



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

(Conception et réalisation d'une machine de marquage automatique)

Présenté par :

Fakir Abdellatif

El mrabti Iliass

Encadré par :

- A. Aboutajeddine, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès

-A.Fakhreddine, Encadrant de la société PLASTEX MAROC

Effectué à : PLASTEX MAROC

Soutenu le : 12/06/2014

Le jury :

- **Mr. A. Aboutajeddine, Noms et Prénoms, Etablissement**
- **Mr. A.Seddouki, Noms et Prénoms, Etablissement**

Année Universitaire : 2013-2014



Dédicaces

Aucun mot, aucune expression ne pourront témoigner notre amour, notre reconnaissance et gratitude envers ceux qui nous ont guidés et encouragés, autant par leurs sacrifices abondants que par leur soutien inconditionnel gravés aux fonds de nos cœurs et esprits, envers ceux qui nous ont faits ce que nous sommes devenus aujourd'hui :

Nos chers parents, merci pour tout.

À nos frères et sœurs, pour leur encouragement et leur bonté, nous exprimons nos profondes reconnaissances et notre grand respect.

À toutes nos familles, nos amis et tous ceux que nous aimons.

Nous dédions ce travail, expression de notre grand amour avec tous nos vœux de bonheur et de prospérité.

FAKIR Abdellatif & El Mrabti Iliass

Remerciements

L'élaboration de ce travail de projet de fin d'études n'aurait pas pu voir le jour sans le soutien de plusieurs personnes, qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons, dans un premier temps, à remercier infiniment l'entreprise PLASTEX de nous avoir accueilli et offert l'opportunité de progresser à travers cette expérience.

Plus précisément, nous remercions sincèrement :

Monsieur Abdallah FAKHREDDINE, Ingénieur Responsable du Département Maintenance et notre parrain au sein de la société pour son encadrement, son suivi, son soutien, sa confiance, son encouragement et ses conseils.

Nous tenons également à témoigner toutes nos reconnaissances à Monsieur Ahmed ABOUTAJDINNE, notre professeur et encadrant à la FST, pour son implication, ses conseils lucides, ses propositions enrichissantes, son immense soutien et son précieux encadrement.

Aussi, nous exprimons notre profonde gratitude à Monsieur Fayçal, Technicien électrique et à Monsieur Abdallah Chentouf, Technicien Mécanique de l'entreprise, pour ses directives précieuses, ses conseils pertinents et ses judicieuses informations.

Nous souhaitons également remercier les membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Finalement, nous adressons également nos plus vifs remerciements au corps professoral et administratif de la FST pour tous leurs efforts et leur engagement durant toute notre période d'étude.

Avant-propos

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de licence technique en conception et analyse mécanique de la Faculté de Science Et Technique. Il s'est effectué à PLASTEX, industrie de fabrication de produits de friction, située à Tanger dans la zone industrielle Moghoha. Suite à une demande croissante du marché de rondelle d'embrayage et une exigence des demandeurs en termes de qualité, la société a décidé d'augmenter sa cadence de production et la qualité de ses produits.

Notre étude consiste donc à éviter le marquage manuel existant et concevoir une nouvelle machine automatique de marquage. Notre tâche s'articulera dans une première phase à identifier et quantifier les pertes occasionnées par les opérateurs existants. Ces pertes connues, nous proposerons des solutions techniques pour les réduire au mieux.

La deuxième phase se consacrera au dimensionnement et conception mécanique de la machine. Cette machine de marquage devra répondre premièrement aux exigences clientèles, deuxièmement sa consommation devra être optimale et tertio elle nécessitera moins de maintenance possible.

Sommaire

Dédicaces	3
Remerciements.....	4
Avant-propos.....	5
Sommaire	6
Introduction générale	9
Partie 1 :	10
Présentation de l'environnement du travail et planification des tâches du projet	10
Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil.....	11
I. Présentation générale de la société PLASTEX.....	11
1. La carte d'identification de PLASTEX MAROC	11
2. Activités de PLASTEX MAROC	11
3. Historique.....	11
4. Organigramme de la société.....	12
II. Production de la garniture d'embrayage.....	12
1. Logigramme de la production de la garniture d'embrayage	12
2. Etapes de la production de la garniture d'embrayage	13
a. La Pesée.....	13
b. Le mélange.....	14
c. L'imprégnation.....	14
d. Le préformage	15
f. L'ébavurage.....	17
g. Traitement thermique	17
h. Rectification	17
i. Perçage - Fraisage	18
j. Traitement anti-voilage.....	18
k. Traitement anti-poussière.....	18
l. Marquage	18
m. Contrôle final	19
III. Etapes de la production du rouleau tressé et du rouleau comprimé	19
1. Etapes de la production du rouleau tressé	19
2. Etapes de la production du rouleau comprimé	20
Chapitre 2 : Contexte et objectif du projet.....	21
I. Problématique et objectifs du projet	21

1. Problématique	21
2. Contexte et objectifs du projet	21
II. Etapes du projet.....	21
Partie 2:	22
Etude AMDEC et Analyse fonctionnelle.....	22
Chapitre 1 : Analyse fonctionnelle.....	23
I. Etude de marquage existant :	23
1. État des lieux : description de marquage manuelle	23
2. Position du problème :	26
II. Analyse fonctionnelle externe:	26
1. Recherche du besoin fonctionnelle	27
1.1. Identifier le besoin (Méthode bête à cornes):.....	27
1.2. Validation du besoin :	27
2. Recherche des fonctions de service :	28
2.1. Diagramme de pieuvre :.....	28
3. Caractérisation et hiérarchisation :	29
3.1. Tri croisé :	29
3.2. Cahier des charges fonctionnel :	30
III. Analyse fonctionnelle interne :	32
1. Diagramme de FAST :	32
2. Description de fonctionnement de la machine et dessin 3D par CATIA:	33
Chapitre 2 : Etude AMDEC de la machine de marquage automatique :	38
I. La préparation et la mise au point des supports de travail :	38
II. Analyse AMDEC :	39
Partie 3 :	41
Conception de notre machine et calcul de Taux d'amortissement.....	41
Chapitre 1 : Calcul et dimensionnement	42
1. System < Encrier + la barre > :	42
2. Les dimensions de vérin compact	43
4. Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant dans les poutres 1 et 2:	44
4.1. Diagramme des efforts tranchants et des moments fléchissant :	45
4.2. Contrainte maximale en cas de flexion :	46
4.3. Calcul de force du 2ème poutre :	47
5. Les dimensions de Vérins sans tige DGC-GF :	47

6. Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant et déformation maximale de supporte :.....	49
6.1. Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant du supporte:	49
6.2. Contraint maximale en cas de flexion :	50
6.3. Calcul de déformation maximale de supporte :.....	51
Chapitre 2 : Dessin de définition.....	52
Chapitre 3 : taux d'amortissement	58
Taux d'amortissement = le coût estimé de notre machine / (.....	58
Web graphie	59
Conclusion	60

Introduction générale

La qualité devient de plus en plus demandée à travers le monde. Elle est d'une nécessité fondamentale pour le développement économique d'une entreprise. En effet, face aux perturbations que subit le monde entier suite à la crise financière actuelle, toute entreprise doit relever une politique qualité afin d'être plus compétitive dans une perspective d'équilibre entre l'offre et la demande.

Cette situation conduit les entreprises industrielles à réaliser des audits qualité et à chercher des solutions basées et orientées sur l'efficacité des machines en adoptant une stratégie favorisant d'avantage le recours aux nouvelles technologies.

Une amélioration significative de qualité passe obligatoirement par une meilleure connaissance et maîtrise de son profil de travail. Toutes ces informations sont exploitées périodiquement ou ponctuellement par les utilisateurs.

Le présent projet de fin d'études entre alors dans ce cadre et a pour objectif d'augmenter la qualité de marquage et par conséquent éviter le marquage manuel dans l'usine PLASTEX. Pour ce faire, notre rapport débutera par une première partie divisée en deux chapitres. Le premier, traitera une présentation détaillée de PLASTEX. Quant au deuxième chapitre, il définira et mettra en contexte le projet en question ainsi que la problématique traitée.

La partie qui suit, sera réservée à l'analyse fonctionnelle et aux fonctions qui doit faire la machine automatique.

La dernière partie, sera réservée au calcul et dimensionnement de la machine et elle est scindée en deux chapitres. Le premier, s'intéresse au calcul de RDM. Quant au deuxième chapitre, il présente le dessin en 2D et CATIA.

Enfin, dans la dernière partie, en estimé le prix de notre machine.

Partie 1 :

Présentation de l'environnement du travail et planification des tâches du projet

Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil

I. Présentation générale de la société PLASTEX

1. La carte d'identification de PLASTEX MAROC

Raison Sociale: PLASTEX MAROC

Forme Juridique : Société Anonyme

Capital Social : 20.000.000,00 dirhams

Siège Social & adresse: Zone Industrielle, lot n° 46, Allée n° 2,
Boîte postale n° 342 90 000 Tanger Maroc

Téléphone : +212 (0)39 35 11 36 / 36 28 89

Fax : +212 (0)39 35 07 02

E- mail : quality@iam.net.ma

2. Activités de PLASTEX MAROC

PLASTEX Maroc est une unité de fabrication de produits de friction :

- Garnitures de friction pour embrayage ;
- Garnitures de friction pour frein à tambour ;
- Matériaux tissés pour l'industrie ;
- Assemblage de mâchoires de frein pour véhicule de tourisme.

PLASTEX Maroc importe et distribue également divers produits comme complément de la gamme citée ci-dessus.

3. Historique

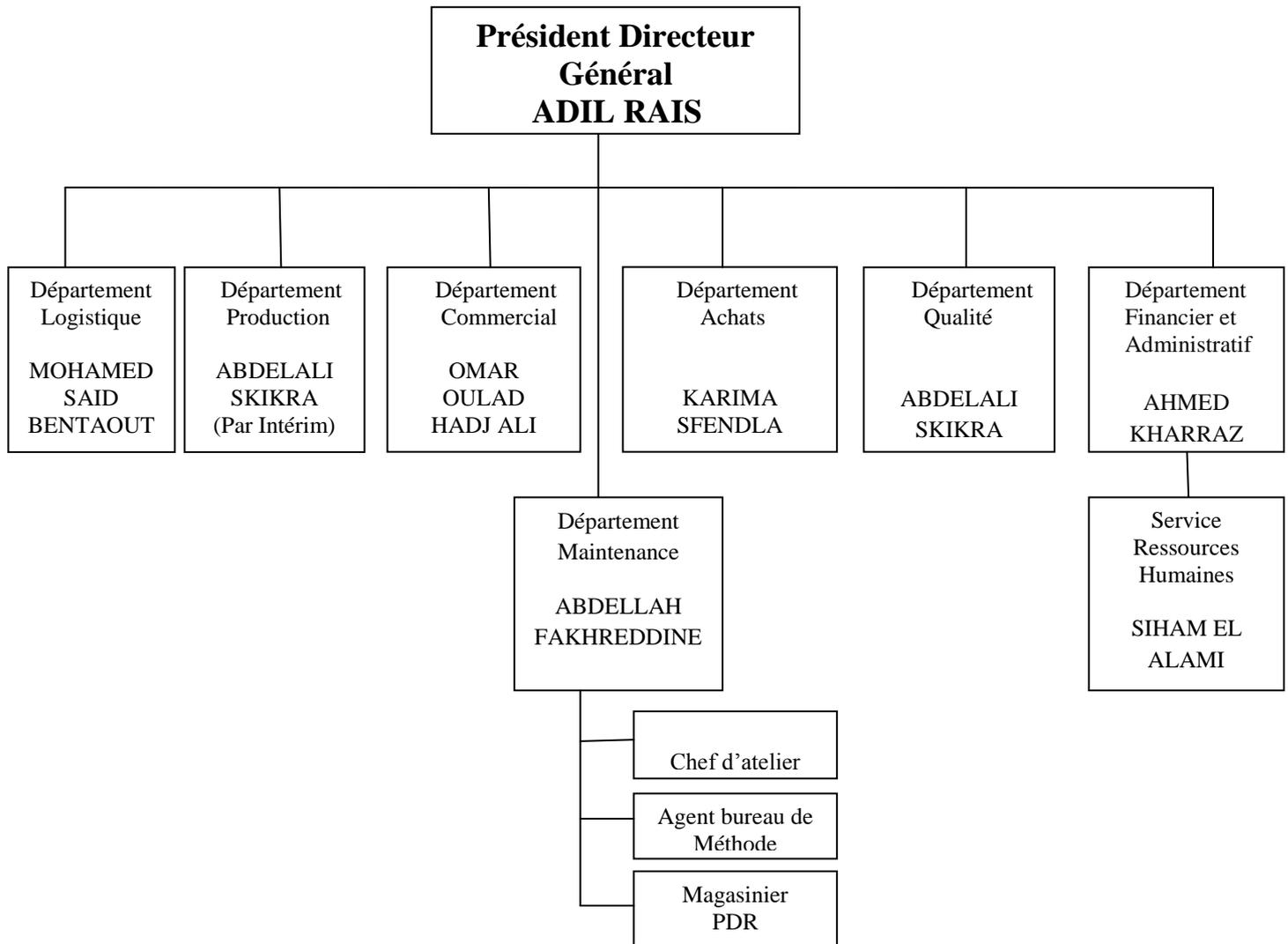
PLASTEX a été créée en 1980. Son activité initiale se limitait à l'usinage et distribution des garnitures de frein pour camion.

Après l'acquisition d'une licence BBA Group en 1990, elle s'est étendue à la fabrication de matériaux de friction pour disques d'embrayage.

PLASTEX a conclu en 1995 un accord de coopération technique et commerciale avec APTECH GmbH pour le développement et la fabrication de garnitures d'embrayage écologiques (sans solvants et sans plomb).

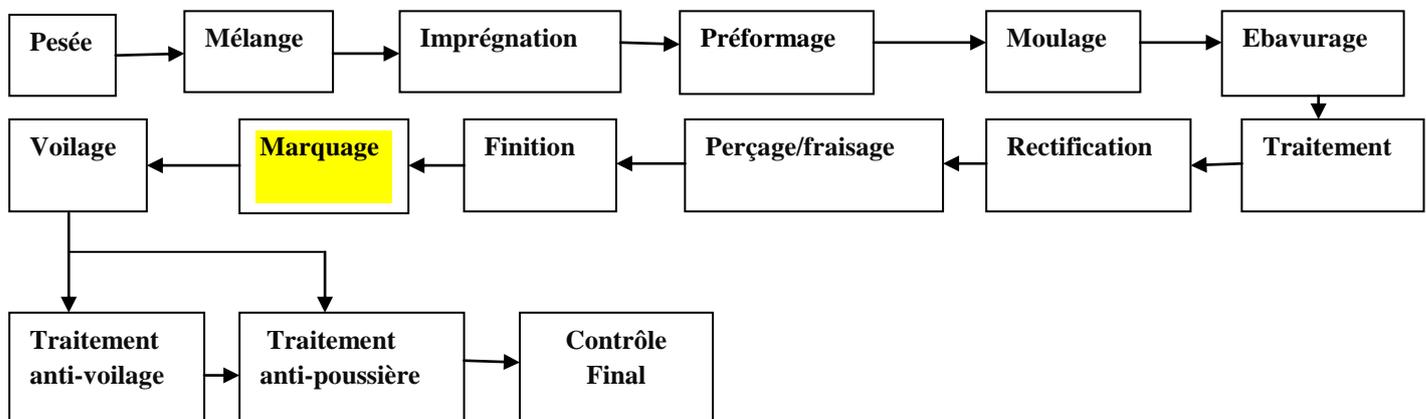
Son activité de production a été étendue en 1999 aux matériaux tissés pour l'industrie, en 2002 aux garnitures de friction sous forme de rouleaux et en 2006 à l'assemblage des mâchoires de frein.

4. Organigramme de la société



II. Production de la garniture d'embrayage

1. Logigramme de la production de la garniture d'embrayage



2. Etapes de la production de la garniture d'embrayage

a. La Pesée

L'étape pesée nécessite de :

- Préparer le chariot de la pesée et le disposer à côté de la balance
- Introduire le numéro du code de chaque matière dans la balance.
- Peser chaque matière en veillant à ce que le poids affiché sur l'écran correspond exactement à la quantité indiquée sur le formulaire.
- Mettre chaque matière pesée dans un emplacement approprié

Entrée



Matières Premières

Sortie



Pesée

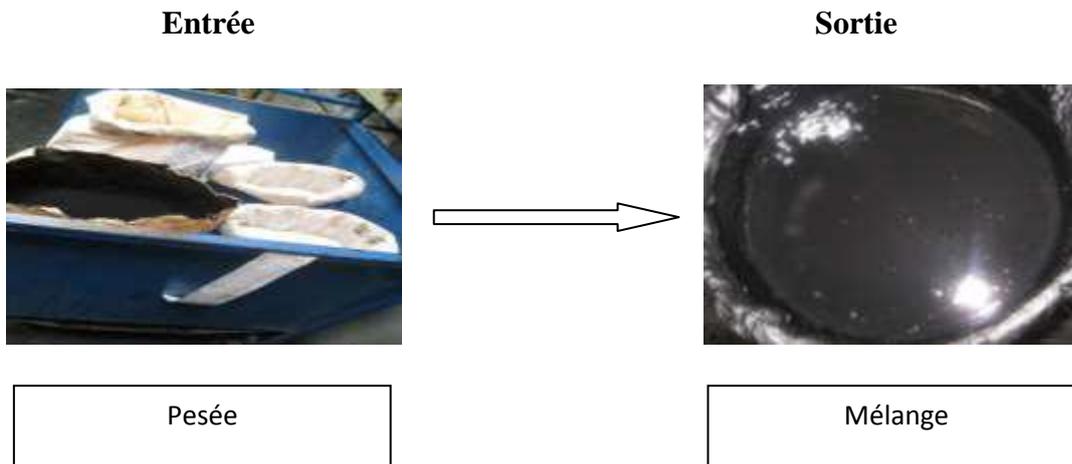


Quantité (kg)		
Code	Quantité	Tolérance
001	41.163	± 0.1
954	10.470	± 0.02
223	27.875	± 0.02
212	44.796	± 0.02

b. Le mélange

Cette étape permet de :

- Disposer les pesées en mettant la date la plus ancienne en premier et la plus récente en dernier (FIFO).
- Mettre dans le mélangeur les matières premières en respectant scrupuleusement l'ordre des matières (mode opératoire) et les vider complètement.



- Respecter le temps de mélange à chaque étape, vérifier le temps du mélange, la viscosité du mélange ainsi que sa température.

c. L'imprégnation

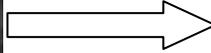
Cette étape consiste à faire passer les brins de fil dans la patte précédemment préparée.

L'ensemble est ensuite canalisé dans la cabine d'imprégnation où il est soumis à une température de 130 °C pour permettre à la patte de bien se former sur le fil. A la sortie le fil imprégné est mis dans un bac pour subir le contrôle visuel permettant de juger son état d'humidité et d'augmenter la température de la cabine s'il est humide.

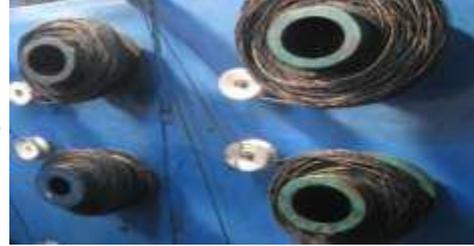
Entrée



Fil et pate



Sortie



Fil imprégné

d. Le préformage

Cette étape est très importante car c'est l'opération de la mise en forme de la rondelle avec des dimensions (diamètre intérieur et extérieur) et un poids correspondant à l'application fabriquée.

Elle s'effectue de la manière suivante : le fil imprégné déroulé dans un Gabarret, au niveau de la machine de préformage, se trouve un décodeur qui permet de décoder le métrage du fil imprégné.

Quand on atteint la valeur donnée l'automate stoppe le déroulement et procède à la coupure du fil. C'est alors que la pipe est soulevée et le cône est mis en rotation autour de son support pour permettre de faire le tissage afin d'obtenir à la fin une rondelle préformée à l'aspect flexible.

Entrée



Fils imprégnés

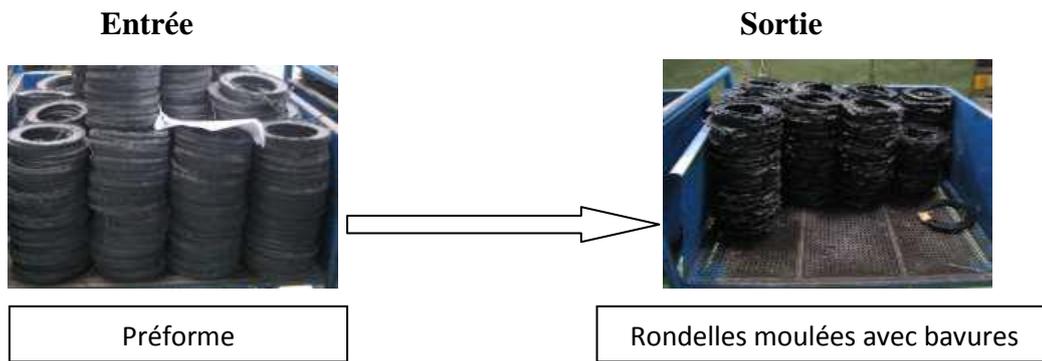


Sortie



Préforme

e. Le moulage



Les préformes sont ensuite placées dans des moules et pressées dans les presses Hydrauliques selon les étapes suivantes :

- Imbiber les matrices du moule avec le démouleur à chaque nouveau cycle avant de charger les préformes, afin d'éviter tout collage de matrice avec la rondelle.



- Vérifier et poser minutieusement les préformes sur les moules puis appuyer sur le bouton départ cycle.



- Vérifier si la pression manométrique indiquée sur le manomètre est bien celle indiquée dans l'instruction ($190 \text{ bar} \leq P \leq 210 \text{ bar}$).



- Vérifier dans chaque cycle s'il y a :



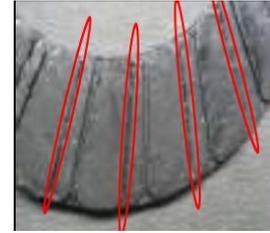
Défaut dégazage



Défaut démouleur



Défaut pression



Défaut rainure

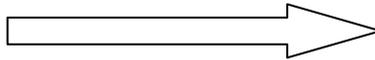
f. L'ébavurage

Cette étape consiste à éliminer les débordements de la matière sur le contour des rondelles

Entrée



Rondelles moulées avec bavures



Sortie



Rondelles moulées sans bavures

g. Traitement thermique

Les rondelles sont placées à l'intérieur d'un four après les avoir empilées dans des outils pour qu'elles restent planes. Le four est programmable suivant des cycles. Ces cycles sont fixés de manière à optimiser la cinétique chimique de ce processus sans dégrader les propriétés de la rondelle.

h. Rectification

On peut diviser cette opération en deux étapes :

- La rectification de face qui consiste à donner à la rondelle les dimensions géométriques de l'application indiquée sur l'ordre de fabrication et aussi les pièces ayant obtenues trop de poids lors du préformage.



Rondelle rectifiée

- La rectification du diamètre qui permet de rectifier les diamètres intérieurs et extérieurs selon la feuille de route.

i. Perçage - Fraisage

Cette étape permet de percer la garniture sous forme de trous et de fraises.

Le numéro des trous et des fraises et leurs dimensions sont réalisés selon la demande du client.



Rondelle percée

j. Traitement anti-voilage

Cette étape a pour but d'éliminer le phénomène de voilage de la rondelle. La réalisation de cette étape se fait de la manière suivante : on introduit les rondelles voilées dans un bain contenant une quantité suffisante de solution (glycérine + eau) pendant 20 minutes, on fait sortir les rondelles du bain pour les serrer d'une bonne manière dans les outils pendant 24 heures.

k. Traitement anti-poussière

Cette étape a pour but d'enlever toute trace de poussière des pièces, c'est pour cela on introduit une quantité de la colle à froid dans un bac contenant d'eau ordinaire et agiter la solution jusqu'à la dissolution totale de la colle, ensuite on introduit une quantité de la rondelle dans le bain, à la fin on fait sortir les rondelles du bain et les laisser sécher à l'air libre.

l. Marquage

Entrée



Rondelle non marquées

Sortie



Rondelles marquées

Cette étape consiste à marquer sur la rondelle le logo, la dimension de la garniture et le code de contrôle en utilisant la peinture.

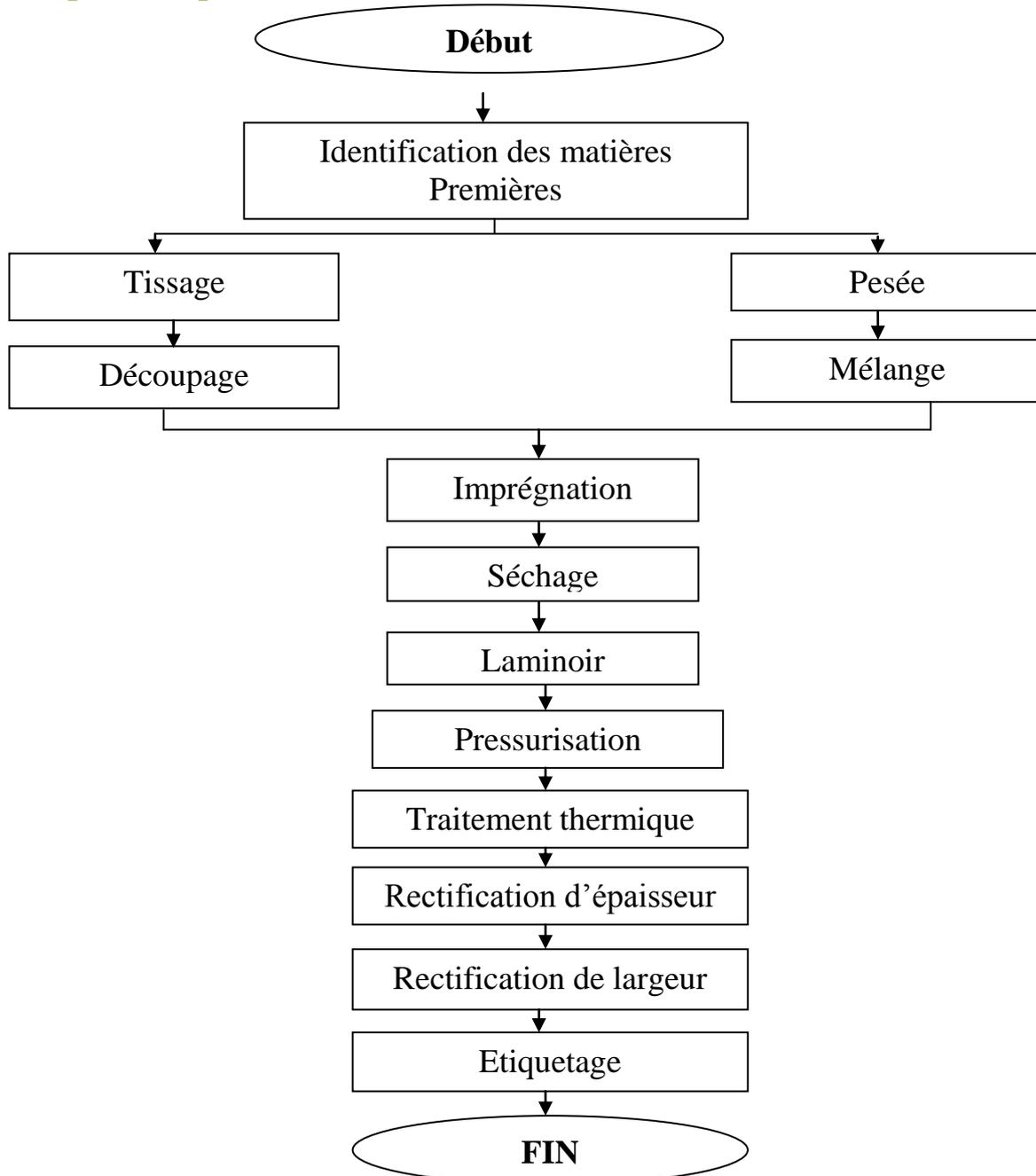
m. Contrôle final

L'étape du contrôle est très nécessaire et importante, le contrôleur fait le contrôle du diamètre intérieur et extérieur, de la face, des trous de perçage, du parallélisme, de la rainure et sépare les rondelles conformes à celles non conformes.

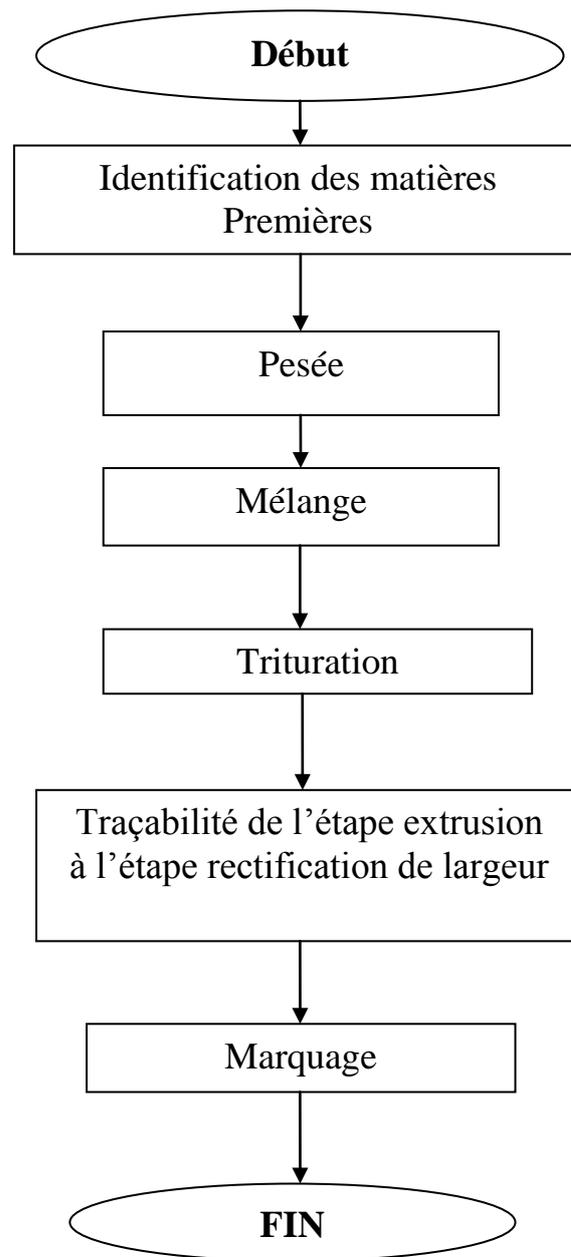
III. Etapes de la production du rouleau tressé et du rouleau comprimé

En plus de son activité principale qui est la fabrication de la garniture d'embrayage, PLASTEX fabrique aussi des garnitures de frein tressé et de frein comprimé.

1. Etapes de la production du rouleau tressé



2. Etapes de la production du rouleau comprimé



Chapitre 2 : Contexte et objectif du projet

Introduction

Nous avons présenté dans le chapitre précédent l'organisme d'accueil et son activité, maintenant on va présenter la problématique soulevée, les objectifs du projet et les étapes à suivre afin de les atteindre

I. Problématique et objectifs du projet

1. Problématique

PLASTEX assurait depuis des années l'usinage et la distribution des garnitures de frein Pour camion, puis son activité s'est étendue à la fabrication des garnitures d'embrayage, des matériaux tissés pour l'industrie et des garnitures de friction sous forme de rouleaux.

En tant qu'un acteur majeur dans la fabrication de matériaux de friction, PLASTEX trace une stratégie sur le long terme avec comme objectifs d'être à la pointe de la technologie et de répondre aux attentes du marché avec des produits de qualité. Dans cette perspective, elle veille à améliorer les processus de fabrication et la performance des produits. Ainsi, garantir le compromis entre une bonne maîtrise des pertes et une gestion de l'énergie, s'avère-il la clé d'une meilleure productivité ?

2. Contexte et objectifs du projet

Afin d'assurer ce compromis, PLASTEX nous a suggéré un projet industriel dans son département maintenance et qui s'intitule : « **conception et réalisation d'une machine de tampographie automatique** » ce projet a pour objectif d'éviter le marquage manuelle pour aider l'entreprise d'augmenter la qualité de marquage et diminuer son coût.

II. Etapes du projet

Pour réaliser les objectifs fixés de ce projet, nous avons adopté les étapes suivantes :

- ✓ Analyse fonctionnelle.
- ✓ Etude AMDEC de conception.
- ✓ Etude technique des fonctions
- ✓ Calcul de RDM et dimensionnement.
- ✓ Conception de notre machine.
- ✓ Calcul du taux d'amortissement.

Partie 2:

Etude AMDEC et Analyse fonctionnelle

Chapitre 1 : Analyse fonctionnelle

I. Etude de marquage existant :

1. État des lieux : description de marquage manuelle

Cette opération consiste à marquer pour toutes les rondelles sa dimension « le diamètre intérieur, le diamètre extérieur et l'épaisseur », et le nom de la société « PLASTEX », la référence de client et la référence de commande. L'opérateur utilise un tampon spécial qui nous donne la possibilité de marquer n'importe quelle référence à partir de mettre ou enlever des caractères et des chiffres. Et ils utilisent une peinture spécifique « ELEXOPLAST » de référence blanc 5232/c mélange avec diluant cellulosique v18.

L'opérateur met la peinture sur une éponge pour diminuer la quantité portée par le tampon pour que les informations soient marquées clairement.

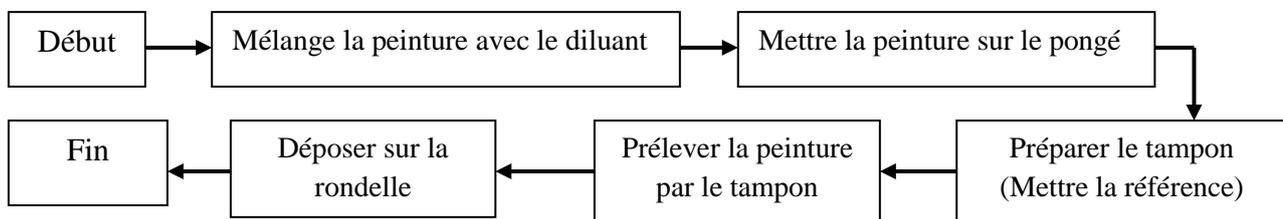


Figure 1: Tasse de peinture



Figure 2: L'éponge utilisée pour diminuer la quantité de peinture transportée



Figure 3 : les chiffres et les caractères



Figure 4 : Tampon

Tampon (la possibilité de mettre ou enlever les chiffres et les caractères)



Figure 5 : L'opérateur marque les pièces

2. Position du problème :

Cette méthode de marquage « manuelle » a beaucoup d'inconvénients :

- embauche de plusieurs opérateurs.
- perte de temps.
- faible quantité.
- perte de peintures.
- mauvaise qualité de marquage.

Pour cela la société <<PLASTEX>> s'est lancée dans la conception d'une machine automatique de tampographie, cette machine permettrait de diminuer le nombre des opérateurs et d'augmenter la qualité de marquage.

II. Analyse fonctionnelle externe:

L'analyse fonctionnelle du besoin est une démarche qui consiste à analyser un produit d'une manière systémique en l'examinant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur afin de porter une attention particulière aux interactions entre ses différents éléments de l'environnement.

Une analyse fonctionnelle progresse suivant trois phases :

Phase 1 : recherche du besoin fonctionnelle. L'outil de recherche est appelé « BÊTE à CORNES ».

Phase2 : recherche des fonctions de service : Son principe consiste à étudier le produit pour découvrir et dresser la liste de tous les éléments du milieu extérieur en contact avec ce produit. Pour cela on utilise l'outil «Pieuvre».

Phase3 : caractérisation et hiérarchisation :

❖ Caractérisation :

- ✓ Mettre en évidence la performance que devra atteindre le produit.
- ✓ Pour chaque fonction de service rechercher les critères d'appréciation.
- ✓ Pour chaque critère d'appréciation préciser le niveau de flexibilité.

❖ Hiérarchisation :

- ✓ Jugement sur la fonction de service accordée par l'utilisateur.

1. Recherche du besoin fonctionnelle

1.1. Identifier le besoin (Méthode bête à cornes):

Pour identifier le besoin, on va utiliser la méthode de bête à cornes, cette méthode repose sur trois questions :
sur quoi le produit agit-il ?

A qui le produit rend-il service ?

Dans quel but ?

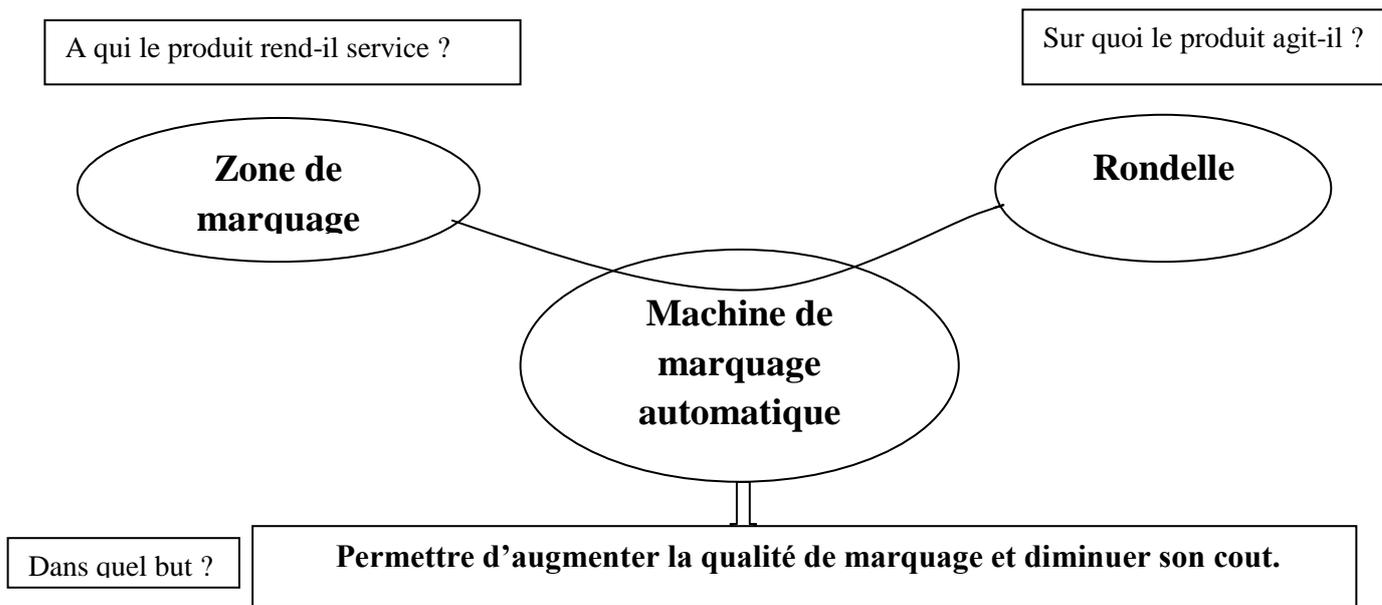
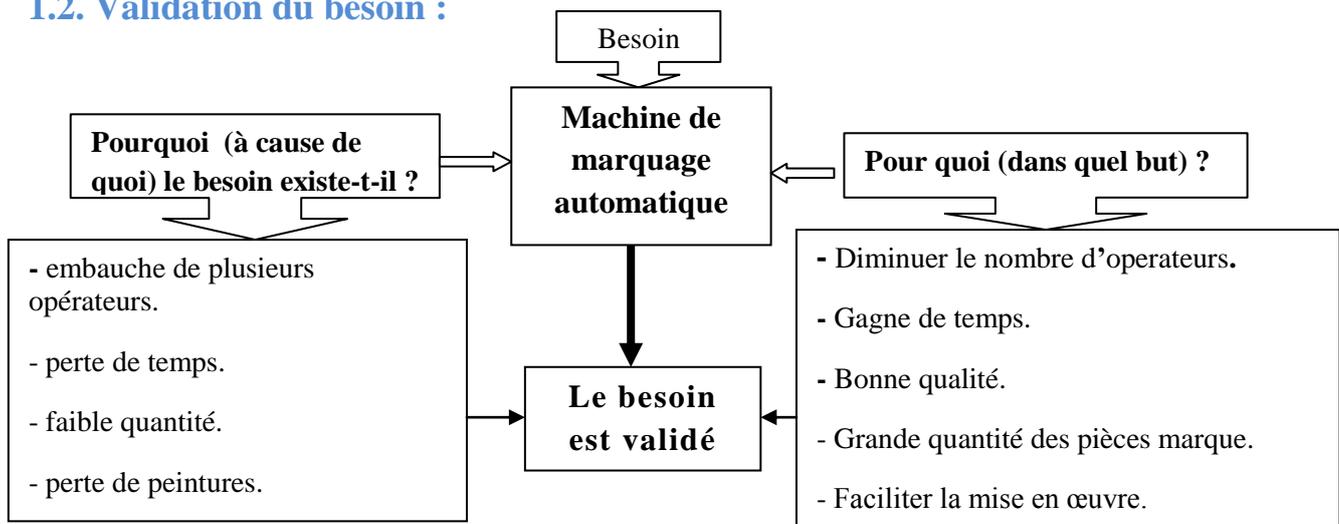


Figure 5: Diagramme de bête à cornes

1.2. Validation du besoin :



2. Recherche des fonctions de service :

Il s'agit donc d'imaginer le produit en situation d'utilisation dans un milieu environnement.

Cette méthode consiste à étudier le produit pour découvrir et dresser la liste de tous les éléments du milieu extérieur en contact avec ce produit. Pour cela on utilise l'outil «Pieuvre».

Ces milieux extérieurs sont :

- Zone de marquage.
- La rondelle.
- Réglage.
- Milieu environnement.
- Machine de perçage.
- Service de production.
- Convoyeur.
- Service maintenance.

2.1. Diagramme de pieuvre :

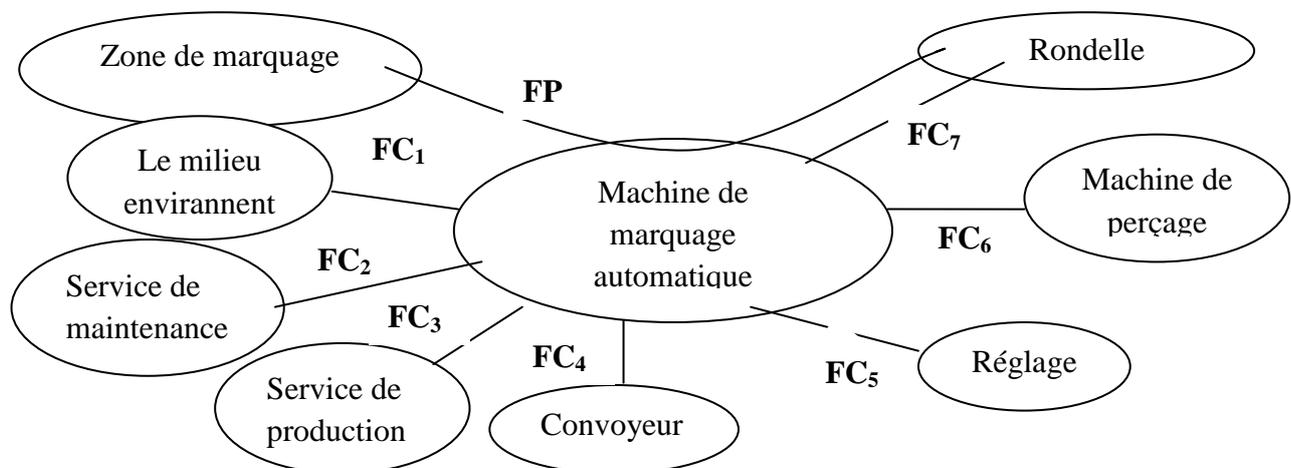


Figure 6: diagramme de pieuvre

FP : fonction principale.

FC : fonction complémentaire.

FP : marquer la rondelle.

FC₁ : respecter le milieu environnant.

FC₂ : être facile à maintenir.

FC₃ : s'adapter à la cadence de production.

FC₄ : s'adapter au convoyeur.

FC₅ : devra utile pour toutes les dimensions des rondelles.

FC₆ : s'adapter avec la machine de perçage.

FC₇ : marquer la rondelle sans la déformer.

3. Caractérisation et hiérarchisation :

3.1. Tri croisé :

A fin de déterminer les fonctions de service il faut les ordonner par ordre d'importance par méthode **tri croisé**, le principe de cette méthode est de choisir un barème de note en ayant comparé les fonctions deux à deux.

	FC ₁	FC ₂	FC ₃	FC ₄	FC ₅	FC ₆	FC ₇	Total	%
FP	FP/3	FP/2	FP/2	FP/2	FP/1	FP/2	FP/1	13	32,5
	FC ₁	FC ₂ /2	FC ₃ /2	FC ₄ /1	FC ₅ /2	FC ₆ /1	FC ₇ /1	0	0
		FC ₂	FC ₂ /1	FC ₂ /1	FC ₅ /2	FC ₆ /1	FC ₇ /1	4	10
			FC ₃	FC ₃ /1	FC ₅ /1	FC ₃ /1	FC ₇ /1	4	10
				FC ₄	FC ₅ /2	FC ₄ /1	FC ₇ /1	2	5
					FC ₅	FC ₅ /2	FC ₅ /1	10	25
						FC ₆	FC ₇ /1	2	5
							FC ₇	5	12,5
								40	100

Tableau 1 : Tri croisé

1 = égale ou légèrement supérieur.

2 = supérieur.

3 = très supérieur.

Alors notre cahier de charge comme la suit :

- 1) Marquer la rondelle.
- 2) La machine devra utile pour toutes les dimensions des rondelles.
- 3) marquer la rondelle sans la déformer.
- 4) être facile à maintenir.

- 4) s'adapter à la cadence de production.
- 5) s'adapter au convoyeur.
- 5) adapte avec la machine de perçage.
- 6) respecter le milieu environnant.

3.2. Cahier des charges fonctionnel :

Le cahier de charges fonctionnel (CDCF) est le document de synthèse présentant ces données pour une conception optimale du produit.

N°	Désignation des fonctions	K	Critères	Niveaux	Flexibilité	F	Taux d'échange
	À quoi sert ce produit ? Quelles sont les contraintes à respecter ?	Poids relatif de chaque fonction	Quels sont les critères qui nous permettront de juger de l'atteinte, ou non, de la fonction ?	Quel est le niveau idéal que devrait atteindre ce critère ?	Quelles sont les limites, à l'intérieur desquelles le critère sera satisfait, pour permettre la réalisation de la fonction ?	Sur quels critères sommes-nous prêts à accepter des changements ?	Quelle valeur de critère serions-nous prêts à échanger contre quelle autre valeur de critère ?

Tableau 2: Questions du cahier des charges fonctionnel

Facteur K	Importance
1	Utile
2	Nécessaire
3	Importante
4	Très Importante
5	Vitale

Tableau 3: Facteur K, poids relatif des fonctions entre elles

Classes de flexibilité	Flexibilité	Niveaux de négociation
F0	Nulle	Impératif
F1	Faible	Peu négociable
F2	Bonne	Négociable
F3	Forte	Très négociable

Tableau 4: Classes de flexibilité et niveaux de négociation possibles

Cahier des charges fonctionnelles :

N°	Désignation des fonctions	K	Critères	Niveaux	Flexibilité	F	Taux d'échange
1	Marquer la rondelle	5	Temps. Les références imprimées.	5 secondes lisibles	± 1 secondes	1 0	
2	Respecter l'environnement	1	Bruit	60 dB	± 6 dB	1	
3	Etre facile à maintenir	3	MTBF System de fonctionnement	6000 h simple	± 500 h	2	
4	S'adapter à la cadence de production	3	Le nombre des rondelles marquées par jour	11000 pièces	± 5 %	1	
5	S'adapter au convoyeur	2	Hauteur de support de la machine	1,17 m	± 0,01 m	2	
6	La machine devra être utile pour toutes les dimensions	4	Zone de référence imprimée	0,08*0,05 Placer entre le diamètre intérieur et extérieur	± 0,001 ± 0,001	0	
7	Adaptation à la machine de perçage	2	Forme	La conception de la forme de notre machine doit considérer que c'est dernier sera lié à la machine de perçage		0	
			Temps	L'automate de notre machine doit considérer le temps de perçage		0	
8	Marquer la rondelle sans la déformer	4	Dimension de la rondelle	Aucune influence sur la dimension		0	

Tableau 5: Cahier des charges fonctionnelles

III. Analyse fonctionnelle interne :

1. Diagramme de FAST :

➤ Définition :

C'est une méthode américaine (utilisée en Allemagne et en France) signifiant « Functional Analyse System Technique » qui peut se traduire par : « Technique d'analyse fonctionnelle systématique ».

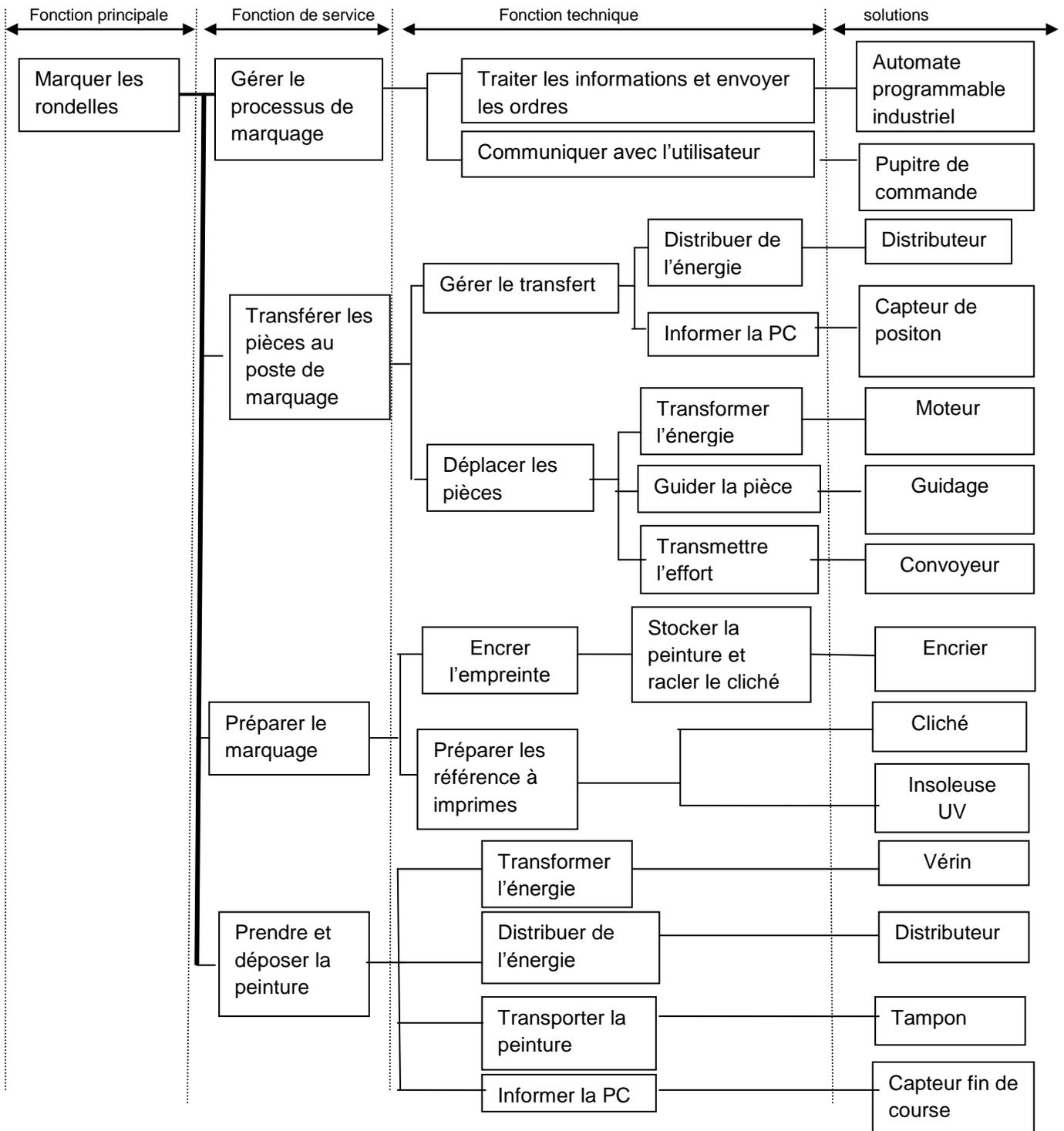


Figure 7: Diagramme de FAST

Un diagramme FAST permet d'établir le lien entre le besoin fondamental et l'architecture d'un produit en passant par les fonctions de service (extérieures au produit) et les fonctions techniques (interne au produit). Lorsque les fonctions de services sont identifiées, la méthode FAST les ordonne et les décompose suivant une logique fonctionnelle pour aboutir aux solutions techniques de réalisation. Cet outil d'analyse vise particulièrement l'analyse fonctionnelle d'un produit existant. Les fonctions connues sont écrites dans des rectangles ou boîtes (vignettes rectangulaires FAST).

2. Description de fonctionnement de la machine et dessin 3D par CATIA:

Le fonctionnement de notre machine sera basé sur trois étapes :

1^{er} étape : Préparer le marquage

- ✓ Cette étape consiste à préparer les références imprimées sur les clichés à l'aide de la machine INSOLEUSE UV



Figure 8 : INSOLEUSE UV



Figure 9 : CLICHE



Figure 10 : HARDNERE

Et aussi d'Encreur l'empreinte : mettre la peinture à la ENCRIER



Figure 11: Peinture « ELEXOPLAST »



Figure 12: Encrier

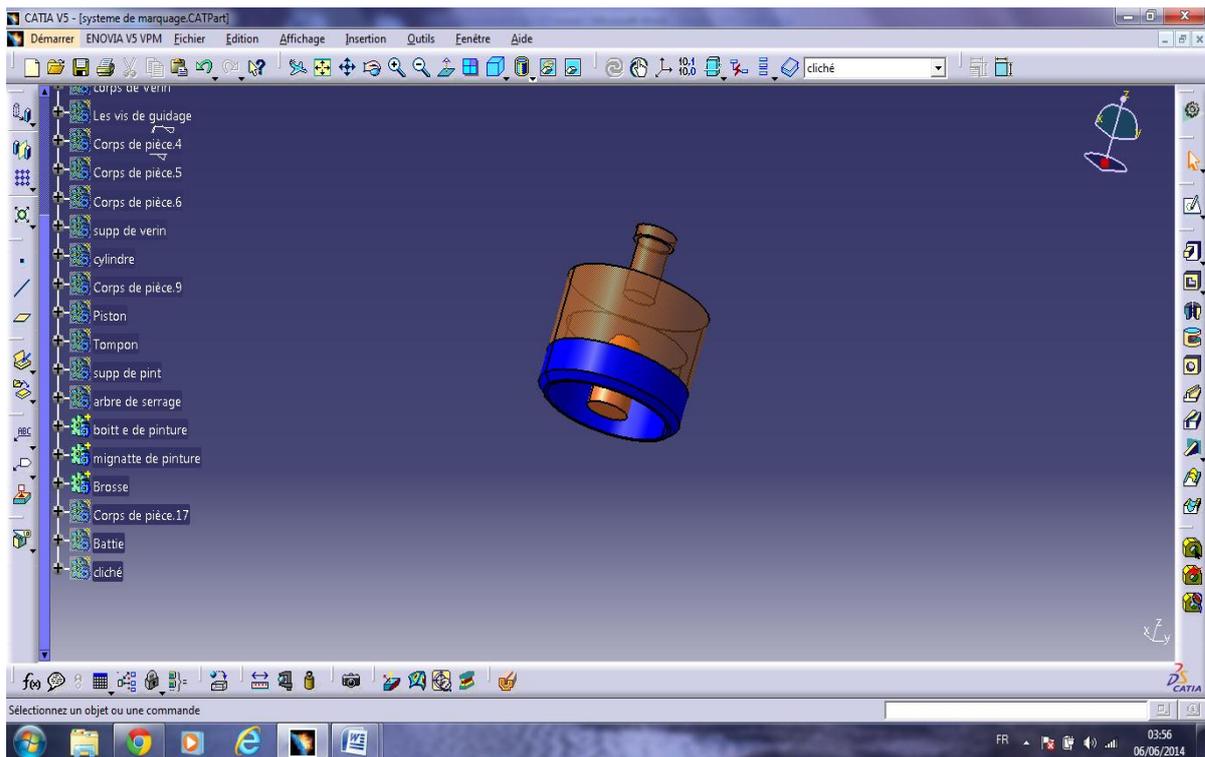


Figure 13 : Le dessin de racleur de peinture avec CATIA

2ème étape : Transférer les pièces au poste de marquage.

Cette étape consiste à déplacer la rondelle vers la position de marquage a travers d'un convoyeur.

Et on va utiliser un Guidage « barre » pour bien positionner la rondelle parce qu'il y a des rondelles des différentes dimensions.

Et pour détecter que la rondelle est arrivé a la position souhaitable on utilise un capteur capacitif.



Figure 14 : Capteur capacitif

3^{ème} étape : Prendre et déposer la peinture.

Pour cette opération on a besoin d'un vérin sans tige pour déplacer notre système « tampon + encrier » horizontalement. Cette opération permettant de déplacer le tampon entre la position de prendre la peinture et de marquer la rondelle et pour racler la peinture.

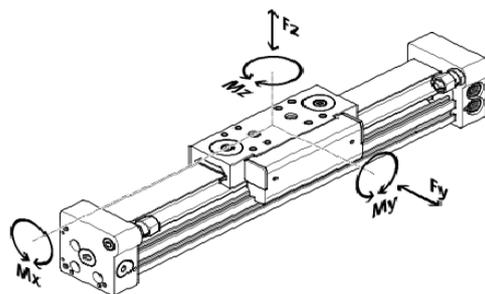


Figure 15 : Vérin sans tige type DGC-GF

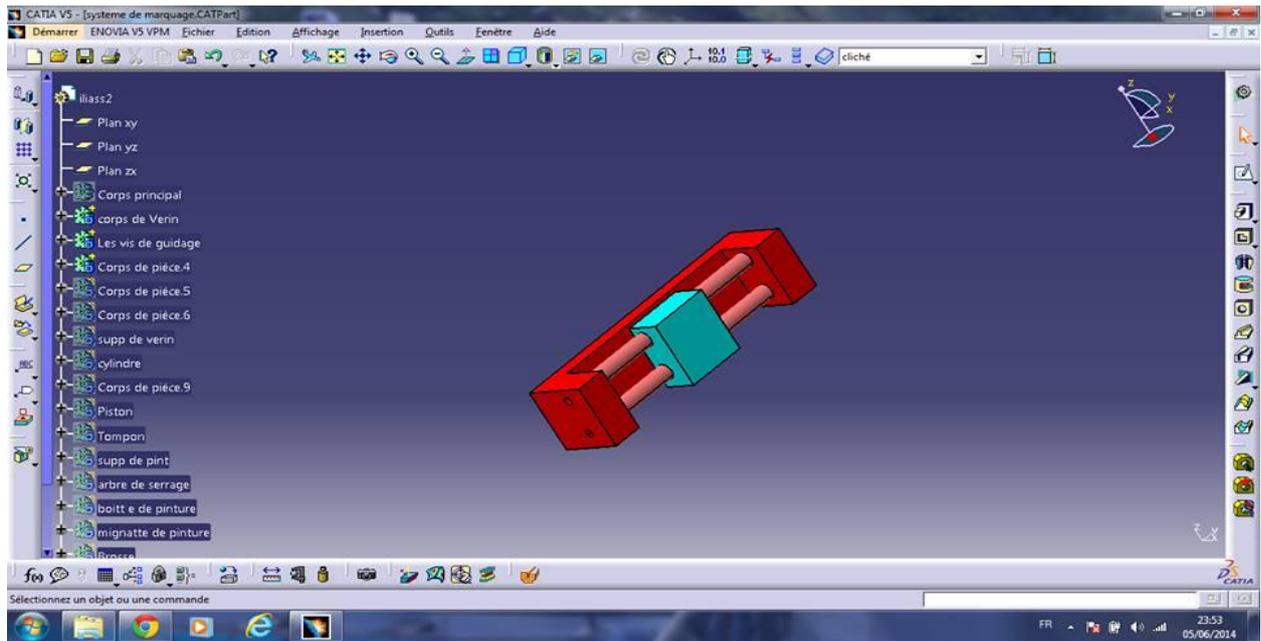


Figure 16 : Dessin de vérin sans tige type DGC-GF sur CATIA

Et on a besoin d'un vérin verticale « vérin avec tige double effet compact » permet le tampon de prendre et de déposer la peinture.



Figure 17 : Tampon



Figure 18 : Vérin avec tige double effet

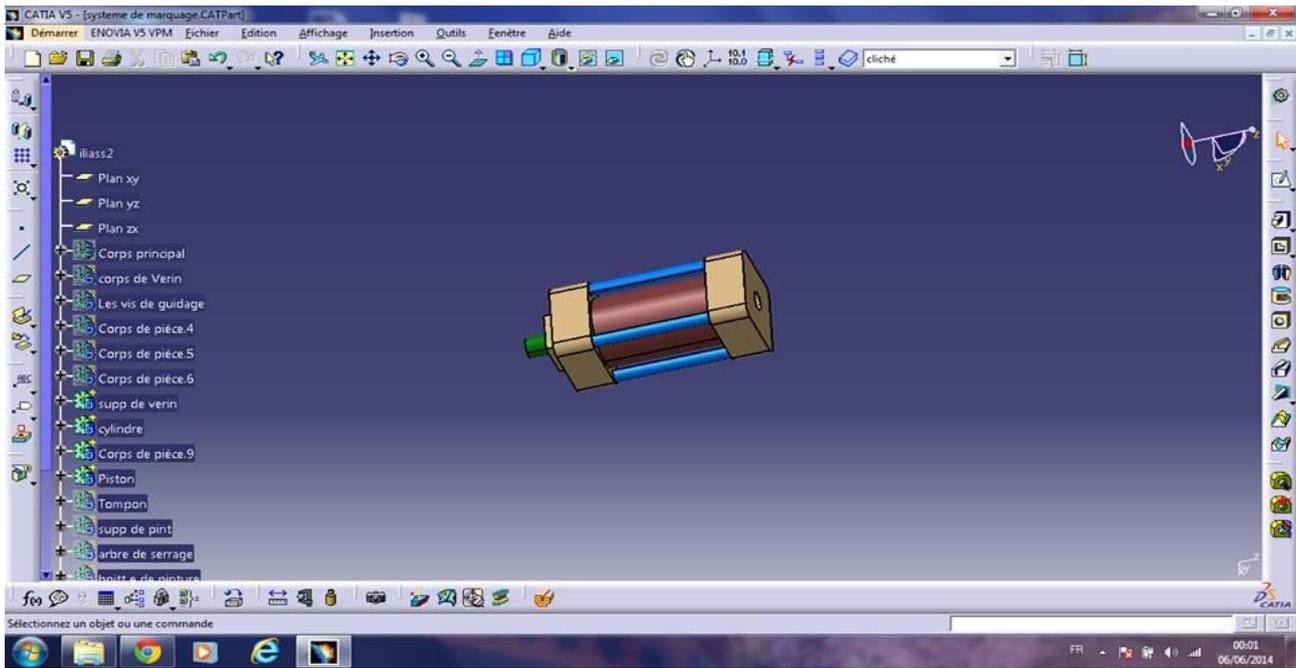


Figure 19 : Dessin de vérin avec tige double effet sur CATIA

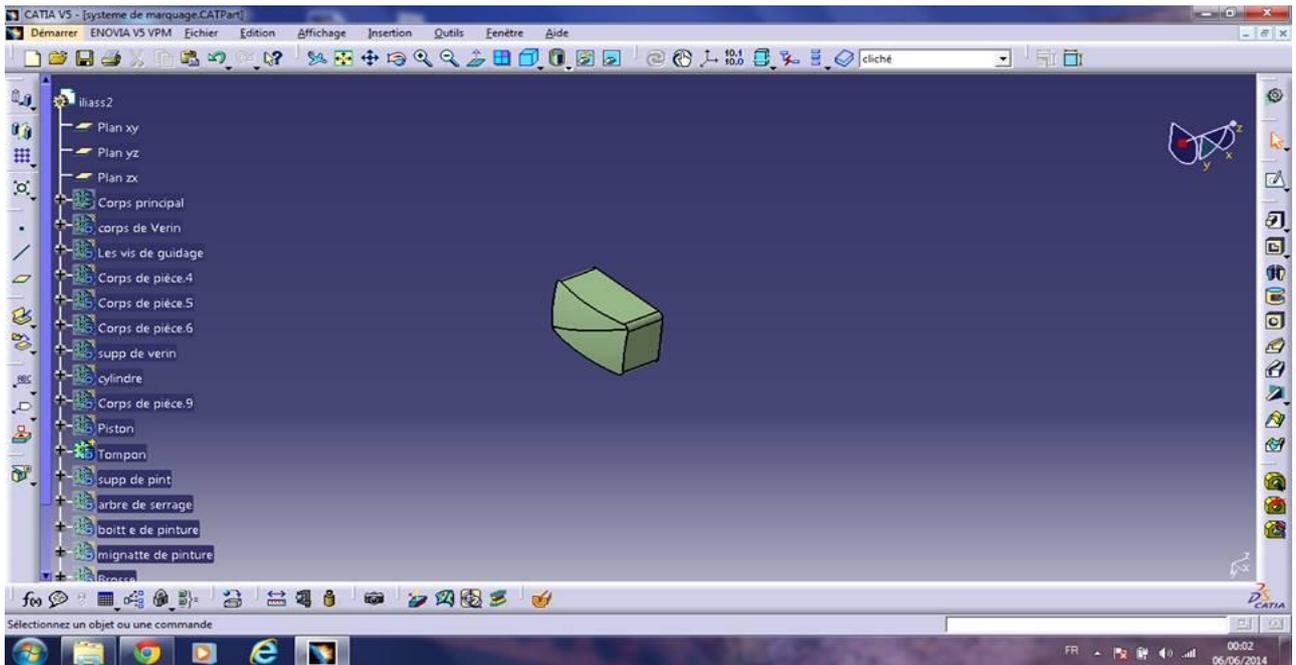


Figure 20 : Dessin de tampon sur CATIA

Le dessin en 3D de notre machine :

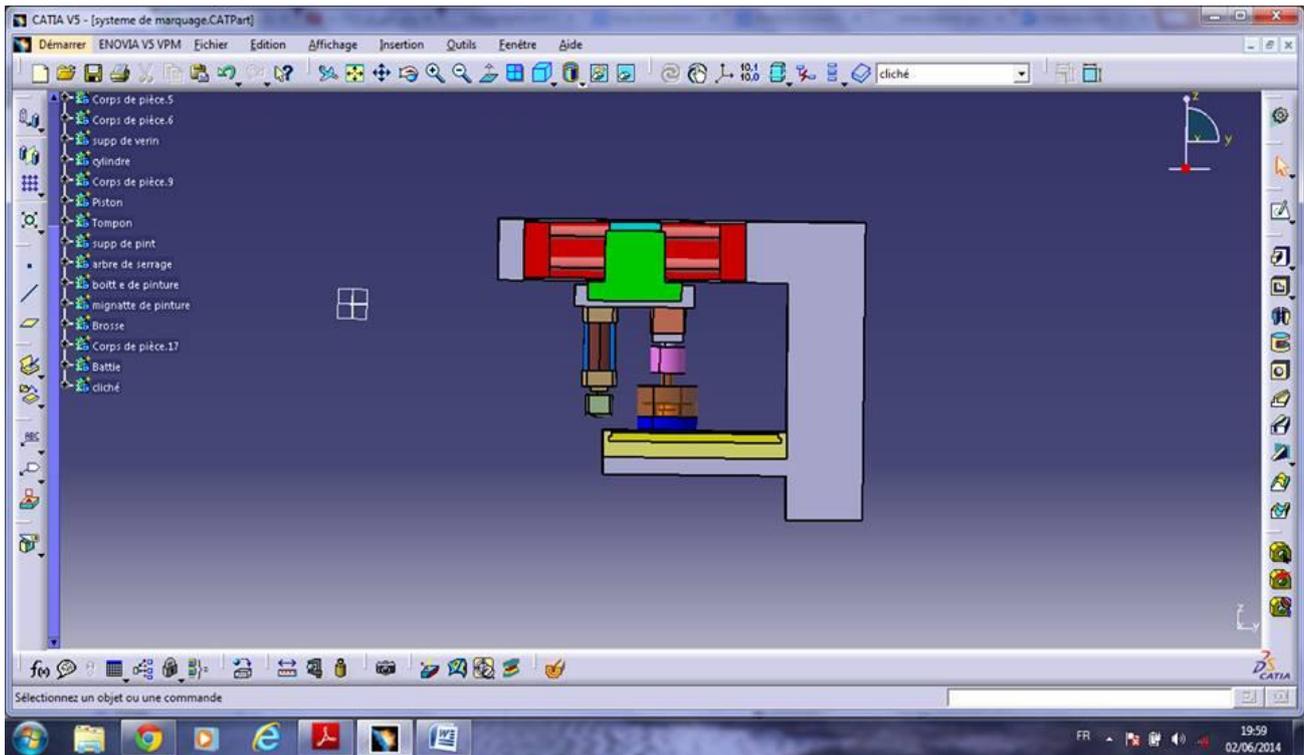


Figure 21 : Dessin de la machine de marquage sur CATIA

Chapitre 2 : Etude AMDEC de la machine de marquage automatique :

I. La préparation et la mise au point des supports de travail :

Le barème d'évaluation de la fréquence

F	Indice fréquence d'apparition de la défaillance
1	Défaillance pratiquement inexistante La fréquence du défaut est supérieure à un an.
2	Défaillance rarement apparue sur ce matériel ou sur matériel similaire existant en exploitation. La fréquence du défaut est comprise entre trois mois et un an.
3	Défaillance occasionnellement apparue sur ce matériel ou sur du matériel similaire existant en exploitation. La fréquence du défaut est comprise entre un mois et trois mois.
4	Défaillance fréquemment apparue sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation. La fréquence du défaut est inférieure à un mois.

Le barème d'évaluation de la gravité

G	Indice gravité de la défaillance
1	Défaillance mineure, aucune dégradation notable du matériel. Temps d'intervention inférieur à 30 min.
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée. Temps d'intervention compris entre 30 min et 2h.
3	Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée. Temps d'intervention compris entre 2h et 6h.
4	Défaillance catastrophique nécessitant une grande intervention. Temps d'intervention supérieur à 6h.
5	Qualité: Défaillance entraînant la non-conformité du produit
6	Sécurité. Accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention.

Le barème d'évaluation de la détection

D	Indice de non-détection de la défaillance
1	Signe avant-coureur de la défaillance. L'opérateur pourra éviter celle-ci par une action préventive. La détection est totale.
2	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque qu'il ne soit pas perçu par l'opérateur. La détection est exploitable.
3	Le signe avant-coureur de la défaillance n'est pas facilement décelable. La détection est faible.
4	Il n'existe aucun signe avant-coureur de la défaillance. Il s'agit du cas sans détection.

II. Analyse AMDEC :

AMDEC produit est un outil qui permet de déterminer les causes au niveau de conception qui peuvent cesser le fonctionnement de notre machine. En étudiant les modes de défaillances des éléments de système. Le tableau suivant présente étude AMDEC de notre système

La criticité $C=G \cdot F \cdot D$

Le seuil de criticité a été fixé à 25 % de la criticité maximale. Les organes les plus critiques sont ceux ayant une criticité au-delà de 10.

Les organes les plus critiques sont :

- vérins
- capteur

Voir tableau page suivant :

	AMDEC Conception									
Fournisseur Système : Machine de marquage Partie :	Rédacteurs : FAKIR & EL MRABTI Service : Maintenance Date : 27/05/2014 Réf :1/1									
Matériel ou sous-ensemble	Fonctions	Mode de défaillance	Causes	Effet	G	F	D	C	Détection	Action
Distributeurs Electropneumatiques	Distribuer L'énergie	Le distributeur ne bascule pas quand il est commandé	Bobine grillée	Cycle bloqué	1	2	3	6	Alarme automate	
			Mauvaise connexion		1	2	3	6	Alarme automate	
			Tiroir bloqué		1	1	3	3	Alarme automate	
Vérins (vertical et horizontal)	Déplacer le système	Le vérin ne bouge pas ou très lentement	Vérin grippé	Cycle ralenti	2	2	4	16	Visuel	Contrôle périodique
			Vérin usé (perte d'étanchéité)		2	2	4	16	Visuel	Contrôle périodique
Capteurs	Détecer la position de rondelle	Non détection de la position	Mauvais réglage	Cycle bloqué Marche dégradée	1	3	2	6	Alarme automate	
			Capteur grillé		1	3	2	6	Alarme automate	
			Mauvaise connexion		1	1	2	2	Alarme automate	
		Détection permanente	Capteur en court-circuit	3	2	4	24	Visuel	Contrôle par automate	
Moteur	Tourner le convoyeur	Détérioration des enroulements	Court-circuit Surcharge	Arrêt le convoyeur	2	1	3	6	Visuel	
		Blocage du rotor	Détérioration des roulements							
Tampon	Marquer les rondelles	Usure la surface de tampon	La cumulation de peinture	Mauvais marquer	5	1	1	5	Visuel	Contrôle périodique

Tableau 6: Etude AMDEC de la machine de marquage

Partie 3 :

**Conception de notre machine et calcul de Taux
d'amortissement**

Chapitre 1 : Calcul et dimensionnement

1. System < Encrier + la barre > :

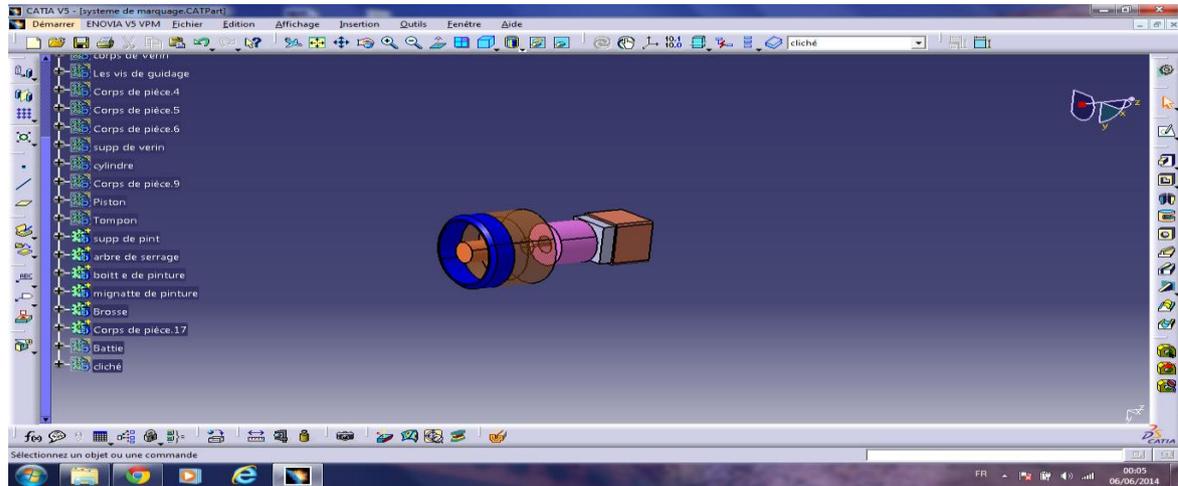


Figure 22 : Dessin de l'encrier et la barre de fixation avec CATIA

system	Encrier	Barre
Type de matériaux	-----	Acier inox
Volume (m ³)	3,17*10 ⁻⁴	1,2*10 ⁻⁴
Hauteur (mm)	50	170
Diamètre (mm)	90	30
Masse volumique (kg/m ³)	-----	7850
Masse (kg)	0,7	0,94

Tableau 7 : dimension de l'encrier et de la barre

p = la force de gravite

$$P = m * g \Rightarrow P = 0,7 * 9,81$$

m = la masse de l'encrier

$$P = 6,86 \text{ N}$$

Donc la contrainte normale :

$$\sigma = P/S \longrightarrow \sigma = P/(\pi * r^2)$$

S = la section de la surface

r = rayon de la barre

$$\sigma = 6,86 / (\pi * (0,015)^2) \longrightarrow \sigma = 9,9 * 10^{-3} \text{ Mpa}$$

Conditions de résistance pour un élément en tension :

$$\sigma_{\max} \leq R_e / FS$$

Avec

R_e limite élastique = 200 Mpa pour l'acier inox.

FS le facteur de sécurité = 2.

$$\sigma_{\max} \leq 200/2 \longrightarrow \sigma_{\max} \leq 100 \text{ Mpa}$$

On a $\sigma = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ Mpa} \lll 100 \text{ Mpa}$

Donc notre matériau va résister.

2. Les dimensions de vérin compact:



Caractéristique de vérin compact avec tige de piston	
Masse	1,5 kg
Course	60 mm
Langueur	80 mm
Largeur	40 mm
Hauteur	40 mm
Diamètre de piston	18 mm
Mode de fonctionnement	Double effet
Amortissement	PPV
Type de fixation	Par taraudage
Pression de service	1 12 bar
Poussée théorique sous 6 bar	
Accessoires	System de guidage

Tableau 8 : dimensions de vérin compact

PPV : amortissement pneumatique réglable de deux coutes.

3. Les dimensions de tampon :

	Tampon
Masse (kg)	0,25
Langueur	80
Largeur	50
Hauteur	70

Tableau 9 : dimensions de tampon

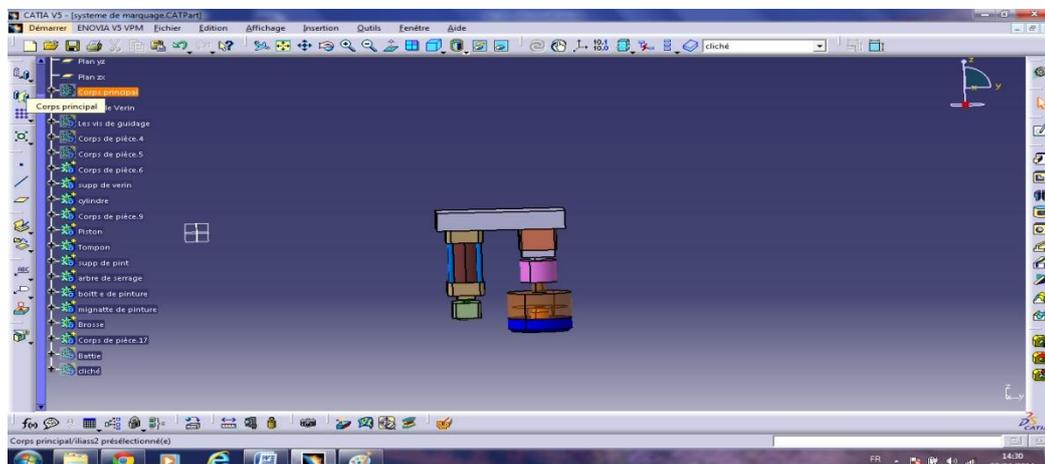


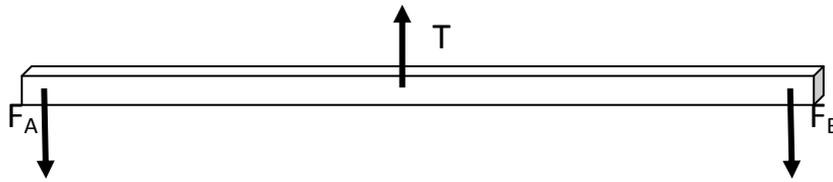
4. Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant dans les poutres 1 et 2:

	Poutre 1	Poutre 2
Langueur (mm)	240	100
Largeur (mm)	60	20
Hauteur (mm)	20	40
Type de matériaux	Acier inox	Acier inox
Masse volumique (kg/m ³)	7850	7850
Volume (m ³)	2,88 *10 ⁻⁴	8*10 ⁻⁵
Masse (kg)	2,26	0,63

Tableau 10: dimensions des poutres

Poutre 1 :





$$F_B = (M_{tasse} + M_{barre}) * g \longrightarrow F_B = (0,7 + 0,94) * 9,81$$

$$F_B = 16,4 \text{ N}$$

$$F_A = (M_{tampon} + M_{vérin} + M_{fixation}) * g \longrightarrow F_A = (0,25 + 1,5 + 0,25) * 9,81$$

$$F_A = 20 \text{ N}$$

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \longleftarrow \vec{T} + \vec{F}_A + \vec{F}_B = \vec{0}$$

$$T = F_A + F_B = 36,4 \text{ N}$$

4.1. Diagramme des efforts tranchants et des moments fléchissant :

DCL₁ : $V = F_A = 20 \text{ N}$ et $M_A = -20 * x$
 DCL₂ : $V = F_A - T = 16,4 \text{ N}$ et $M_B = 16,4 * x - 4,368$

X(m)	0	0,12	0,24
V(N)	20	0	-16,4
M(N.m)	0	-2,4	-0,432

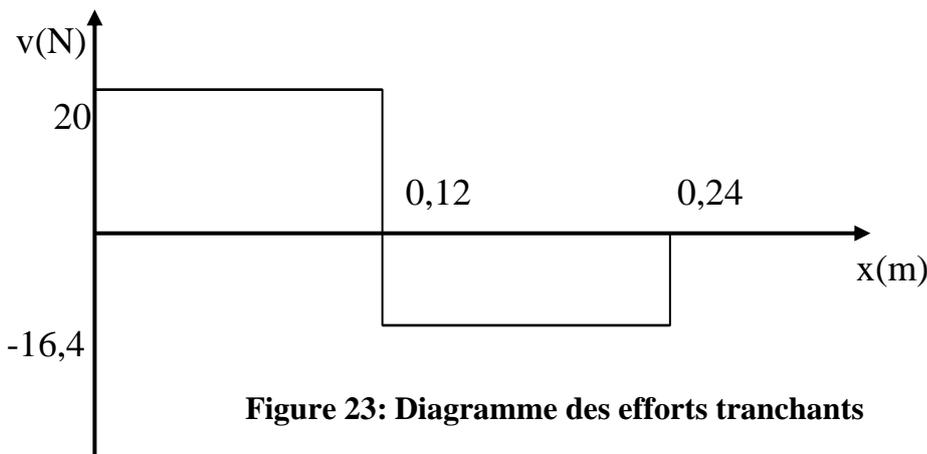


Figure 23: Diagramme des efforts tranchants

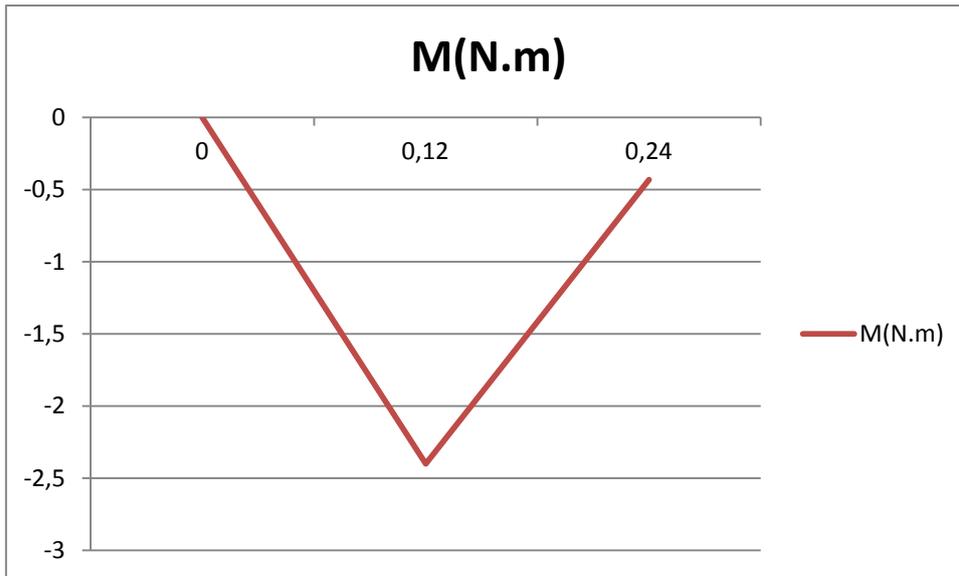


Figure 24: diagramme des moments fléchissant

$V_{\max} = 20 \text{ N}$
$M_{\max} = -2,4 \text{ N.m}$

4.2. Contrainte maximale en cas de flexion :

$$\sigma_{\max} = -M_{\max} * Y_{\max} / I_z$$

Avec $Y_{\max} = 10 \text{ mm}$ $M_{\max} = -2,4 \text{ N.m}$ $I_z = b * h^3 / 12$

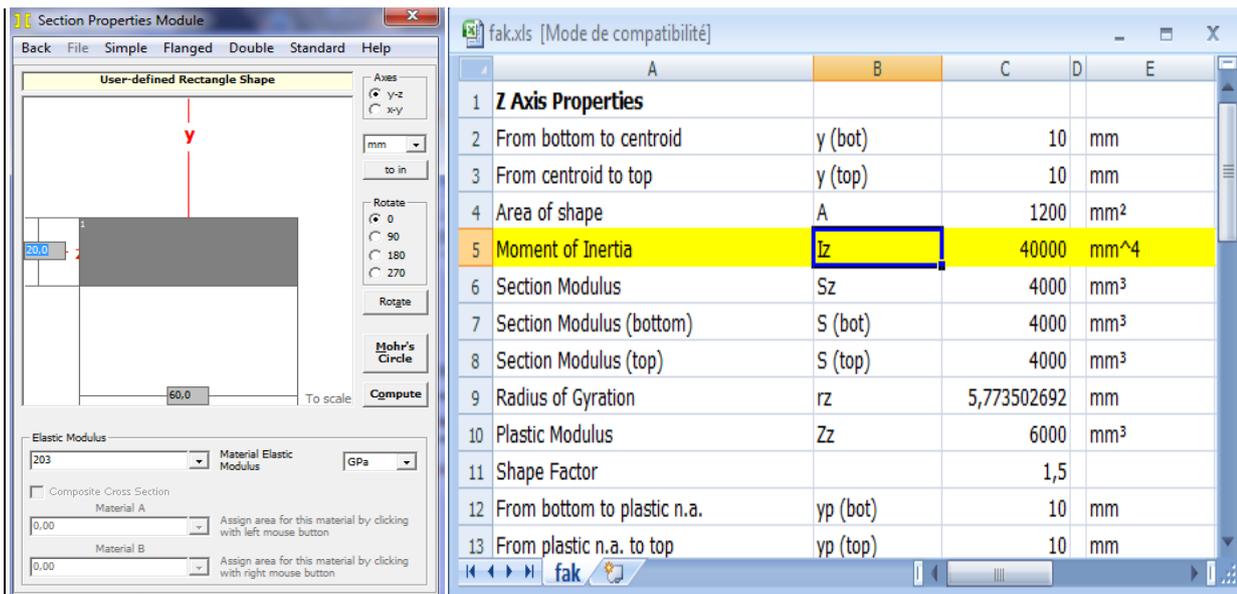


Figure 25 : Calcul de I_z avec MDsoleds

Donc : $I_z = 4 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$

Et par suit : $\sigma_{\max} = 0,6 \text{ Mpa}$

On a $\sigma_{\max} \leq R_e / F \rightarrow \sigma_{\max} = 0,6 \text{ Mpa} \leq 100 \text{ Mpa}$

Donc notre matériau est en sécurité.

4.3. Calcul de force du 2ème poutre :

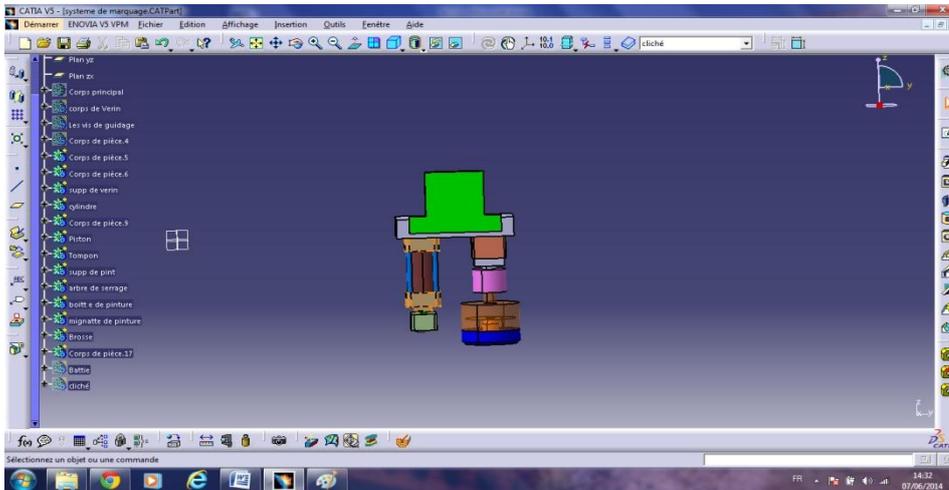
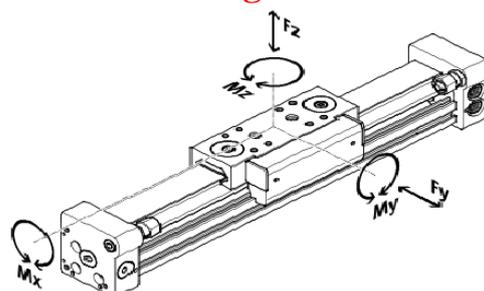


Figure 26 : Dessin de poutre 1 et de vérin plus le system 1 avec CATIA

$$\begin{aligned}
 & P_{\text{poutre1}} = 22,6 \quad \text{Et} \quad P_{\text{poutre2}} = 6,3 \text{ N} \\
 & F = P_{\text{poutre1}} + P_{\text{system1}} \rightarrow F = 59 \text{ N} \\
 & \sigma = F/S \rightarrow \sigma = 59 / (0,1 \cdot 0,02) \rightarrow \sigma = 0,03 \text{ Mpa} \\
 & \sigma = 0,03 \text{ Mpa} \leq 100 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

5. Les dimensions de Vérins sans tige DGC-GF :



Caractéristique de vérin sans tige DGC-GF, avec guidage à palier lisse	
Masse	7 kg
Course	140 mm
Langueur	200 mm
Largeur	60 mm
Hauteur	67 mm
Diamètre de piston	25 mm
Mode de fonctionnement	Double effet
Amortissement	PPV
Type de fixation	Par pattes
Pression de service	2 8 bar
Force théorique à 6 bar (N)	295
Accessoires	System de guidage
Guidage	Guidage à palier lisse
Vitesse max (m/s)	3

Tableau 11: dimensions de Vérins sans tige DGC-GF

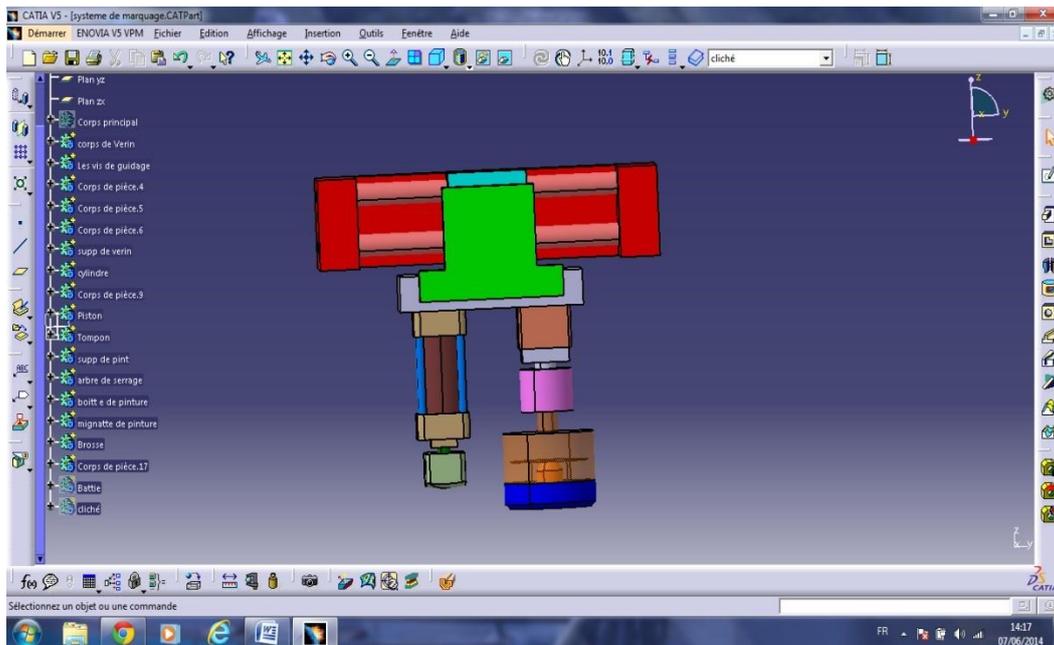


Figure 27 : Dessin de Vérin sans tige et le system 1 sur CATIA

$$F_y = P_{poutre1} + P_{poutre2} + P_{system1} \longrightarrow \boxed{F_y = 65,3 \text{ N}}$$

Pour notre vérin DGC-GF de diamètre 25 il faut vérifier la relation suivante pour voir si ils capable de

supporte la charge :

$$\frac{F_y}{F_{y_{max}}} + \frac{F_z}{F_{z_{max}}} + \frac{M_x}{M_{x_{max}}} + \frac{M_y}{M_{y_{max}}} + \frac{M_z}{M_{z_{max}}} \leq 1$$

Forces et couples admissibles pour une vitesse de déplacement de 0,2 m/s		
Ø de piston		
$F_{y_{max}}$	[N]	440
$F_{z_{max}}$	[N]	1 300
$M_{x_{max}}$	[Nm]	3,4
$M_{y_{max}}$	[Nm]	20
$M_{z_{max}}$	[Nm]	8,5

Dans notre cas on a juste $F_y = 65,3 \text{ N}$ \longrightarrow $F_y/F_{y_{max}} = 0,1 \leq 1$

Donc notre vérin est capable de déplacée le system (vérin compacte + tampon + la tasse de peinture + la barre et les poutres 1 et 2).

6. Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant et déformation maximale de supporte :

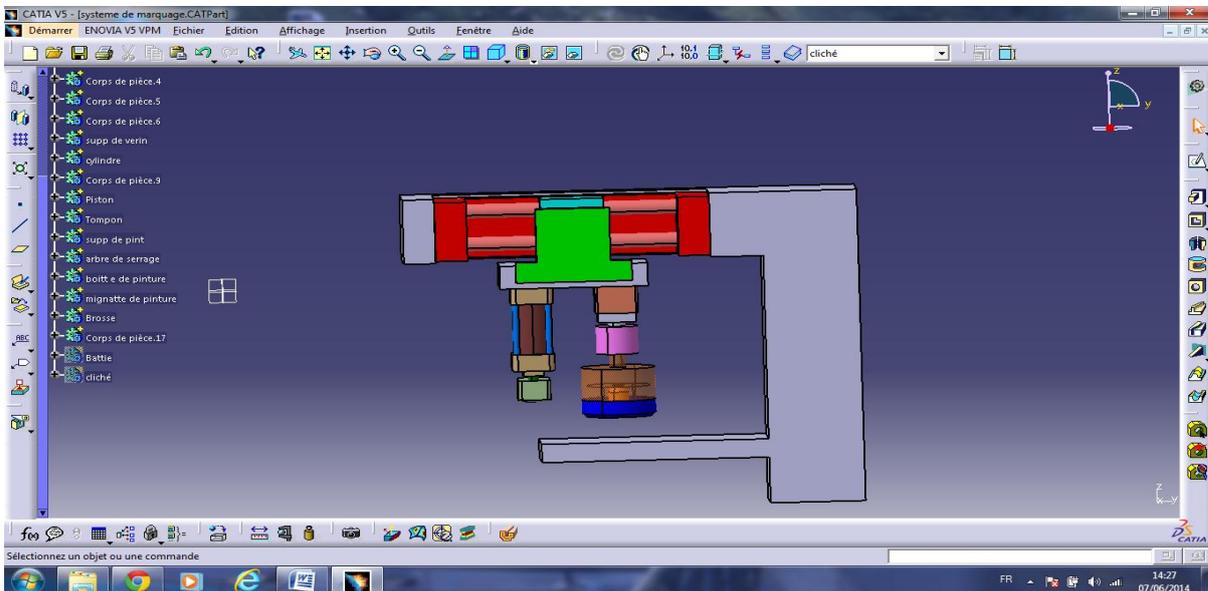


Figure 28 : Dessin de la machine de marquage automatique par CATIA

La masse de vérin horizontale $M = 7 \text{ kg}$ \longrightarrow $P_{\text{vérin h}} = 70 \text{ N}$

$F_{\text{total}} = F_y + P_{\text{vérin h}}$ \longrightarrow $F_{\text{total}} = 70 + 65,3 = 135,3 \text{ N}$

6.1. Calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant du supporte:

	Supporte 1
Langueur (mm)	250
Largeur (mm)	80
Epaisseur 1 (mm)	20
Epaisseur 2 (mm)	20
Hauteur (mm)	67
Type de matériaux	Acier inox

Tableau 12: dimensions de supporte

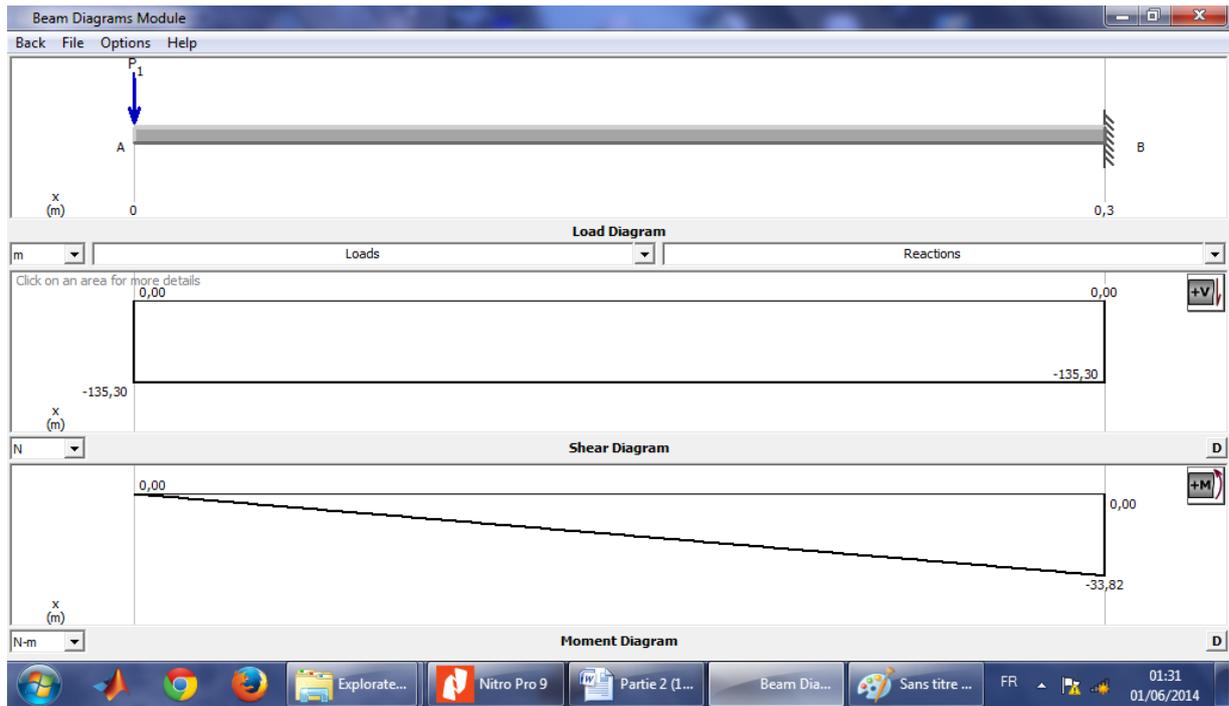


Figure 29 : Calcul de déformation de support avec MDSolids

V(N)	135,3
M(N.m)	-33,82

6.2. Contraint maximale en cas de flexion :

$$Y_{\max} = 0,14 \text{ m} \quad \text{et} \quad I_z = 4,3 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

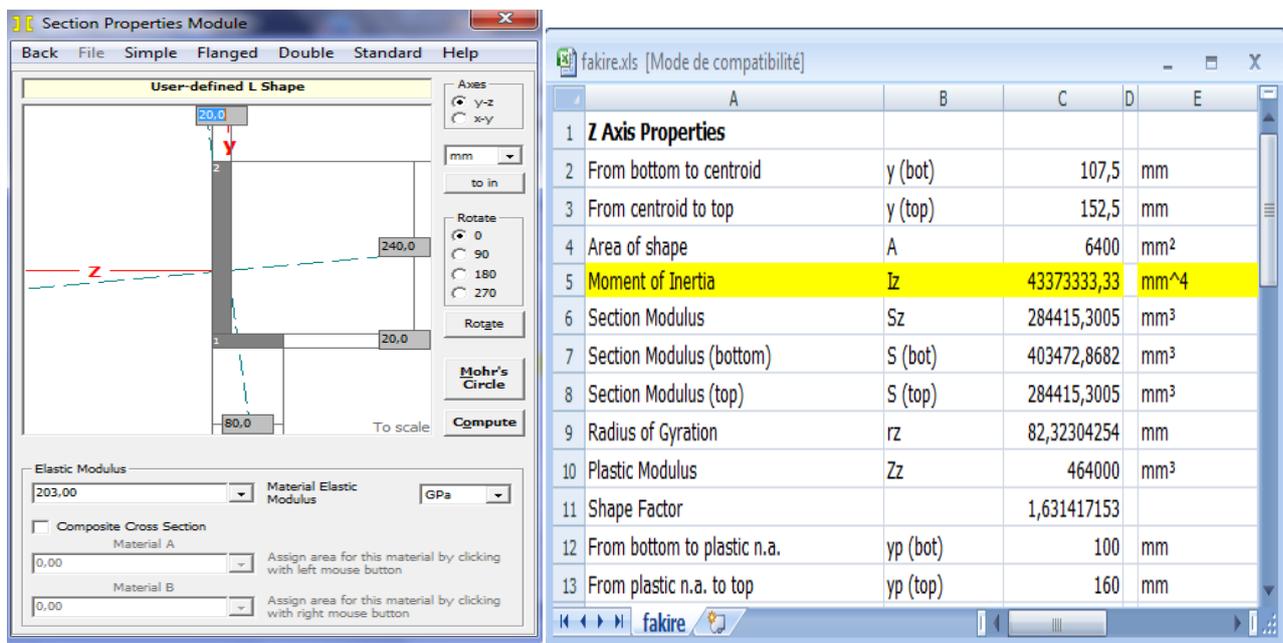
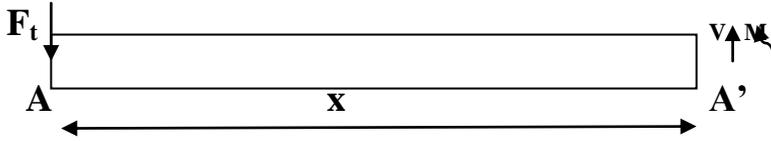


Figure 30 : Calcul de I_z de support avec MDSolids

D'où :

$$\sigma_{\max} = 0,11 \text{ Mpa} \leq 100 \text{ Mpa}$$

6.3. Calcul de déformation maximale de supporte :



$$\sum \vec{F} = \vec{0} \longrightarrow V = F_t = 135,3 \text{ N}$$

$$\sum \vec{M} = \vec{0} \longrightarrow M = -F_t * x$$

$$\Phi(x) = \int M_z * dx / (E * I_z) + C_1$$

$$\Phi(x) = -F_t * x^2 / (2 * E * I_z) + C_1$$

$$V(x) = \int \Phi(x) * dx + C_2$$

$$V(x) = -F_t * x^3 / (6 * E * I_z) + C_1 * x + C_2$$

Dans le cas d'encastrement :

$$\Phi(x=L) = 0 \longrightarrow C_1 = F_t * L^2 / (2 * E * I_z)$$

$$V(x=L) = 0 \longrightarrow C_2 = -F_t * L^3 / (6 * E * I_z)$$

D'où :

$$V(x) = -F_t * (x^3 - 3 * L^2 * x + 2 * L^3) / (6 * E * I_z)$$

Pour $x=0$:

$$V(x=0) = -F_t * L^3 / (3 * E * I_z) \longrightarrow V(x=0) = -7,7 * 10^{-8} \text{ m}$$

Pour $x=L$:

$$V(x=L) = 0 \text{ m}$$

Donc la déformation de notre supporte est très faible.

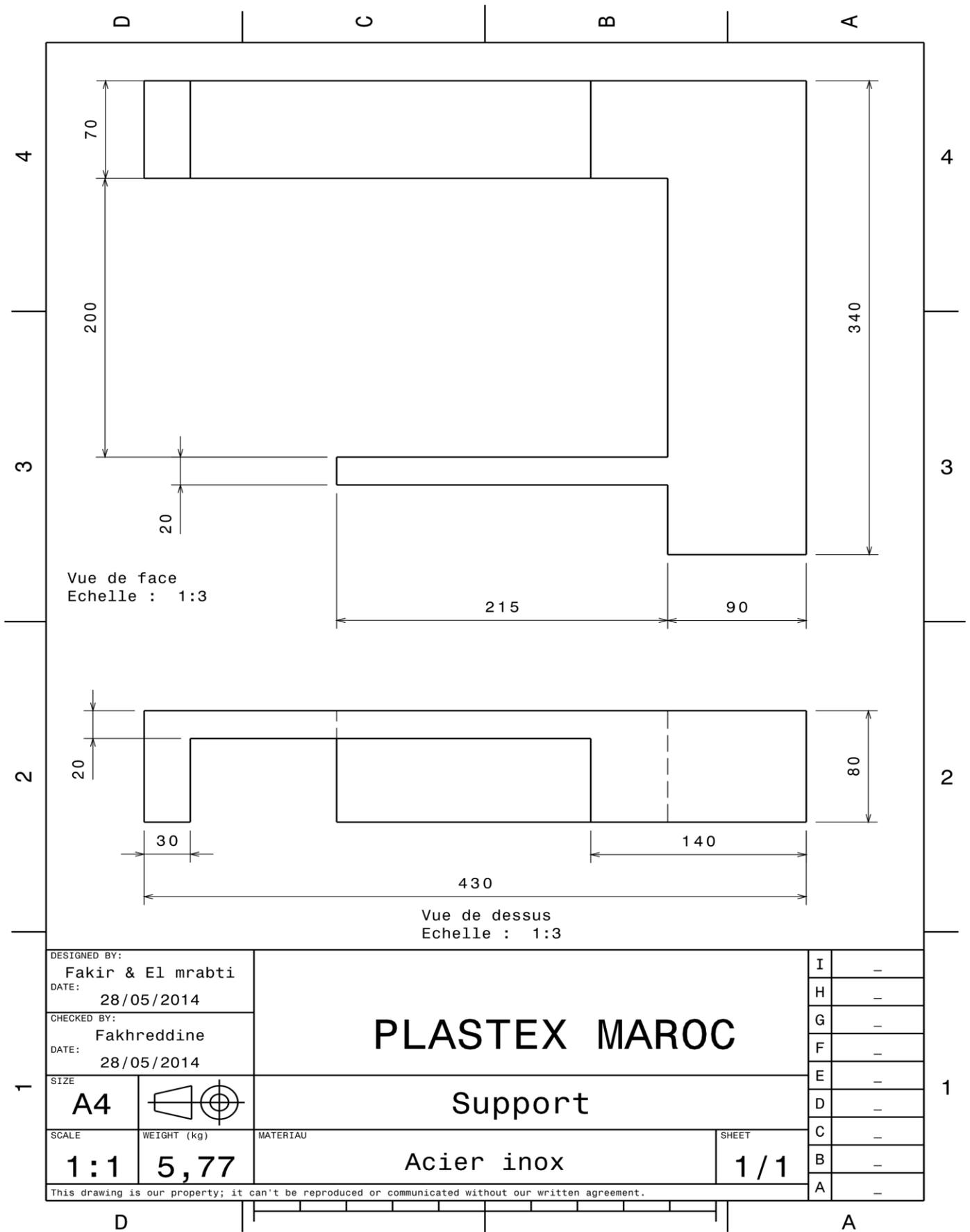


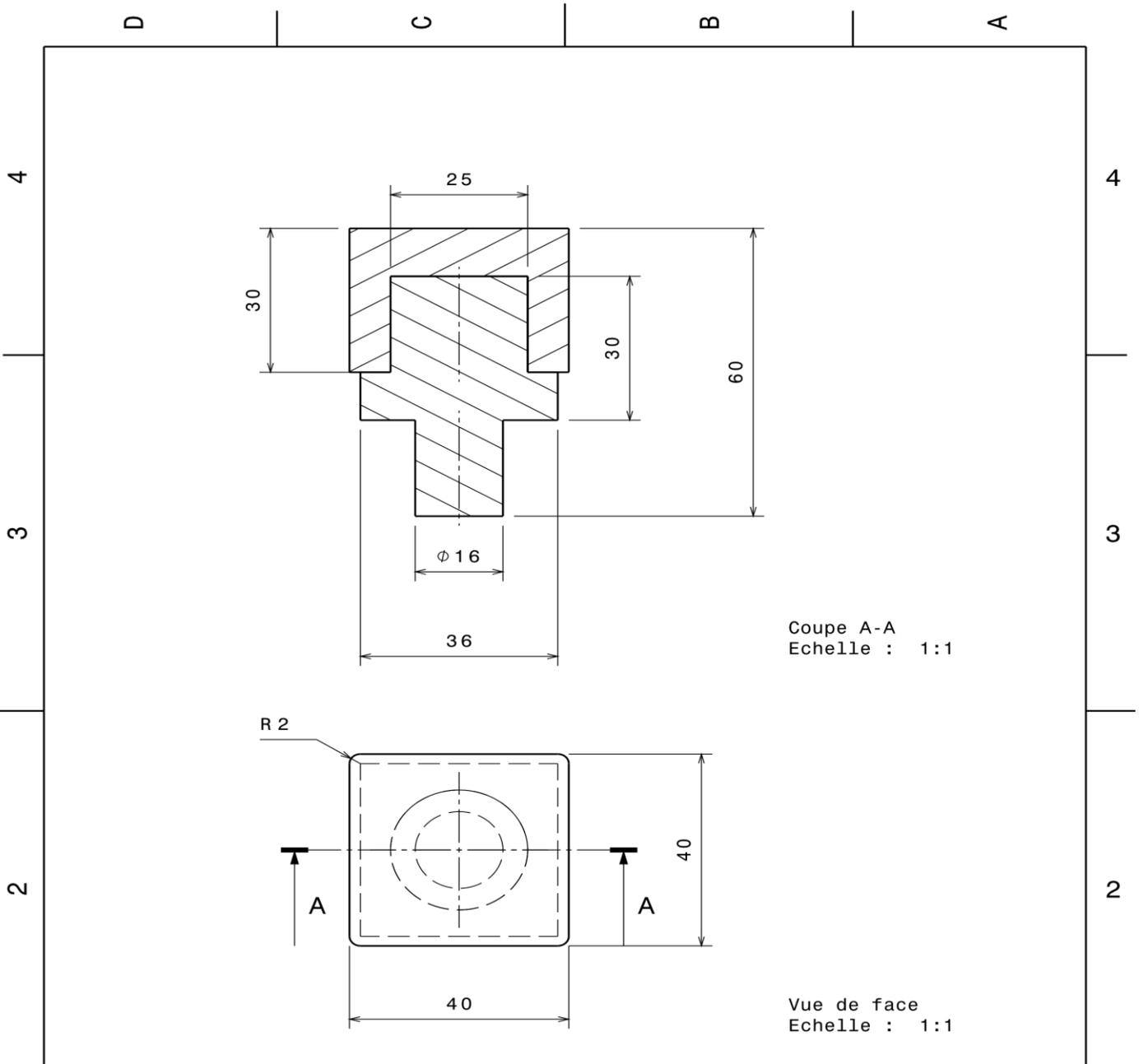
Chapitre 2 : Dessin de définition

Pour dessiner notre système, nous avons utilisé le logiciel CATIA V5R20

Voir la page suivant :

Figure 31: Drafting de support





DESIGNED BY: Fakir & El mrabti	<h1>Plastex Maroc</h1>			I	-	
DATE: 28/05/2014				H	-	
CHECKED BY: Mr. Fakherddine	<h2>Systeme fixation</h2>			G	-	
DATE: 28/05/2014				F	-	
SIZE A4		<h3>Acier inox</h3>			E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 5,77				MATERIAU	SHEET 1/1
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				C	-	
				B	-	
				A	-	

Figure 32: Drafting de system de fixation

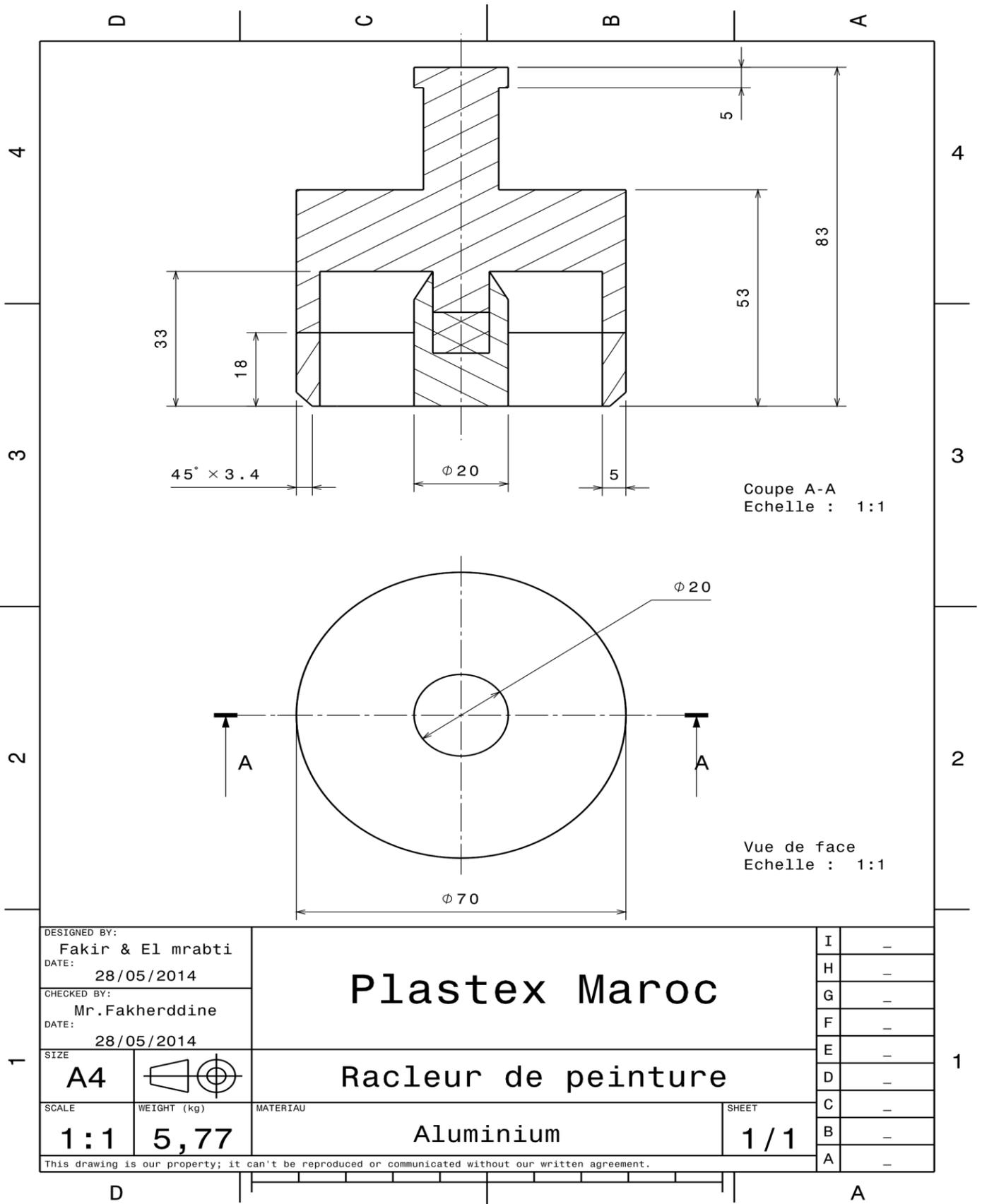


Figure 33: Drafting de racleur de peinture

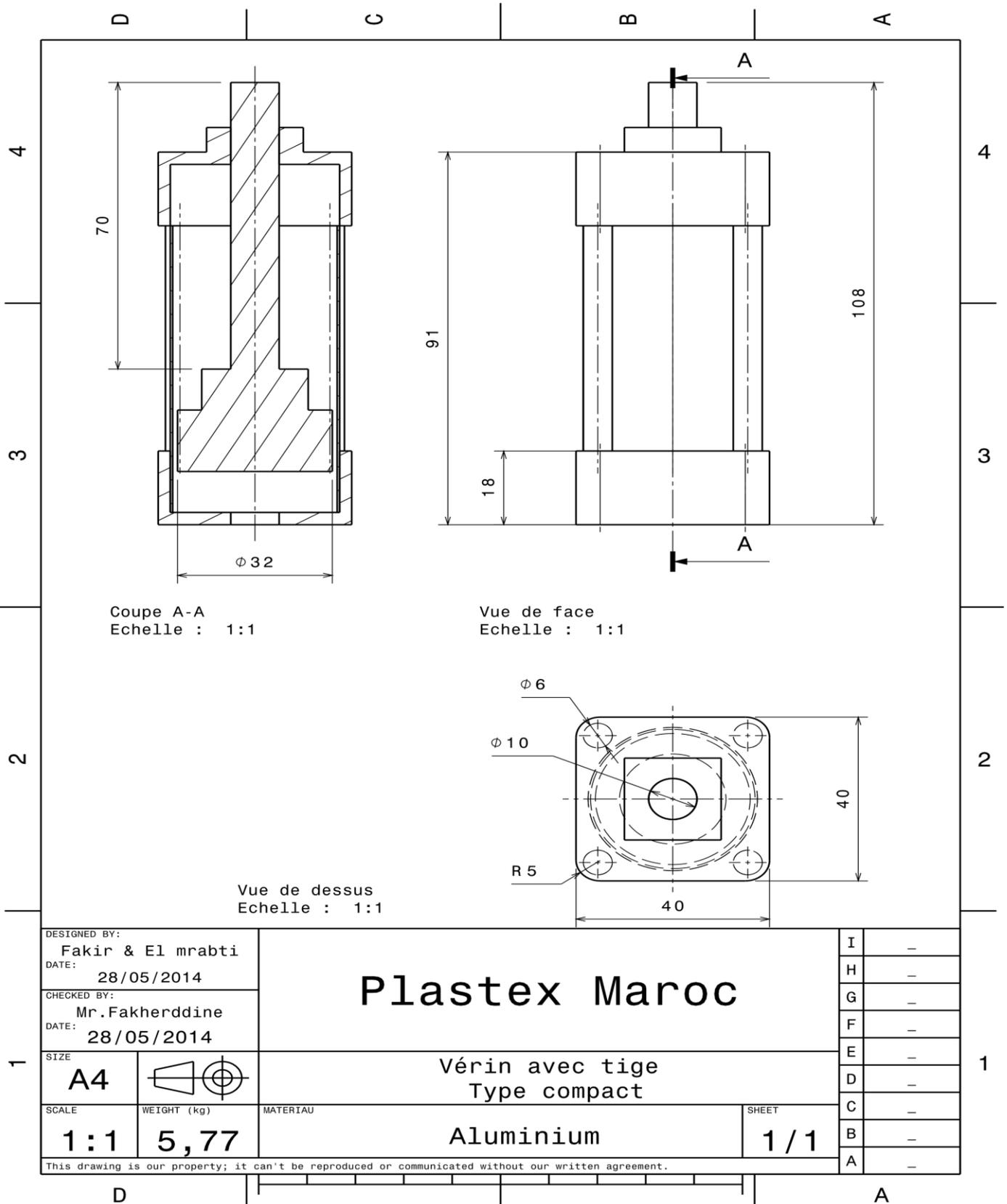


Figure 34: Drafting de vérin avec tige type compact

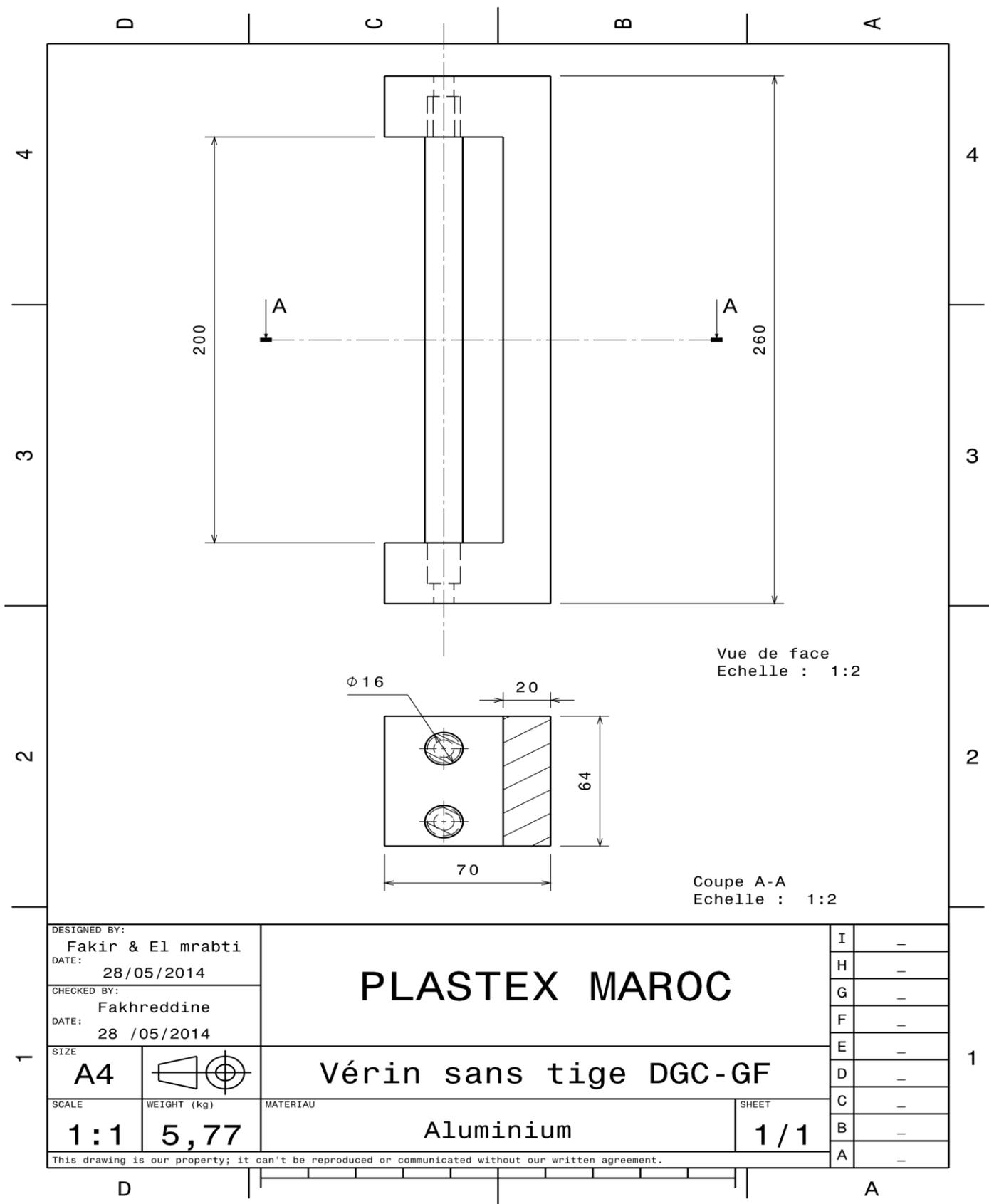


Figure 35: Drafting de vérin sans tige DGC-GF

Chapitre 3 : taux d'amortissement

Taux d'amortissement = le coût estimé de notre machine / (Consommation mensuel de notre machine - Main d'œuvre (les operateurs de marquage manuelle)).

- ✓ Le coût estimé de notre machine : le coût de fabrication et d'essaye + la sommation des coûts des éléments du système.

éléments	Prix (€)
Tampon	26,84
Tasse de peinture de 90 mm	200,10
Clichés	12,99
Hardener	56,12
Insoleuse UV	462,79
Vérin compacte	54,70
Vérin sans tige DGC-GF	404,34
Peinture (kg)	5,18
Capteur capacitif	37
Distributeur	37

Tableau 6: le prix de chaque composant de la machine

La sommation des coûts des éléments du système : **22000 DH**

Le coût de fabrication et d'essaye : le temps de fabrication et d'essaye * le coût d'une heure de travail.

Le temps de fabrication et d'essaye : **60 h**

Le coût d'une heure de travail : **50 DH/h**

Donc le coût de fabrication et d'essaye : **60*50 = 3000 DH**

- ✓ Donc le coût estimé de notre machine = **3000 + 22000 = 25000 DH**

- ✓ Consommation mensuel de notre machine est : **1400 DH** par mois

Le nombre de clichés consommés par mois = **140** par mois

Le prix d'un cliché est : **10 DH**

- ✓ Main d'œuvre (les opérateurs de marquage manuelle): **7000 DH** par mois

Donc le taux d'amortissement = 25000/ (7000-1400)= 5 mois << 1 ans

Webographie

<https://www.keygadgets.it/fr/checkout/cart>

www.matedex.be/fr/marks.html

www.tampoprint.de/fr/3techniken_fr/tampondruck_fr.html

<http://www.keygadgets.it/fr/machine-de-tampographie-kit>

www.hellopro.fr/verins-pneumatiques-double-effet-1001155-fr-1-feuille.html

<http://fr.rs-online.com/web/p/verins-sans-tige/3491982/>

http://www.festo.com/cms/fr_fr/index.htm

Conclusion

Ce stage a été une bonne expérience, nous avons pu découvrir le fonctionnement de l'entreprise, et nous avons pu se familiariser avec les différents services. De même, nous avons pu faire le rapprochement entre ce que nous avons appris en cours et ce qui se passe vraiment dans l'entreprise, ce qui n'a pas toujours été facile car chaque entreprise est un cas particulier.

Après notre rapide intégration dans l'équipe, nous avons l'occasion de réaliser la conception d'une machine de marquage automatique, qui s'inscrit comme projet de notre stage, et on dirait que la réalisation de la machine de marquage automatique relève d'une tâche à effectuer sans erreur car son importance est haute, la procédure que nous avons suivie pour la conception de la machine est la suivante :

1. Analyse fonctionnelle qui définit les besoins du client, et les fonctions principales de service, puis l'identification des fonctions techniques pour déterminer les solutions techniques dans la réalisation de la fonction de service.
2. L'étude AMDEC consiste à déterminer les causes qui peuvent nuire au fonctionnement de notre machine.
3. Le dimensionnement et le calcul de RDM permet de vérifier que le système va résister aux contraintes et aux erreurs qui peuvent l'entraver.
4. Conception de la machine à l'aide du logiciel CATIA.
5. Le calcul du taux d'amortissement dans cette dernière étape, nous avons estimé le coût et le prix de notre machine, afin de déterminer le taux d'amortissement d'après lequel nous décidons si la machine va être profitable ou non.

En bref, nous dirons que ce stage, demeure une excellente expérience professionnelle, qui nous a mis le pied dans le monde des entreprises et du business.