N/A			

III.7 Charges et fixations

Fixturename	Fixture Image	FixtureDetails
Fixed-1		**Entities:** **1 face(s)** **Type:** **Fixed Geometry**
Fixed Hinge-1		**Entities:** **1 face(s)** **Type:** **Fixed Hinge**

Loadname	Load Image	LoadDetails
Centrifugal-1		**Centrifugal, Ref:** **Edge< 1 >** **AngularVelocity:** **-50rad/s** **AngularAcceleration:** **-25rad/s^2**

III.8 Informations de contact

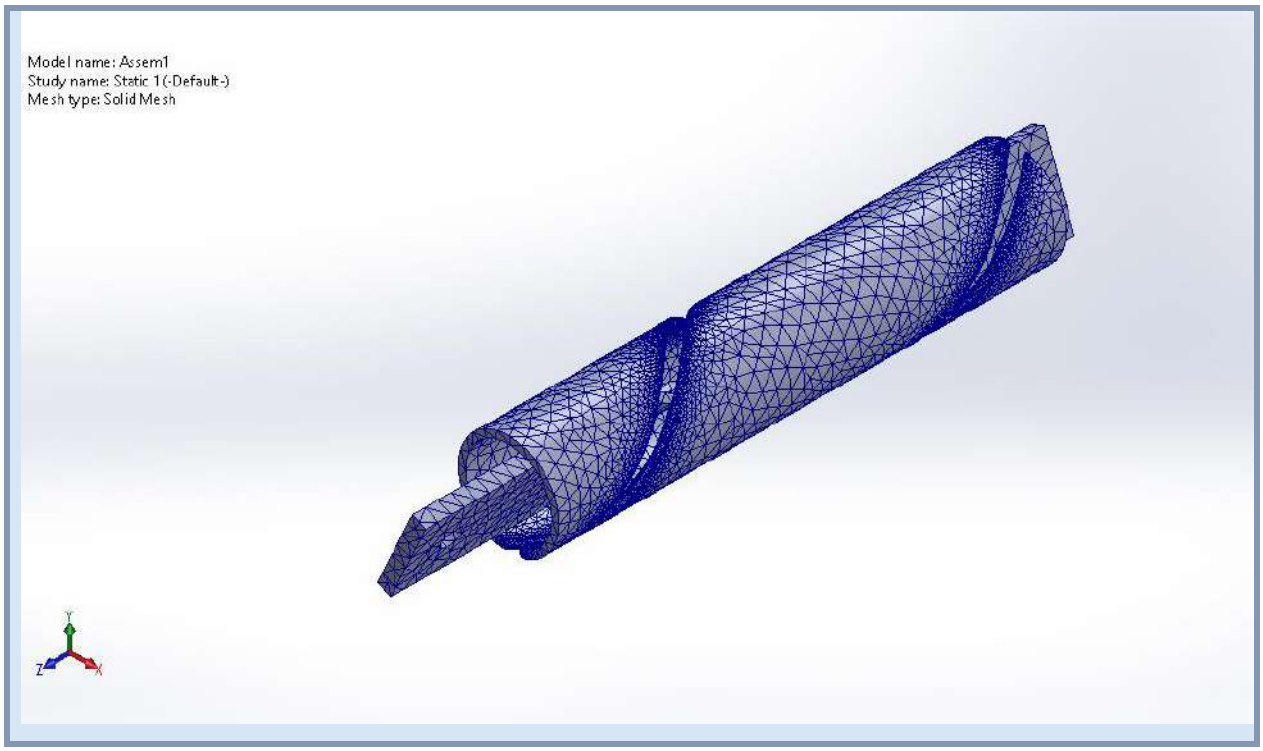
Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		**Type:** **Bonded** **Components :** **1 component** **Options:** **Incompatible mesh**

III.9 Informations de Maillage

Type de maillage	Maillage solide
MesherUsed:	Curvature-basedmesh
Jacobian points for High quality mesh	16 Points
Maximum element size	8,92301 mm
Minimum element size	0,446151 mm
MeshQuality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

III.9.1 Informations détaillées du maillage

Total Nodes	110489
Total Elements	66252
Maximum Aspect Ratio	8,0351
% of elements with Aspect Ratio < 3	99,3
% of elements with Aspect Ratio > 10	0
% of distortedelements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh;mm;ss):	00:01:39
Computer name:	


Model name: Assem1
Study name: Static 1(-Default-)
Mesh type: Solid Mesh
Y
Z
X

Chapitre IV

Cahier des charge

IV.1 Introduction :

L'analyse fonctionnelle évite certains pièges de conception classiques (Cécité, manque d'objectivité, mauvaise gestion des priorités). En fait, la première étape de l'AF est générale et implique tous les participants d'un même projet.
Elle est réalisée en amont du projet et s'adresse aux concepteurs de produits. L'AF dans une deuxième étape, devient technique, et oriente les concepteurs vers des solutions techniques.
Le but de l'AF est d'optimiser la conception ou la refonte du produit en fonction de la fonction à remplir par le produit. Une fois la fonction du produit déterminée, l'équipe de conception peut mesurer ses progrès et son succès fonction de normes objectives.

IV.2 Analyse fonctionnelle :

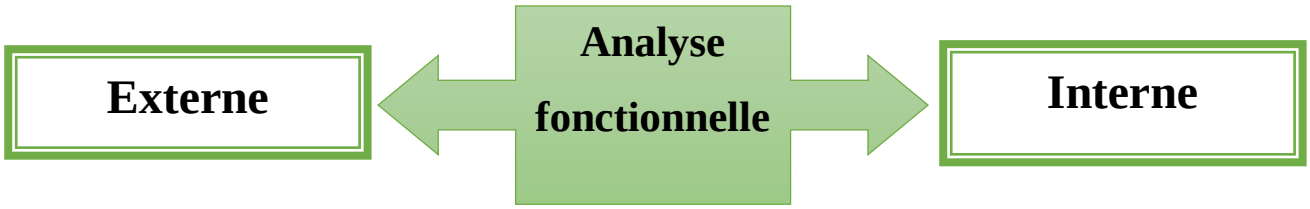


Figure IV.2-1

L'analyse fonctionnelle permet de décrire un système par les fonctions qu'il doit remplir, mais également par les contraintes qu'il subira. Elle consiste à rechercher, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions.

L'analyse fonctionnelle est divisée en deux parties :

- Analyse fonctionnelle externe.
- Analyse fonctionnelle interne

IV.3 Analyse fonctionnelle externe :

L'analyse de la fonction externe décrit le point de vue de l'utilisateur et part du besoin de définir la fonction attendue du produit. Dans cette analyse, le produit n'existe pas encore, c'est une "boîte noire" qui peut rendre des services dans son environnement durant son cycle de vie.

IV.3.1 Identification des éléments du milieu extérieur:

Pour identifier la fonction d'un produit, il doit être capable de décrire son environnement, que l'on appelle « l'environnement extérieur ». Toutes les entités identifiées comme externes au produit sont appelées éléments de l'environnement externe : E.M.E.

Une EME doit pouvoir être définie objectivement pour tous les participants à l'étude. Si un élément ne peut pas être complètement défini par des normes objectives, alors cet élément n'est pas un élément de l'environnement externe.

La vérification de l'environnement système conduit à :

- Identifier les composants externes

(Contact direct ou indirect avec le produit).

- Etablir la relation fonctionnelle entre le produit et les composants externes

C'est ce qu'on appelle une fonction de service.

Dans notre cas, les éléments de l'environnement externe sont :

1. Utilisateur.
2. Fil de clôture
3. Normes et sécurité.
4. Énergie électrique.
5. Commande.
6. Maintenance.
7. Coût.

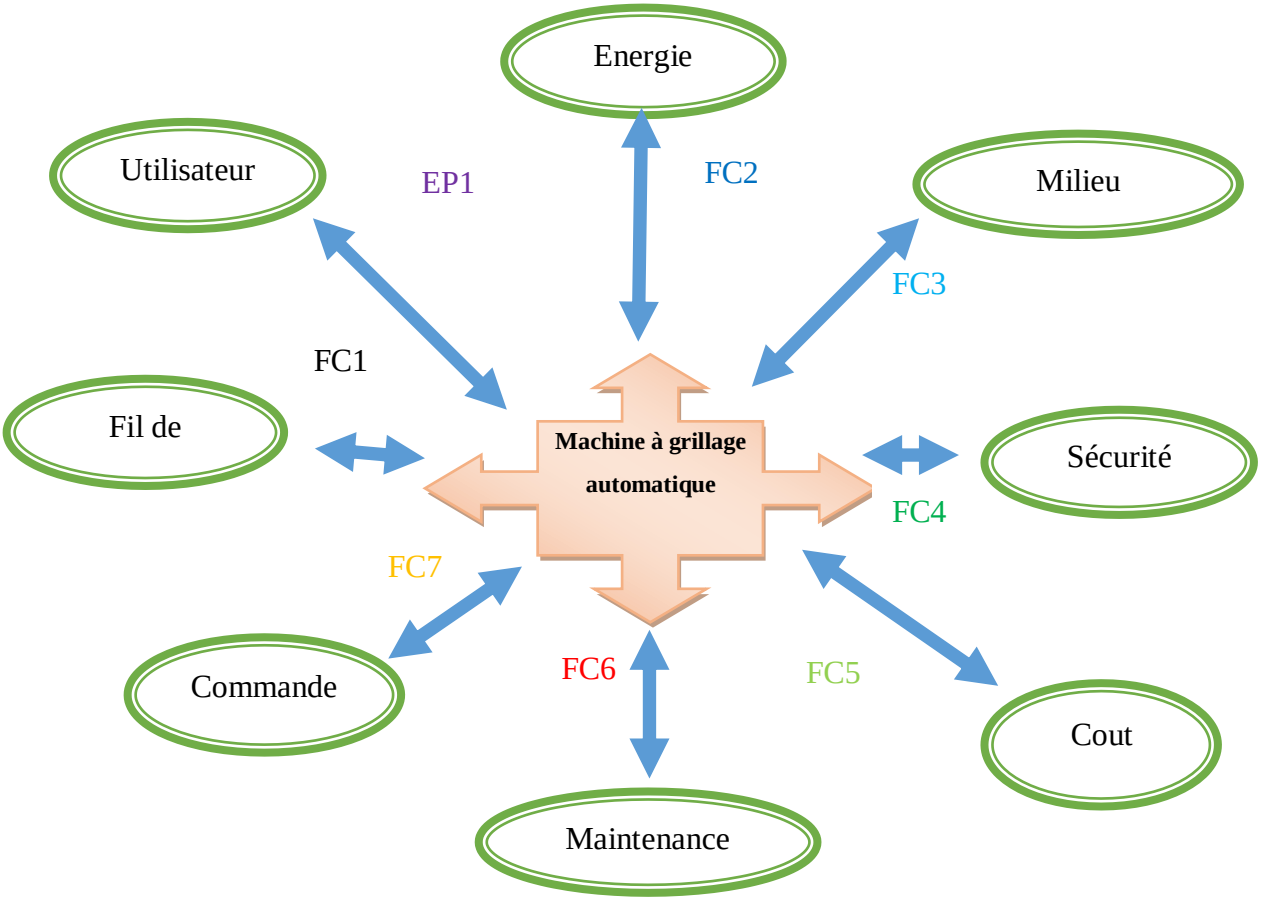


Figure IV.3-1« Diagramme pieuvre »

IV.3.2 Diagramme des inter-acteurs :

Le système avec les éléments du milieu extérieur est un diagramme des inter-acteurs, appelé aussi diagramme de la pieuvre. On dénombre les fonctions principales notées FP et les fonctions contraintes notées FC.

FP : Fonction de service qui met en relation deux EME ou plus, via le produit.

FC : Fonction de service qui met en relation le produit avec un seul EME.

- FP1 : Façonner Fil de clôture différents formes. /Fabriquer une pièce pliée et cambrée.
- FC1 : être facile à utiliser.
- FC2 : S'alimenter en énergie électrique.
- FC3 : Respecter les normes de sécurité.
- FC4 : Résister au milieu extérieur.
- FC5 : commande du système.
- FC6 : Faciliter la maintenance.
- FC7 : Être commercialisé à un prix raisonnable.

IV.4 Analyse fonctionnelle interne

L'analyse fonctionnelle interne décrit le point de vue des concepteurs chargés de fournir des produits répondant aux besoins exprimés. Le système n'est plus considéré comme une boîte noire, l'analyse se concentrera plutôt sur l'intérieur de la boîte pour comprendre ses fonctions internes. Le système est considéré comme un ensemble de composants, dont chacun remplit certaines fonctions par rapport à d'autres composants. L'analyse des fonctions internes met en évidence les fonctions techniques.

IV.4.1 La méthode FAST

Le diagramme FAST (Fonction Analysés System Technique) est un outil graphique qui permet de traduire chaque fonction de service en fonctions techniques, puis en solutions techniques. Dès lors que les fonctions de services sont identifiées et organisées de la gauche vers la droite, cette méthode les ordonne et les décompose logiquement pour aboutir aux solutions techniques de réalisation. Ce diagramme est basé sur une technique interrogative. En partant d'une fonction principale, il présente les fonctions dans un ordre logique on doit pouvoir trouver autour les réponses aux trois questions définies ci-dessous pour chaque fonction technique

1. Pourquoi une fonction doit-elle être assurée ?
2. Comment cette fonction doit-elle être assurée ?
3. Quand cette fonction doit-elle être assurée ?

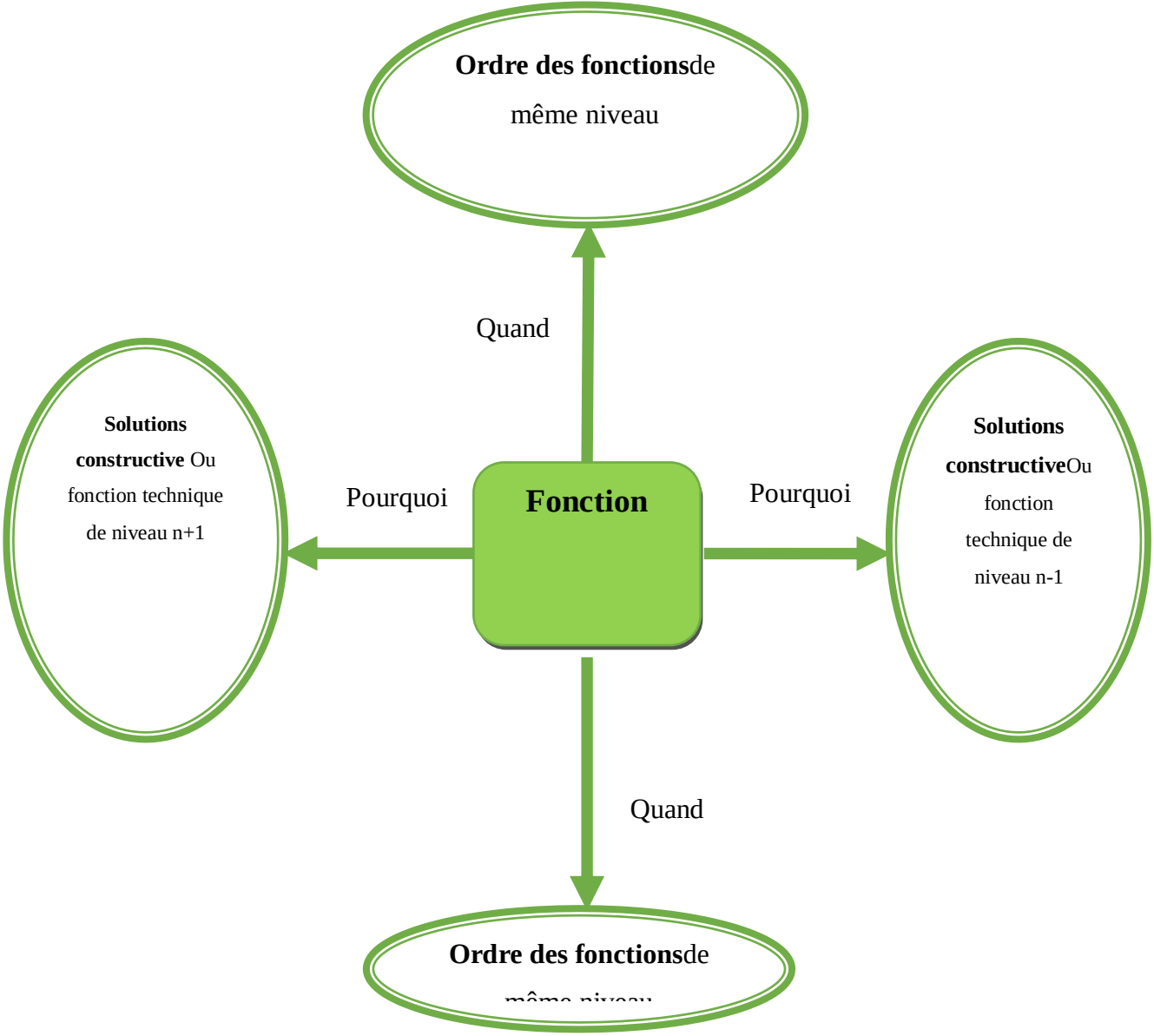


Figure IV.4-1Pourquoi, comment et quand du diagramme FAST

Le diagramme FAST de la fonction principale : « Façonner fer rond différents formes. » est donné par la figure suivante

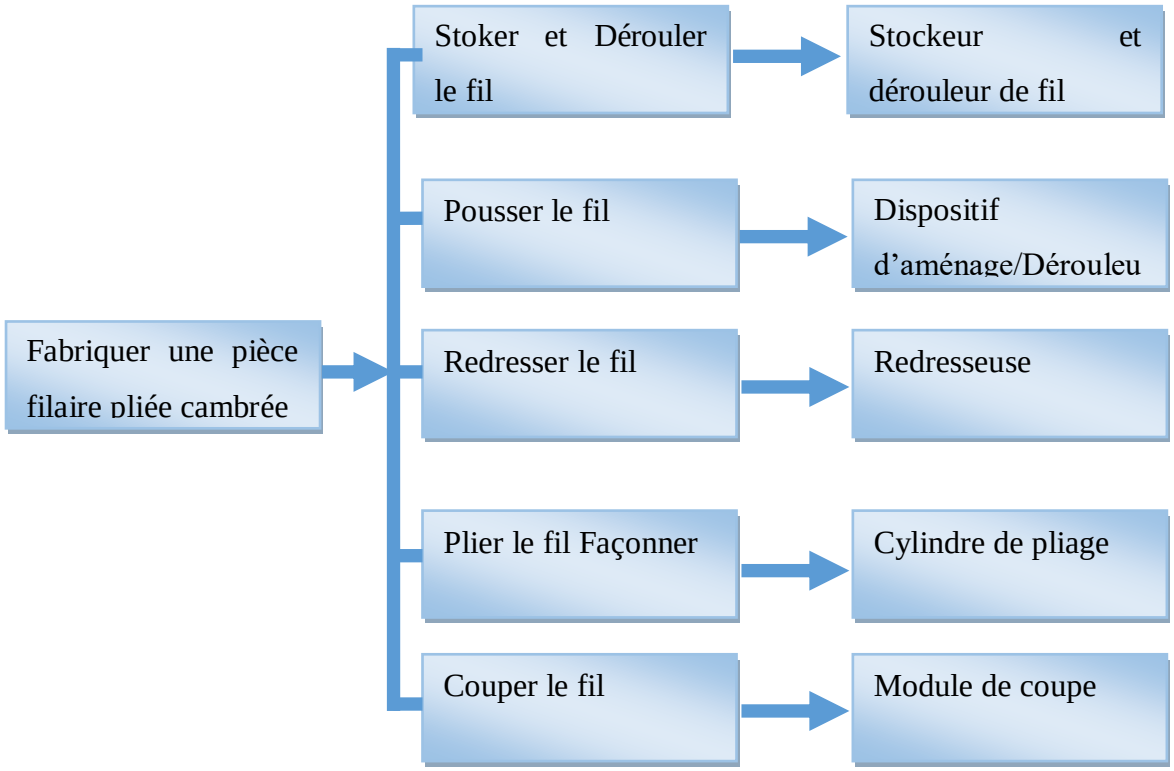


Figure IV.4-2Diagramme FAST simplifié.

IV.4.2 Structure fonctionnelle du projet

Il est très important de remarquer qu'après la réalisation de l'arborescence fonctionnelle, les sous-systèmes du produit apparaissent, ils sont donnés par le tableau suivant :

Tableau IV.4-1 Identification des sous-systèmes.

Fonctions techniques	Sous système
Stocker et dérouler le fil	Sous-système de stockage Stockeur et dérouleur de fil
Pousser/ dérouler le fil	Sous-système de dispositif d'aménage du fil /dérouleur
Cambrer ou plier le fil	Sous-système de pliage/façonnage Cylindre de pliage du fil
Couper le fil	Sous-système de coupe Module de coupe (couteau)
Alimenter la machine en énergie	Sous système d'alimentation en énergie
Commande de système	Sous-système de commande

Ces sous-systèmes couvrent tous les aspects de la conception sur lesquels il faudra travailler pendant la phase de recherche de concept. Voir la structure fonctionnelle du système dans la figure suivante :

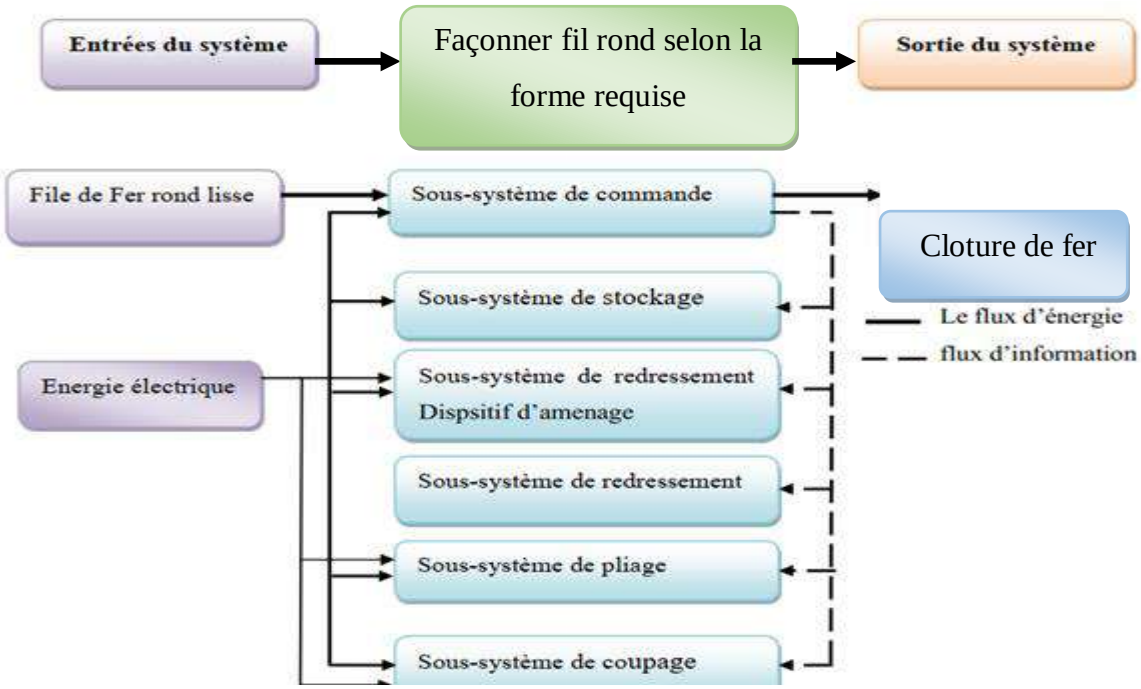


Tableau IV.4-2Structure fonctionnelle du système

IV.5 Cahier des charges fonctionnel de la Machine clôture :

Le cahier des charges fonctionnel est un document formalisant un besoin, détaillant les fonctionnalités attendues du système, ainsi que les contraintes (techniques, réglementaires, budgétaires...) auxquelles il est soumis.

Le cahier des charges fonctionnel de la machine est donné par ce tableau.

Repère	Fonction	Critère d'appréciation	Niveau
FP	Façonner fer rond différent formes	Mise en fonctionnement programmable	Programmateur
		Productivité	12.5 m/h
		Distance	X= 1.5 m
		Angle de flexion maximale	α =45

		Temps	Réaliser une clôture 25m le plus rapidement possible T=2 h
		Vitesses minimale	Vmin = 0.64 m/s
		Vitesse d'avance	amin = 1.6 m/s2
		Accélération minimale.	amax = 5.2 m/s2
		Encombrement de la machine :	Dimension compatible
		Diamètre max	D = 3 mm
		Résistance pratique élastique en traction de fil en assai	8 MPa
		Résistance rupture du fil en essai de traction.	10 MPa
		Résistance rupture du fer à béton en essai de cisaillement.	8 MPa
		Le poids	Doit être ≤ 150 kg

Repère	Fonction	Critère d'appréciation	Niveau
FC1	Être facile utilisé	Utiliser un moyen de commande et contrôle facile	
	Permet de contrôler le mouvement	Vitesse	Moteur asynchrone
		Déplacement	Vérin pneumatique API
FC2	S'alimenter en énergie électrique	Type de générateur Autonome	Energie électrique 12V (amplificateur)
		Type de technologie	Toute technologie permettant d'assurer l'alimentation Réseau 230V
		Tension	U = 220 V ± 10%
		Fréquence	F = 50 Hz ± 5 Hz
		Voltage	220 V ± 10%
FC3	Respecter les normes de sécurité	Normes de sécurité	ISO ; AFNOR ; AFCAB …
FC4	Commande du système	Utiliser un moyen de commande et contrôle facile	Des commandes simples
			API.
FC6	Faciliter la maintenance	Maintenance	Facile à monter et à démonter
FC7	Être commercialisé à un prix raisonnable	Prix total de la cadreuse	

IV.6 Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de proposer une approche permettant de rechercher la fonction principale de la machine, les fonctions interne entre les composants et les fonctions externes concernant la relation de la machine avec son milieu ambiant ainsi que les utilisateurs dans une perspective combinée. Cette méthodologie a été très utile pour trouver les solutions permettant d'éviter ou d'éliminer les effets néfastes afin d'améliorer la conception d'une machine. L'élaboration du cahier des charges a permis de clarifier beaucoup de chose et nous a définie presque tous les sous-systèmes de notre machine.

Conclusion générale

La conception mécanique est généralement associée à l'automobile. En réalité, les systèmes mécaniques et mécanismes sont l'outil par excellence dans tous les domaines (les outils de la vie de tous les jours, des industries mécaniques, alimentaires, textiles, médicales … en passant par les appareillages des laboratoires scientifiques). La conception mécanique instauré en science des systèmes à partir de 1975 – permet la création de l'outil pour réaliser et/ou exécuter une (ou des) tâche(s) désirée(s). L'artefact conceptuel a vocation à représenter un complexe d'actions qui s'entend par la conjonction de projets dans des environnements actifs (conjonction cybernétique) et de fonctionnements synchroniques inséparables de leurs transformations diachroniques (conjonctions structurelles). Ce complexe d'actions se représente par niveaux (opérations, informations, décisions) agencés en réseaux.

Comme présenté à travers les différents chapitres, la conception mécanique est le conglomérat d'un ensemble de connaissances, de sciences et techniques et de spécialistes qu'il est nécessaire de rassembler. La formulation des attentes et des exigences de manière claire et succincte du problème en est la clé. Ceci nécessite la construction de modèles spécifiques pour une représentation de produit et son évolution en modes qualitatifs et quantitatifs.

En plus des méthodes de décomposition du projet en termes de tâches, entités, relations et propriétés et les développements graphiques qui en découlent et que nécessite la conception des systèmes mécaniques, des bases de connaissances technologiques, de données et une sémantique sont les éléments clés pour une implémentation d'un système de conception mécanique.

Références Bibliographiques

1. «Étymologiedemachined'aprèsleLittré»(https://dicocitations.lemonde.fr/definition_littre/16608/Machine.php),sur*dicocitations.lemonde.fr*(consultéle31janvier2019)
2. Chapouthier,G.,&Kaplan,F.(2011).*L'homme,l'animaletlamachine:Perpétuellesredéfinitions*(No.EPFL-BOOK-175833).CNRSEditions,Paris.
3. Verbeek,T.(2005).*L'hommemachine:Descartes,Boerhaave,LaMettrie*.Machina,447-459.
4. Rosenfield,L.C.(1937).*UnChapitredeL'HistoiredeL'Animal-Machine(1645-1749)*.RevuedeLitteratureComparee,17,461-87.
5. Duchesneau,F.(1998).*LesmodèlesduvivantdeDescartesàLeibniz.*Vrin.
6. Harrison,R.(1964).*Animalmachines:thenewfactoryfarmingindustry*.Animalmachines:the
7. Larrère,C.,&Larrère,R.(2001).*L'animal,machineàproduire:larupturedu contratdomestique.Lesanimauxd'élevageont-ilsdroitaubien-être*,9,9-24.
8. Lestel,D.(1998).Desanimaux-machinesauxmachinesanimales.Sileslionspouvaientparler:essaissurlaconditionanimale,Quarto,680-699.
9. Wiener,N.(1965).*CyberneticsorControl andCommunicationintheAnimalandtheMachine*
10. (Vol.25).MITpress.
11. Chapouthier,G.(2000).*Impactdel'animal-machinesurlabiologiemoderne:triompheépistémologiqueetdésastremoral*.L'espritcartésien,2,742-744.
12. Todes,D.(2000).*IvanPavlov:Exploringtheanimalmachine.*OxfordUniversityPress.
13. Marie-HélèneParizeau,GeorgesChapouthier(sousladirectionde),L'êtrehumain,l'animaletlatechnique,LesPressesdel'UniversitéLaval,Québec,Canada,2007