



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN-
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master
En
Génie Mécanique

Option

Ingénierie des systèmes mécaniques productives

Présenté par

BOUZIANE Fatima Zohra

THÈME

Rétro-conception du bras horizontal de robot
manipulateur de la cellule flexible (Tlemcen)

Soutenu en octobre 2013

Devant le jury :

Président	CHEIKH Abdelmadjid	Pr	UABB Tlemcen
Encadreur	CHEIKH Nassima	MA_A	UABB Tlemcen
Examineur	GUEZZEN Samir	MC_A	UABB Tlemcen
Examineur	MANGOUCI Ahmed	MA_A	UABB Tlemcen

Année universitaire 2012-2013

DEDICACE

*J'adresse mes remerciements avec un grand respect et gratitude
à mes chers parents que je prie de trouver ici l'expression de ma reconnaissance
et de mes sentiments les plus affectueux en espérant vous satisfaire avec une
réussite permanente.*

*Ainsi qu'à mes frères **Zohir, Fouad, Abdelkader, Bilal** et mes sœurs **Nadjia,
Hakima.***

*A mes neveux **Farouk, Mohamed** et ma nièce **Assil** je leurs souhaite toute la
réussite dans leurs vies.*

*Ainsi qu'à tous mes amis, collègues de la spécialité « Ingénierie des Systèmes
Mécaniques et Productiques » et « maintenance industrielle » et en particulier
un ami très cher et collègue qu'on a malheureusement perdu, que son âme repose
en paix **Ternane Zohir.***

*Et à mes copines que j'adore **Nacira, Malika, Imene, Fatima**, et **Fatima Zohra,
Fatima** sans oublier mes cousines adorées **Soumia et Meriem.***

*Et mes collègues d'ISM **Amine, Abderahim, Ismail, Sid Ahmed, Mohamed***

*Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent ; qui m'ont aidé et qui sont toujours
présents à mes côtés, avec qui j'ai partagé le bon et le mauvais,*

*Et a toute la famille **BOUZIANE***

FATIMA Zohra

Remerciements

Toute ma gratitude et remerciement vont à *Allah*, le clément et le miséricordieux qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mon encadreur *M^m N. Cheikh* «Maitre-assistant classe (A) au Département génie Mécanique » pour la sollicitude avec laquelle elle a suivi et guidé ce travail.

Mes vives gratitudes et remerciement vont aussi à *Mr A. Cheikh* «Professeur au Département génie Mécanique », pour avoir accepté de me faire l'honneur de présider le jury de ce mémoire et de bien vouloir l'examiner.

J'adresse mes profonds remerciements *Mr S. Guezzen* « Maitre-assistant classe (A) au Département génie Mécanique » et *Mr Mangouchi* « Maitre-assistant classe (A) au Département génie Mécanique»

J'exprime ma gratitude à tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation depuis l'école primaire jusqu'aux études universitaires.

Un grand merci à toute personne m'ayant aidée et guidée pour la réalisation de Cette étude en particulier mon collègue *G. Ouabel*.

RESUME

Notre étude est basée sur la modélisation du bras horizontal de robot de la cellule flexible du laboratoire d'automatique avec l'outil informatique Solidworks 2011.

Nous avons présenté une idée sur le fonctionnement du robot, la modélisation cinématique du bras horizontal et la modélisation géométrique de quelques pièces donnée par Solidwoks puis on les a assemblé pour arriver au bras final ensuite une animation du montage a été faite ; enfin une analyse par l'assistant SimulationXpress de la pièce 26 pour lequel nous avons déterminé les contraintes, les déformations et les déplacements pour un seul matériaux et différents poids. Par la suite une comparaison entre les résultats obtenues.

ABSTRACT

Our study is based on the geometric modeling of robot cell laboratory automatic with computer tools SolidWorks 2011.

We presented an idea on how the robot kinematics modeling of the horizontal arm and geometric modeling of some parts given by Solidwoks, then we ghter them to get to the final a model of the arm, after that, an animation for the assembly arms was made, Finally an analysis by the assistant SimulationXpress of the piece 26 for which we determined the stres, strains and displacements for one material and différents weight. Thereafter, a comparison of the results obtain.

ملخص

تستند دراستنا على نمذجة الذراع الأفقي للروبوت المتواجد بمختبر الأوتوماتيك على مستوى جامعة تلمسان بواسطة نظام الاعلام الالي Solidworks.

قدمنا فكرة عن كيفية عمل الروبوت، النمذجة الحركية للذراع الأفقي والنمذجة الهندسية لبعض القطع المعينة من قبل Solidwoks ثم تم تجميعها للوصول إلى الذراع النهائي، بعد ذلك تم إجراء حركة للمجسم المشكل، وفي الأخير قمنا بعملية تحليل من قبل المساعد SimulationXpress للقطعة 26 من أجل تحديد الضغوط، التشوهات والانتقالات لنوع من مواد وكتل مختلفة بعد ذلك، أجريت مقارنة بين مختلف النتائج المحصل عليها.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DE TABLEAU.....	Erreur ! Signet non défini.
LISTE DES ABREVIATION.....	IX

CHAPITRE I- Généralités sur la commande de robots et la CAO

1.1 . Introduction.....	2
1.2 . Commande robotique.....	2
1.2.1.....	2
1.2.2.....	2
1.2.2.1. Robot.....	2
1.2.2.2. Robot industriel.....	3
1.2.2.3. Robotique.....	4
1.2.3. Types de robots.....	4
1.2.3.1. Robot mobile.....	4
1.2.3.2. Robot manipulateur.....	4
1.2.4. Domaine d'application de la robotique.....	5
1.2.4.1. Robotique industrielle.....	5
1.2.4.2. Environnement hostile.....	6
1.2.4.3. Agriculture.....	7
1.2.4.4. Sécurité, Militaire.....	8
1.2.4.5. Service à la cliente.....	8
1.2.4.6. Loisirs.....	8
1.2.4.7. Humanoïde.....	9
1.2.4.9. Chirurgie.....	9
1.2.5. Ensemble constituant un robot.....	10
1.2.5.1. Système mécanique articulé (SMA).....	10
1.2.5.2. Environnement.....	10
1.2.5.3. Tâches à réaliser.....	11
1.2.5.4. Contrôleur ou calculateur.....	11

1.3. Conception assistée par ordinateur CAO	13
1.3.1. Définition.....	13
1.3.2. Historique de la CAO	14
1.3.3. Domaines d'application de la CAO	15
1.3.4. Industries impliquées dans les domaines de la CAO.....	16
1.3.5. Matériel du CAO	17
1.3.6. Logiciel de CAO.....	17
1.3.7. Outils satellites	18
1.3.8. Logiciels CAO en robotique.....	19
1.4. Conclusion.....	19

CHAPITRE II- Présentation du bras manipulateur de la cellule flexible

2.1. Introduction	20
2.2. Présentation de la cellule flexible.....	20
2.3. Description du robot de la cellule flexible.....	20
2.3.1. Structure générale du robot.....	21
2.3.2. Les caractéristiques du robot	22
2.3.2.1. Les caractéristiques dimensionnelles	22
2.3.2.3. Les caractéristiques physiques	23
2.3.2.4. Les caractéristiques mécaniques	23
2.3.3. Différentes parties du robot montage –démontage.....	24
2.3.4. Composantes du bras manipulateur.....	24
2.3.4.1. Partie commande	24
2.3.4.2. Partie mécanique.....	27
2.3.5. Mode de fonctionnement	28
2.3.5.1. Le cycle commande	28
2.3.5.2. Cycle opérative	28
2.4. Bras horizontal du robot manipulateur.....	29
2.4.1. Principe de fonctionnement du bras horizontal	30
2.4.2. Modélisation cinématique du bras horizontal.....	30
2.4.2.1. Schéma cinématique du bras horizontal sur le plan XY	31
2.4.2.2. Schéma cinématique du bras horizontal sur le plan YZ	31
2.5. Conclusion.....	31

CHAPITRE III- Modélisation des pièces du bras horizontal du robot

3.1. Introduction	32
3.2.1. Définition.....	32
3.2.2. Avantages	33
3.2.3. Inconvénients.....	33
3.3. Modélisation du bras horizontal.....	33
3.3.1. Métrologie	33
3.3.2. Choix de l'outil informatique de CAO	34
3.3.2.1. Présentation de SolidWorks	34
3.3.2.2. Historique.....	34
3.3.2.3. Fonctionnement.....	35
3.3.3. Modélisation des différentes pièces de notre bras horizontal.....	37
3.3.3.1. Modélisation de P1 (roue dentée)	38
3.3.3.2. La modélisation du P4	44
3.3.3.3. Modélisation de P5	52
3.3.3.5. Autre pièces modélisées.....	59
3.4. Conclusion.....	65

CHAPITRE IV- Assemblage des pièces de bras horizontal

4.1. Introduction	66
4.2. Assemblage	66
4.2.1. Assemblage avec les contraintes	66
4.2.1.1. Premier assemblage	67
4.2.1.2. Deuxième assemblage.....	81
4.2.1.3. L'assemblage final du bras horizontal	84
4.2.2. Assemblage avec le complément SolidWorks motion	85
4.2.2.1. L'animation du sous assemblage1	85
4.2.2.2. L'animation d'assemblage1	87
4.2.2.3. L'animation du u mouvement d'assemblage2 (la pince).....	88
4.3. Conclusion.....	88

CHAPITRE V- Analyse du P26 (arbre lié avec l'actionneur pneumatique)

5.1. Introduction	89
5.2. Définition de SimulationXpress	89
5.3. Analyse de P 26.....	90

5.3.1. Application des déplacements imposés	90
5.3.2. Application des chargements	91
5.3.3. Choix du matériau de la pièce	91
5.3.4. Exécution de la simulation	92
5.4. Interprétation des résultats précédents	101
5.5. Conclusion.....	101

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 1

Figure 1.1: Structure générale d'un robot industriel.....	3
Figure 1.2: Robot agricole	4
Figure 1.3: Robot soudeur.....	5
Figure 1.4: Chaîne d'assemblage	5
Figure 1.5: Manipulateur fonderie	6
Figure 1.6: Manipulateur rapide	6
Figure 1.7: Robot décontamineur	6
Figure 1.8: Robot adapté au milieu.....	6
Figure 1.9: Spirit, NASA, 2003 sur Mars	7
Figure 10: Canadarm 1 et 2.....	7
Figure 1.11: Robot sous-marin	7
Figure 1.12: Tracteur autonome.....	7
Figure 1.13: Récolte de concombre	7
Figure 1.14: Robot reconnaissance Irak.....	8
Figure 1.15: Drone Predator General atomics	8
Figure 1.16: Aspirateur	8
Figure 1.17: CyCab.....	8
Figure 1.18: Aibo, Sony.....	8
Figure 1.19: P3 et Asimo, Honda.....	9
Figure 1.20: Manipulateur hospitalisé	9
Figure 1.21: Manipulateur pharmaceutique	9
Figure 2.22: Da Vinci	9
Figure 1.23: Physik Instrumente	9
Figure 2.24: Ensembles intervenant dans un robot en fonctionnement	12

CHAPITRE 2

Figure 2.1: Robot montage-démontage (3 axes).....	21
Figure 2.2: Structure du bras manipulateur.....	22
Figure 2.3: Les deux parties du bras du robot	24
Figure 2.4: Ordinateur de la cellule flexible	25
Figure 2.5: Carte électronique.....	25
Figure 2.6: Servopack du bras manipulateur	26
Figure 2.7: Capteur de fin de course du robot	26
Figure 2.8: Vérin pneumatique	26
Figure 2.9: Courroie synchrone	27
Figure 2.10: Vis à bille.....	27

Figure 2.11: Pince	27
Figure 2.12: Actionneur	28
Figure 2.13: Constitution de la chaine cycle commande	28
Figure 2.14: Fonctionnement suivant l'axe X.....	28
Figure 2.15: Fonctionnement suivant l'axe Y.....	29
Figure 2.16: Fonctionnement suivant l'axe Z.....	29
Figure 2.17: Bras horizontal	30
Figure 2.18: Dessin cinématique sur plan XY	31
Figure 2.19: Dessin du bras horizontal sur le plan YZ	31

CHAPITRE 3

Figure 3.1: Pied à coulisse	33
Figure 3.2: Mètre	33
Figure 3.3: Créer ou ouvrir un document.....	35
Figure 3.4: La première partie des pièces	37
Figure 3.5: La deuxième partie des pièces.....	38

CHAPITRE 4

Figure 4.1: Liste de la contrainte standard.....	66
Figure 4.2: Les composantes du sous assemblage 1 dans une seule zone graphique	67
Figure 4.3: Contrainte coaxiale coïncidente entre P22 et P3	68
Figure 4.4: Contrainte coaxiale coïncidente entre le roulement et P3	68
Figure 4.5: Contrainte coaxiale coïncidente entre P22 et P24	69
Figure 4.6: Contraintes coaxiales coïncidente entre P2 et P3	69
Figure 4.7: Coaxiale entre P2 et la vis1	70
Figure 4.8: Les contraintes coaxiales et coïncidentes entre P1 et P2.....	70
Figure 4.9: Sous-assemblage1 fini	71
Figure 4.10: Les composantes du sous assemblage2 dans une seule zone graphique	71
Figure 4.11: Contrainte coaxial coïncidente entre P24 et P5.....	72
Figure 4.12: La contrainte coaxiale et coïncidente entre le roulement et P24.....	72
Figure 4.13: La contrainte coïncidente entre P24 et P4	73
Figure 4.14: Les contraintes coïncidente et coaxiale entre P1 et P4.....	73
Figure 4.15: Sous-assemblage2 fini	73
Figure 4.16: Les composantes du sous assemblage3 dans une seule zone graphique	74
Figure 4.17: Les trois contraintes entre P7 et P8	74
Figure 4.18: Contraintes de coaxiale et coïncidente entre P7 et P18.....	75
Figure 4.19: Les contraintes coaxiales et coïncidentes concernant P19	75
Figure 4.20: Contrainte coaxiale et coïncidente entre P8 et Vis3.....	75
Figure 4.21: La fixation du P11	76

Figure 4.22: Sous-assemblage3 fini	76
Figure 4.23: Les composantes de sous assemblage3 dans une seule zone graphique.	77
Figure 4.24: Les contraintes coïncidente et coaxial entre P9 et P10	77
Figure 4.25: Les contraintes coaxial et coïncidente sur P23 avec P6 et P10	78
Figure 4.26: Coixialité et la coïncident entre P23 et Vis3	78
Figure 4.27: Les contraintes coaxial et coïncident concernant P9.....	78
Figure 4.28: Les contraintes comitalité et tangente entre P23 et V4	79
Figure 4.29: Fixation de P25.....	79
Figure 4.30: La fixation de P26	80
Figure 4.31: Sous assemblage4 fini	80
Figure 4.32: Le premier assemblage	81
Figure 4.33: Les différentes contraintes entre P12 et P13 et P14	82
Figure 4.34: Les contraintes coaxiale et consciente entre P20 et P21 et P15	82
Figure 4.35: Les différentes contraintes sur P15 et P16 et P17	83
Figure 4.36: L'assemblage entre les deux parties de la pince.....	83
Figure 4.37: Le model final	84
Figure 4.38: Le bras horizontal du robot manipulateur	84
Figure 4.39: Importation des composants du sous assemblage1	86
Figure 4.40: Passage directement à SolidWorks motion	86
Figure 4.41: La création du mouvement de bras horizontal	87
Figure 4.42: La création du mouvement de la pince.....	88

CHAPITRE 5

Figure 5.1. Présentation du logiciel d'analyse SimulationXpress	90
Figure 5.2. Application d'un déplacement imposé	91
Figure 5.3. Application des chargements.....	91
Figure 5.4. Fenêtre des matériaux.....	92
Figure 5.5. SimulationXpress Study-Contraintes-contrainte	95
Figure 5.6. SimulationXpress Study-Déplacements-Displacement.....	96
Figure 5.7. SimulationXpress Study-Coefficient de sécurité-Factor of Safety	97
Figure 5.8. SimulationXpress Study-Contraintes-Stress	97
Figure 5.9. SimulationXpress Study-Déplacements-Displacement.....	98
Figure 5.10. SimulationXpress Study-Coefficient de sécurité-Factor of Safety.	99
Figure 5.11. SimulationXpress Study-Constraints-Stress.....	99
Figure 5.12. Simulation Xpress Study-Déplacements-Displacement.....	100
Figure 5.13. SimulationXpress Study-Coefficient de sécurité-Factor of Safety	101

LISTE DE TABLEAU

CHAPITRE 5

Tableau 5.1. Propriétés volumétriques	86
Tableau 5.2. Propriétés du matériau	87
Tableau 5.3. Détails de déplacement.....	87
Tableau 5.4. Détails de chargement	87
Tableau 5.5. Information sur le maillage	88
Tableau 5.6. Les résultats de chargement	89
Tableau 5.7. Résultats de déplacement.....	90
Tableau 5.8. Résultats de CS.....	90
Tableau 5.9. Résultats des contraintes.....	91
Tableau 5.10. Résultats de déplacement	92
Tableau 5.11. Résultats de SC.....	92
Tableau 5.12. Résultats des contraintes	93
Tableau 5.13. Résultats de déplacement	94
Tableau 5.14. résultats de SC	94

LISTE DES ABREVIATIONS

RUR : Rossum's Universels Robots.

SMA : Système mécanique articulé.

CAO : Conception assisté par ordinateur.

DAC: Design Augmented by Computer.

CAD: computer Aided Design

DAO: dessin assistée par ordinateur

FAO : fabrication assistée par ordinateur.

2D : deux dimensions

3D : trois dimensions.

IAO : ingénierie assistée par ordinateur

CN : machines-outils à commande numérique

Axe 1 : l'axe X

Axe 2 : l'axe Y

Axe 3 : l'axe Z.

Introduction générale

Introduction générale

Généralement, un robot manipulateur est considéré comme un système articulé rigide c'est pour qu'il est développé dans le cadre d'application industrielle ; ces robots sont destinés à faciliter les tâches pour l'homme et amplifier le rendu.

Dans notre cas on va faire notre étude sur un robot manipulateur de chargement-déchargement des pièces mécaniques de la cellule flexible du laboratoire de recherche de l'université de Tlemcen.

Cette étude concerne la modélisation cinématique et la rétro-conception du bras horizontal du robot manipulateur. L'objectif principal de ces travaux PFE est d'exploiter les possibilités offertes par les outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO), Le logiciel utilisé pour la conception est SolidWorks. Ce logiciel de CAO, a fait ses preuves dans le domaine industriel.

L'analyse de la construction est réalisée par SimulationXpress : un module complémentaire de la famille SolidWorks. C'est un logiciel puissant et simple à utiliser.

Ce mémoire articule autour de cinq chapitres :

- ❖ Le premier chapitre contient des généralités sur la robotique et sa commande et aperçu général sur la conception assistée par ordinateur.
- ❖ Le deuxième chapitre concerne une présentation de la cellule flexible et le robot manipulateur, son fonctionnement et une modélisation cinématique du bras horizontal.
- ❖ Le troisième chapitre est consacré à une présentation du logiciel Solidworks version 2011 ainsi que les différentes étapes pour la conception de quelques éléments du bras horizontal.
- ❖ Le quatrième chapitre est sur l'assemblage des différentes pièces réalisées (avec les contraintes et avec SolidWorks motion)
- ❖ Le cinquième chapitre nous donne Les résultats des calculs (dimensions des pièces) pour l'analyse par SimulationXpress de **P26** (arbre lié avec l'actionneur pneumatique et qui doit supporter la charge de la pièce prise par la pince) pour laquelle nous avons déterminé les contraintes, les déformations et les déplacements avec un seul matériau et différentes charges.
- ❖ Enfin notre travail s'achève par une conclusion générale.

Chapitre I

*Généralités sur la
commande de robots et
la CAO*

1.10. Introduction

Les robots sont partout : dans les usines et dans les champs, au fond des mers et dans l'espace, dans les jardins et les salons. Ils ont une importance économique grandissante. Ils n'ont pas seulement pénétré le monde industriel, ils sont aussi entrain de pénétrer notre vie quotidienne et notre culture, et certains d'entre eux participent au renouvellement de la vision que nous avons de nous-même.

Dans ce chapitre on présente un état de l'art sur l'activité des robots de manipulation et leurs domaines d'utilisation ainsi que la conception assistée par ordinateur.

1.2. Commande robotique

1.2.1. Historique des robots [1]

Le concept de robot date de plusieurs siècles, mais le terme robot fut inventé par le tchèque Karel Capek dans une pièce de théâtre écrite en 1920: "RUR ou les robots universels de Rossum". Ce terme est dérivé du verbe tchèque "robota" signifiant travail forcé ou corvée.

Il est certain que depuis fort longtemps, les réalisateurs d'automates ont cherché à pouvoir insuffler à leurs machines des comportements adaptés aux circonstances. Malheureusement, jusqu'au vingtième siècle, les techniques étaient trop primitives pour permettre de telles réalisations. Il fallut attendre 1959 pour que Georges Devol invente une machine originale, polyvalente et reprogrammable, ce qui a permis au robot d'acquérir une réalité industrielle. Mais en fait ce ne fut que vers la fin des années 1970 que les robots industriels de première génération ont vu le jour.

1.2.2. Définitions générales

1.2.2.1. Robot [2]

Comme cité précédemment, le terme robot été introduit pour la première fois par l'auteur Tchèque Capek en 1920 dans sa pièce de théâtre R.U.R. (Rossum's Universal Robot) et il est dérivé du mot robota qui signifie travailleur (de force).

Dans cette œuvre les robots sont des machines qui ressemblent aux humains, mais qui peuvent travailler sans relâche et sans fatigue.

Initialement les robots ont été fabriqués pour le profit en remplaçant les travailleurs humains, mais à la fin de la pièce, les robots se retournent contre leurs concepteurs et annihilent la race humaine toute entière.

1.2.2.2. Robot industriel [3]

Un robot industriel est un manipulateur à plusieurs degrés de liberté contrôlé automatiquement, reprogrammable et multitâche qui peut être fixe ou mobile pour une application en automatisation industrielle. Le robot industriel se compose d'une structure mécanique animée par des actionneurs, à partir d'ordres élaborés par un calculateur. Ces ordres dépendent des informations délivrées par les capteurs.

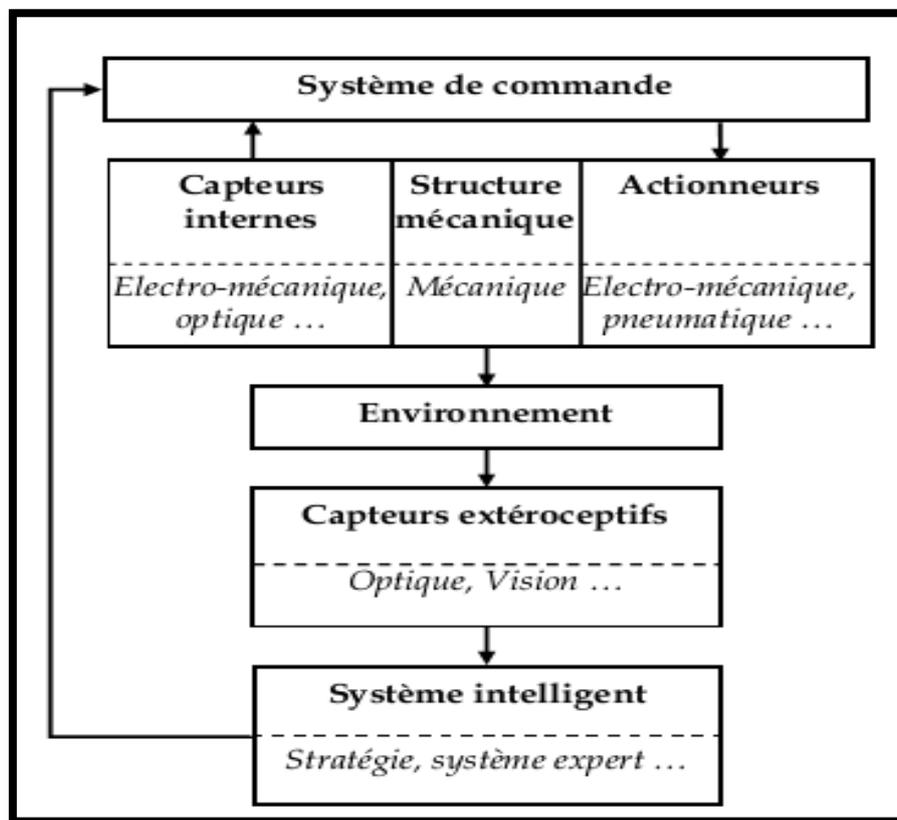


Figure 1.1: Structure générale d'un robot industriel

1.2.2.3. Robotique

La robotique est une science qui s'intéresse aux robots. En fait, il s'agit d'un domaine pluridisciplinaire qui comprend la mécanique, l'automatique l'électrotechnique, le traitement de signal, l'informatique, communication... [4]

En se basant sur l'Intelligence Artificielle naissante, dans son livre "Run-around" Asimov présente les 3 règles de la Robotique:

- A.** Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni rester inactif laissant ce dernier exposé au danger.
- B.** Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la Première Loi.
- C.** Un robot doit protéger sa propre existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la Première ou la Deuxième Loi de la robotique. [5]

1.2.3. Types de robots [6]

1.2.3.1. Robot mobile

Ce sont des robots capables de se déplacer dans un environnement comme le montre la figure 1.2. Ils sont équipés ou non de manipulateurs suivant leur utilisation, (les robots explorateurs, les robots de services....).



Figure 1.2: Robot agricole

1.2.3.2. Robot manipulateur

Des robots ancrés physiquement à leur place de travail et généralement mis en place pour réaliser une tâche précise répétitive, (tels que les robots industriels, médicaux....)

1.2.4. Domaine d'application de la robotique

1.2.4.1. Robotique industrielle

- *Automobile :*

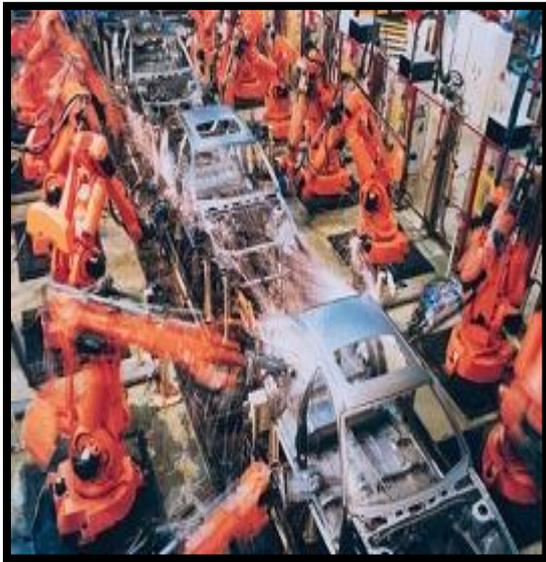


Figure 1.3: Robot soudeur



Figure 1.4: Chaîne d'assemblage

- *Chaîne de production (industrie)*



Figure 1.5: Manipulateur fonderie



Figure 1.6: Manipulateur rapide

1.2.4.2. Environnement hostile

- *Nucléaire :*

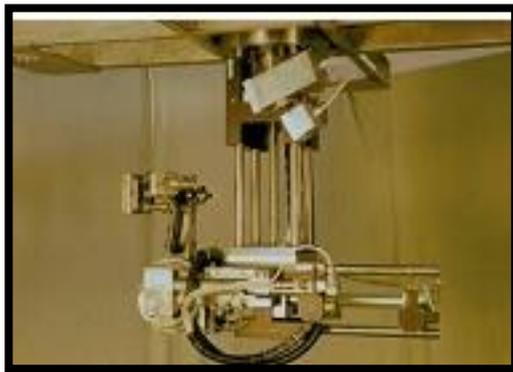


Figure 1.7: Robot décontamineur

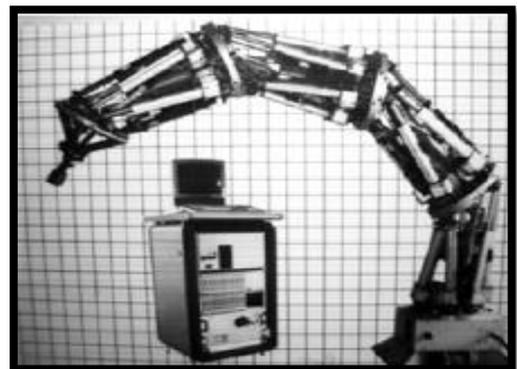


Figure 1.8: Robot adapté au milieu

- *Exploration spatiale :*



Figure 1.9: Spirit, NASA, 2003 sur Mars



Figure 10: Canadarm 1 et 2

- *Exploration sous-marine :*



Figure 1.11: Robot sous-marin

1.2.4.3. Agriculture



Figure 1.12: Tracteur autonome

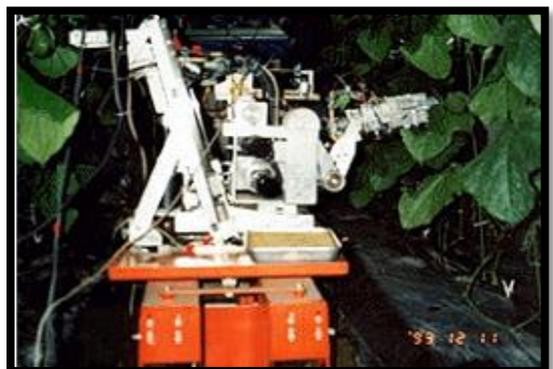


Figure 1.13: Récolte de concombre

1.2.4.4. Sécurité, Militaire



Figure 1.14: Robot reconnaissance Irak

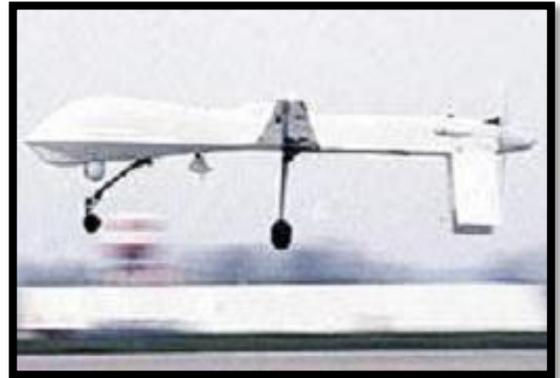


Figure 1.15: Drone Predator General atomics

1.2.4.5. Service à la cliente



Figure 1.16: Aspirateur



Figure 1.17: CyCab

1.2.4.6. Loisirs



Figure 1.18: Aibo, Sony

1.2.4.7. Humanoïde

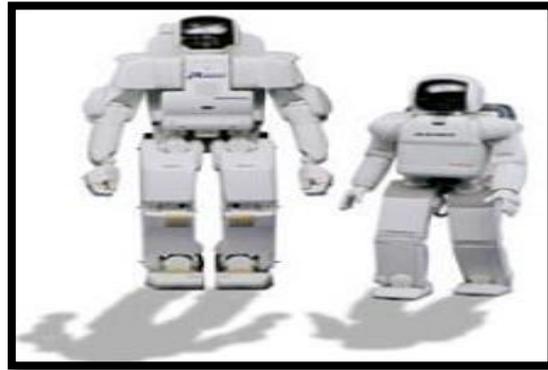


Figure 1.19: P3 et Asimo, Honda



Figure 1.21: Manipulateur pharmaceutique



Figure 1.20: Manipulateur hospitalisé

1.2.4.9. Chirurgie



Figure 2.22: Da Vinci

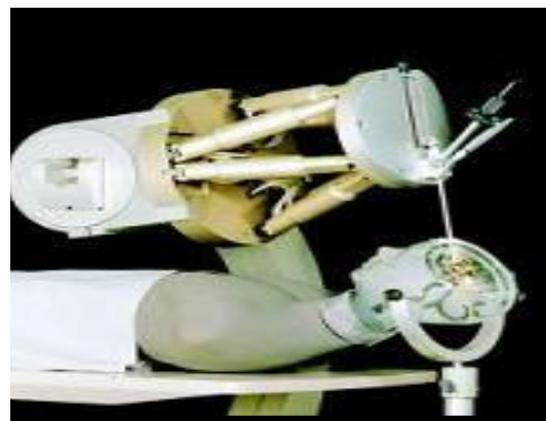


Figure 1.23: Physik Instrumente

1.2.5. Ensemble constituant un robot

De même qu'un trou n'est défini que par ce qui l'entoure, un robot n'a de sens que dans un environnement qu'il modifie (P.Coiffet). C'est pourquoi on peut distinguer quatre ensembles interactifs dans un robot en fonctionnement :

1.2.5.1. Système mécanique articulé (SMA)

Il s'agit d'une structure mécanique articulée dotée de plusieurs degrés de liberté (généralement six pour un robot destiné à la manutention d'objets), et équipée de moteurs qu'on appelle aussi actionneurs. Ces derniers peuvent être électriques ou pneumatiques pour les faibles charges (jusqu'à quelques décimas newtons), ou hydrauliques pour les fortes charges (quelques centaines de newtons). Ils entraînent les articulations du manipulateur à travers des transmissions, elles aussi de natures diverses (câbles, courroies crantées, engrenages, bielles etc...).

Pour connaître à chaque instant la position des articulations, on fait appel à des capteurs (potentiomètres, codeurs optiques ou incrémentaux, "résolveurs", etc...) appelés «proprioceptifs» par analogie avec le système humain. Le système mécanique articulé peut être considéré à la fois comme un générateur de déplacements de l'outil dans l'espace géométrique, et un générateur de forces. Cette première entité correspond à ce qui est généralement montré dans une photographie de robot, et ce à quoi on pense dans la conversation courante quand on parle de robot. Si non on peut employer indifféremment le terme de manipulateur ou de système mécanique articulé (SMA).

1.2.5.2. Environnement

C'est l'univers dans lequel est immergée la machine. Pour les robots à poste fixe, il se réduit à ce que l'on rencontre dans l'espace atteignable du manipulateur, défini comme l'ensemble des points atteints par l'effecteur lorsque le manipulateur passe par toutes les configurations géométriques possibles.

Dans cet environnement, le manipulateur va rencontrer des obstacles qu'il doit éviter et des objets d'intérêt, c'est à dire sur lesquels il doit agir. Par conséquent il existe une interaction entre le SMA et l'environnement.

Des informations sur l'état de l'environnement peuvent être obtenues grâce à des capteurs qu'on appelle "extéroceptifs", c'est à dire permettant de situer ce qui est à l'extérieur du manipulateur. On utilise des caméras, des détecteurs et capteurs de proximité, des capteurs tactiles etc...

1.2.5.3. Tâches à réaliser

On peut les définir de manière générale comme la différence entre deux états de l'environnement : l'état de départ d'exécution de la tâche, et l'état final lorsque cette dernière est terminée. La difficulté essentielle est de définir et de modéliser l'environnement.

Les tâches sont décrites au robot dans un langage approprié. Cette description peut revêtir diverses formes, et certains paramètres nécessaires à l'exécution peuvent être acquis en cours d'exécution. Le support des langages peut être "gestuel" (on montre au robot ce qu'il faut faire par guidage), oral (encore du domaine de la recherche et les seules applications connues sont destinées aux handicapés moteurs), ou scriptural (on "écrit" dans un langage formalisé).

1.2.5.4. Contrôleur ou calculateur

C'est l'organe qui génère les commandes (signaux de puissance des actionneurs), qui vont induire les déplacements recherchés des différentes articulations du manipulateur, ou les forces appliquées sur les objets; et ce à partir d'informations à priori (connaissance de la tâche à exécuter) et à postériori (connaissance actuelle et passée du manipulateur et de l'environnement).

Le contrôle du robot inclut les fonctions qui lui permettent "d'apprendre" et d'être programmé pour une tâche spécifique, puis d'exécuter cette tâche. La séquence de mouvements, le type de mouvement entre deux points, et l'interaction

avec les équipements externes sont toutes des parties de la fonction de contrôle. Pour effectuer ses différentes fonctions, le contrôleur doit avoir dans ses mémoires:

- un modèle du manipulateur: c'est à dire les relations entre les signaux d'excitation des actionneurs et les déplacements du manipulateur qui en sont la conséquence;
- un modèle de l'environnement: qui est une description de ce qui se trouve dans l'espace atteignable;
- des programmes: comprenant les données relatives à la tâche à exécuter ainsi qu'un certain nombre d'algorithmes de commande.

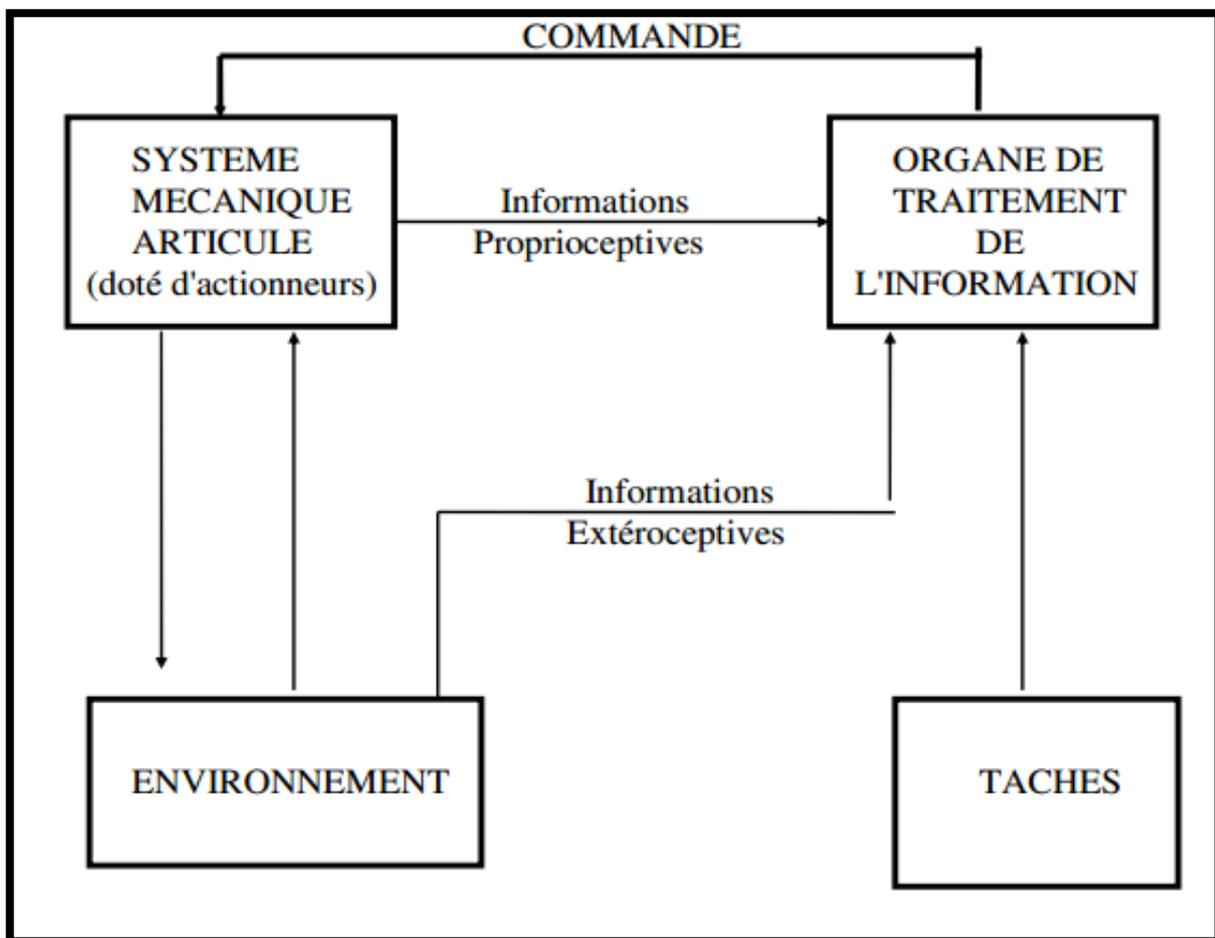


Figure 2.24: Ensembles intervenant dans un robot en fonctionnement

1.3. Conception assistée par ordinateur CAO

1.3.1. Définition

Moyen d'aide à la conception d'un produit. La CAO est une technique dans laquelle l'homme et l'ordinateur sont rassemblés pour résoudre des problèmes techniques dans une équipe qui associe étroitement les meilleures qualités de chacun d'eux. En CAO on travaille souvent en trois dimensions.

La CAO permet de:

- avoir une réponse plus rapide à ses appels d'offre,
- avoir le choix de solutions multiples et plus sophistiquées,
- fournir des documents fiables et de bonne qualité. [7]

Un logiciel de CAO se compose généralement de quatre parties majeures qui peuvent être organisées comme suit :

- **Le modeleur géométrique** : il représente "la planche à dessin". Nous trouvons dans cette partie les composants géométriques essentiels: points, droites, cercles, ellipses, plans, sphères, cylindres, cônes, courbes de Bézier ou B-Splines, surfaces NURBS, surfaces de révolution, surfaces de balayage, etc. Il intègre également les composants topologiques : sommets, faces, arêtes, orientations, coïncidences, adjacences, intersections, soustractions, unions, etc.
- **L'outil de visualisation.**
- **Un certain nombre d'applications** : on retrouve le calcul des grandeurs géométriques (distances, inerties, volumes, masses, etc.), les fonctions métiers: assemblage de pièces, production de plans, simulation d'usinage, moulage, fraisage...etc.
- **Un contrôleur** : il gère et manipule les intersections entre les trois outils cités précédemment. [8]

1.3.2. Historique de la CAO [9]

La conception assistée par ordinateur est née aux États-Unis aux environs de 1950 au moment où la General Motors et le Massachusetts Institute of Technology ont imaginé de converser avec un ordinateur par d'autres méthodes que la carte perforée, le ruban magnétique et le ruban perforé. En 1960, après un projet très élaboré, General Motors et IBM ont groupé leurs efforts pour mettre sur pied le premier écran graphique et ont abouti au projet nommé DAC 1 (Design Augmented by Computer). L'équipement comprenait un tube cathodique de grandes dimensions, un crayon électronique, un projecteur de microfilm, le tout branché sur un calculateur IBM 7094; le prototype de tube a ensuite été commercialisé, uniquement pour la CAO, sous l'appellation IBM 2250.

Pour la première fois, un dessinateur en carrosserie pouvait communiquer avec un ordinateur en utilisant son propre langage : le dessin. L'utilisation de ce matériel faisait appel à une équipe de trente personnes comprenant des ingénieurs mathématiciens, des spécialistes en programmation, des spécialistes en définition de pièces de carrosserie et des spécialistes en commande numérique. Cette équipe mettait en place la logique, la théorie mathématique et la méthode d'utilisation, afin d'élaborer un système intégrant l'ensemble des opérations depuis la conception jusqu'à la matérialisation tridimensionnelle. L'idée était de passer directement du croquis et des sections de principe du concepteur à la définition numérique sans réaliser le tracé précis de la pièce employé jusque-là en étude de carrosserie.

La définition numérique était déclenchée à partir de concepts géométriques mis à la disposition de l'utilisateur sous forme de menus affichés sur l'écran.

L'utilisation opérationnelle de ce genre de matériel a commencé en 1965. La diffusion des consoles graphiques IBM 2250, Control Data Gelac 418, Charactron et SC 4020 de Stromberg Carlson dans les bureaux d'études des grandes sociétés automobiles et aéronautiques a donné naissance au Computer Aided Design (CAD).

La plupart des systèmes de CAO sont développés et commercialisés par des sociétés spécialisées (Autodesk, Ciscigraph, Computer-vision, Hewlett-Packard, IBM, Intergraph, etc.)

1.3.3. Domaines d'application de la CAO [10]

De nombreux domaines d'ingénierie font appel à la CAO, nous avons essayé de faire ici un résumé des plus importants domaines d'applications de la CAO pour voir l'ampleur que prend cette dernière, avec ses outils associés (DAO, FAO.....).

- Acoustique** : Etudes sur la propagation et réflexion du bruit,...etc.
- Automatique** : Essentiellement description et simulation des systèmes continus et discrets et de processus.
- Chimie** : Conception et représentation 3D de grosses molécules comme les protéines.
- Electronique** : Conception et simulation de circuits intégrés, circuits imprimés, assemblage de cartes électroniques,...etc.
- Hydraulique** : Modélisation et calcul des écoulements, pressions (champ scalaire), vitesses (champ vectoriel),.....etc.
- Mécanique** : La CAO revêt beaucoup de formes dans ce domaine, la conception et le dessin de pièces mécaniques, la modélisation par la méthode des éléments finis, entre autres, pour le calcul de pressions, déplacements, forces....etc.
- Mécanique des fluides** : Etude des phénomènes de pollution thermique,...etc.
- Thermique** : Etude concernant la diffusion de la chaleur, la modélisation par des méthodes numériques pour le calcul des températures,...etc.
- Génie Civil** : Dessin et conception de bâtiments et de constructions diverses, calcul de résistance des matériaux, calcul de structures,etc.

•**Génie électrique** : Conception des machines électriques (moteurs, transformateurs, contacteurs,...), modélisation de phénomènes électromagnétiques (calcul du champ magnétique ou électrique) par des méthodes numériques tels que la méthode des éléments finis, étude des vibrations mécaniques (phénomène couplé en mécanique et en magnétique), simulation et conception des circuits en électronique de puissance, simulation des réseaux électriques,...etc.

1.3.4. Industries impliquées dans les domaines de la CAO

•**Industrie de l'automobile** : La CAO intervient dans la fabrication des moteurs (problèmes couplés en mécanique et thermique) et de diverses pièces, jusqu'aux calculs aérodynamiques pour la forme de la voiture.

•**Industrie aéronautique** : Modélisation des turbines, conception et fabrication de pièces diverses, résistances des matériaux aux écoulements fluides,...etc.

•**Industrie textile** : Conception de tissus, matière du fil, texture, couleurs, motifs, optimisation du placement et réduction des pertes, ...etc.

•**Industrie nucléaire** : Calculs mécaniques et thermiques pour la conception des réacteurs nucléaires, calcul des écoulements de fluides, transferts de chaleur dans les échangeurs thermiques,...etc.

•**Industrie chimique** : Essentiellement passage des expériences en laboratoire à une production industrielle, calcul de forme, infrastructure, transport de fluides, rejets de produits toxiques,...etc.

•**Domaines pharmaceutiques ou médicaux** : Prothèses dentaires et toutes les prothèses en études de formes, résistances des matériaux,...etc.

•**Industrie de la chaussure** : Passage de la forme 3D d'une chaussure au 2D pour la coupe du cuir, études de formes, modèles, minimisation de chutes,...etc.

•**Industrie sidérurgique** : Conception de fours à chauffage par induction (phénomène couplé thermique et électrique),...etc.

1.3.5. Matériel du CAO

Le matériel de base est un ordinateur qui assure une connexion étroite avec des périphériques graphiques, que ce soient des écrans, des traceurs de courbes ou des tables de dessin.

Ce matériel doit être capable de traiter des problèmes techniques nécessitant une grande capacité de traitement numérique, mais également de stocker en mémoire un grand nombre d'informations correspondants aux données de description de l'objet en cours de conception.

En outre, sa liaison avec un écran de visualisation doit être immédiate ou, au moins, très rapide pour assurer une interactivité indispensable au travail de conception. La liaison avec les unités de tracé, qui sont généralement lentes, n'a pas besoin d'être aussi rapide. Pendant longtemps, les systèmes ont fonctionné à base de mini-ordinateur. Aujourd'hui, ce concept est remplacé par celui de station de travail qui comprend une capacité mémoire importante, une capacité de traitement souvent très grande et un écran en relation directe avec la mémoire. Une telle station de travail est parfaitement adaptée au travail en mode graphique interactif et devient donc l'outil de base idéal de tout système de CAO.

1.3.6. Logiciel de CAO

Dans un système de CAO, le logiciel est l'élément fondamental qui va permettre de conférer au système les qualités de fonctionnement, de convivialité et de fiabilité qui en feront le partenaire efficace du concepteur. Le logiciel d'un système de CAO peut être décomposé en trois éléments essentiels dont les fonctions sont bien distinctes : le logiciel de base, le logiciel finalisé et les logiciels d'applications. Ces derniers constituent la couche la plus externe du système et sont spécifiques à chaque famille d'applications (mécanique, électronique, électrotechnique, ... etc.).

Le logiciel de base est consacré à la gestion et à l'optimisation du fonctionnement interne de l'ordinateur et de ses périphériques. Cette partie du logiciel est le système d'exploitation qui accomplit les tâches qui permettent au programme de l'utilisateur d'être exécuté

fidèlement en gérant de manière optimale les ressources de l'ordinateur, de la station de travail ou du réseau.

Par contre le logiciel finalisé est centré sur les aspects fondamentaux de l'interaction entre le concepteur et son projet et gère les aspects généraux de structuration des informations et de gestion des algorithmes propres à tous les systèmes de CAO. Il est formé de tous les outils qui permettent, à partir du logiciel de base, de traiter toutes les applications relatives à l'objet en cours de conception.

A titre d'exemple de logiciels de CAO on peut citer AutoCAD, SolidWorks, Catia, SolidConcept, SolidEdge, ProEngineer, ACIS....

1.3.7. Outils satellites

La conception assistée par ordinateur s'intègre au processus global de gestion des cycles de vie des produits et est à ce titre relayée par d'autres outils qui viennent en compléter l'usage :

- **L'ingénierie assistée par ordinateur (IAO)** et l'analyse par éléments finis (AEF) qui désigne les solutions logicielles permettant de simuler dans un environnement virtuel aux contraintes paramétrées le comportement physique d'un futur produit.
- **La fabrication assistée par ordinateur (FAO)** regroupant les solutions logicielles qui définissent les opérations de fabrication. Il s'agit d'un outil de programmation qui permet de fabriquer des modèles physiques à l'aide de programmes de CAO.
- **Les machines-outils à commande numérique (CN)** exécutent le programme FAO, afin de découper un profil, graver un motif, thermoformer un volume, polir un objet etc.
- **Les logiciels de rendus photos-réalistes** qui permettent d'obtenir un aperçu réaliste de l'aspect final du produit et d'en étudier l'esthétique. Ils sont souvent utilisés dans les phases de communication d'un projet et ont atteint une telle qualité visuelle qu'ils remplacent de plus en plus souvent le produit original sur une affiche publicitaire.

1.3.8. Logiciels CAO en robotique

Dans le cas général, les systèmes CAO en Robotique ont deux objectifs majeurs.

- ❖ Aide à la conception et à la simulation ainsi que l'optimisation des cellules robotisées, au moyen des outils dont ils disposent pour la modélisation des robots et de leurs environnements. Ces systèmes permettent de générer des trajectoires, d'analyser les mouvements, de détecter les collisions et d'évaluer des temps de cycle.
- ❖ Les systèmes CAO en robotique permettent de créer hors ligne des programmes téléchargeables et exécutables par les robots manipulateurs conçus.
- ❖ Ces systèmes de CAO ont été développés principalement pour simuler des robots industriels ayant des structures sérielles. La simulation d'un robot existant dans une cellule de production complète permet aux concepteurs de réduire de manière très considérable le temps de conception d'un produit et d'améliorer sa qualité. De nos jours, le comportement des mouvements des systèmes robotisés simulés par un de ces logiciels est conforme à la réalité avec une grande précision.

1.4. Conclusion

Dans ce chapitre on a défini la robotique d'une façon générale, ses commandes et son utilisation. On a aussi donné les différents robots qui existent dans l'industrie et leur importance dans la vie quotidienne de l'être humain. Ensuite un bref aperçu sur la CAO a été présenté en citant l'utilité des logiciels de CAO, leur domaine d'utilisation ainsi que les logiciels CAO en robotique.

Chapitre II

*Présentation du bras
manipulateur de la
cellule flexible*

2.1. Introduction

Dans cette partie on va faire une présentation et description de la cellule flexible et les éléments constitutifs du bras de robot manipulateur du laboratoire de recherche d'automatique de l'université de Tlemcen. Puis la structure, le principe de fonctionnement ainsi que la modélisation cinématique du bras horizontal manipulateur chargement-déchargement seront détaillés.

2.2 Présentation de la cellule flexible

La cellule flexible est localisée dans le laboratoire de recherche d'automatique de l'université de Tlemcen. Cette cellule contient deux machines-outils à commande numérique didactique tour et fraiseuse ainsi qu'un robot de chargement-déchargement des pièces. Ils sont liés les uns aux autres par un PC superviseur et les connecteurs RS 232 et un dataswitch. Cette cellule permet la réalisation automatique des pièces de type divers par supervision à partir d'un ordinateur central.

2.3. Description du robot de la cellule flexible

Le robot chargeur-déchargeur de la cellule flexible est un bras manipulateur à commande numérique guidé par une logique programmée (microcontrôleur) sa fonction est de monter/démonter les pièces à usiner dans les machines-outils à commande numérique. Les paramètres de déplacement de ce bras de robot sont transmis au moyen d'un système de commande informatique.

La figure 2.1 donne une image du bras manipulateur de la cellule flexible :

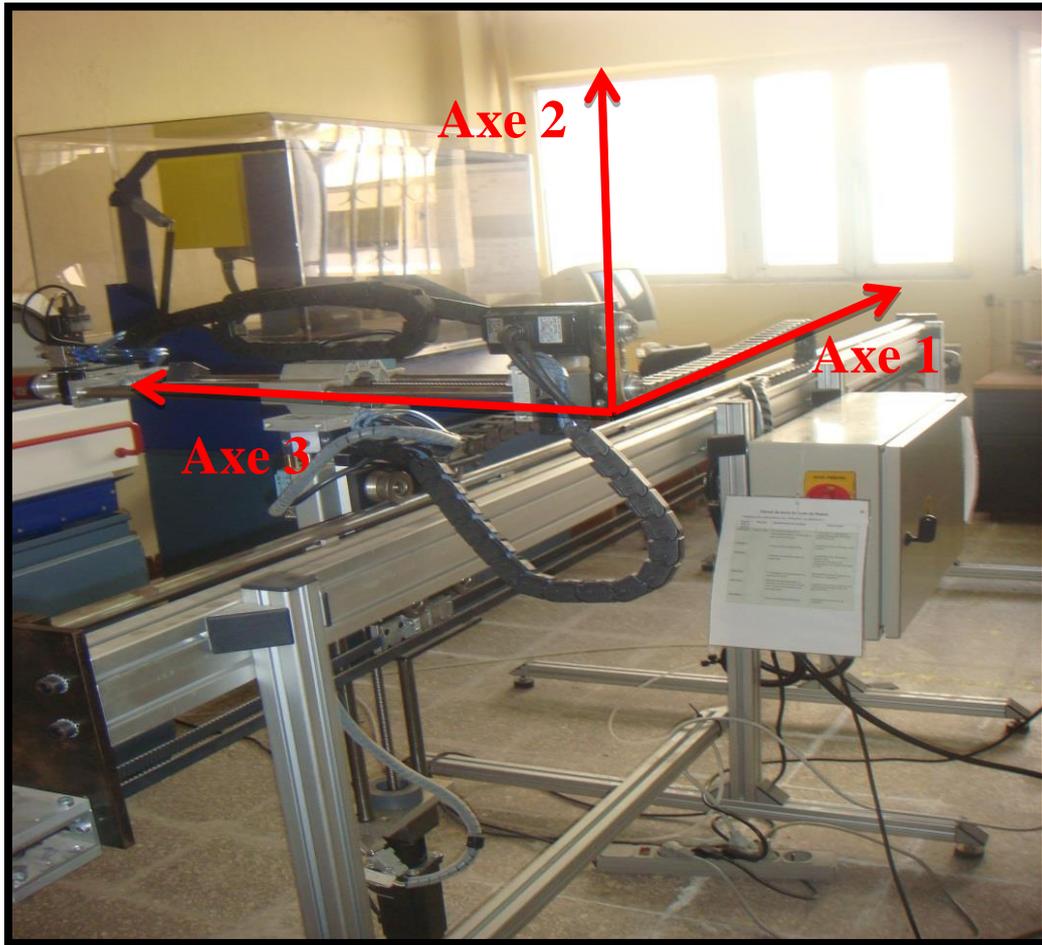


Figure 2.1: Robot montage-démontage (3 axes)

2.3.1. Structure générale du robot

La structure générale du bras horizontal du robot est donnée par la figure 2.2 :

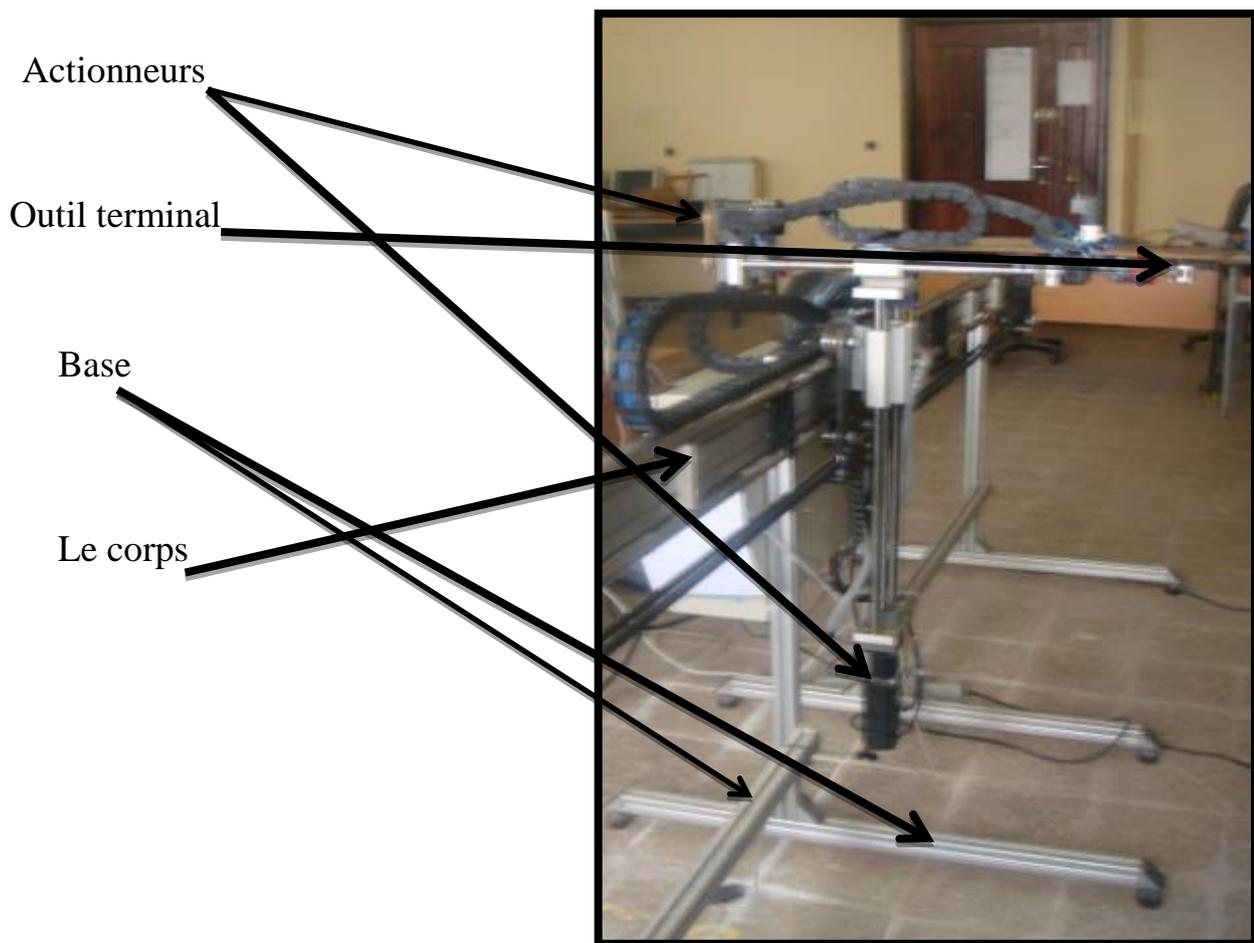


Figure 2.2: Structure du bras manipulateur

2.3.2. Les caractéristiques du robot

2.3.2.1. Les caractéristiques dimensionnelles

3 axes (X, Y, Z) :

- ❖ Déplacement en X : 3000mm
- ❖ Déplacement en Y : 410mm
- ❖ Déplacement en Z : 460mm

2.3.2.2. Les caractéristiques électriques

Alimentation monophasée : 220v-50hz

Puissance : 1000va (puissance apparente)

2.3.2.3. Les caractéristiques physiques : Le bras se compose de :

- Une barre en aluminium qui porte les glissières suivant l'axe X.
- Un bâti constitué des quatre pieds en aluminium.

2.3.2.4. Les caractéristiques mécaniques

- 3 axes
- Transmission par vis à billes a recirculation
- Entraînement par moteur pas à pas sur X Y Z
- Pince
- Déplacement en X : 3000mm
- Déplacement en Y : 410mm
- Déplacement en Z : 460mm
- Résolution : 0.01mm
- Avance : de 0 a999 mm/mn
- Prise d'origine machine par capteurs.

2.3.3. Différentes parties du robot montage –démontage

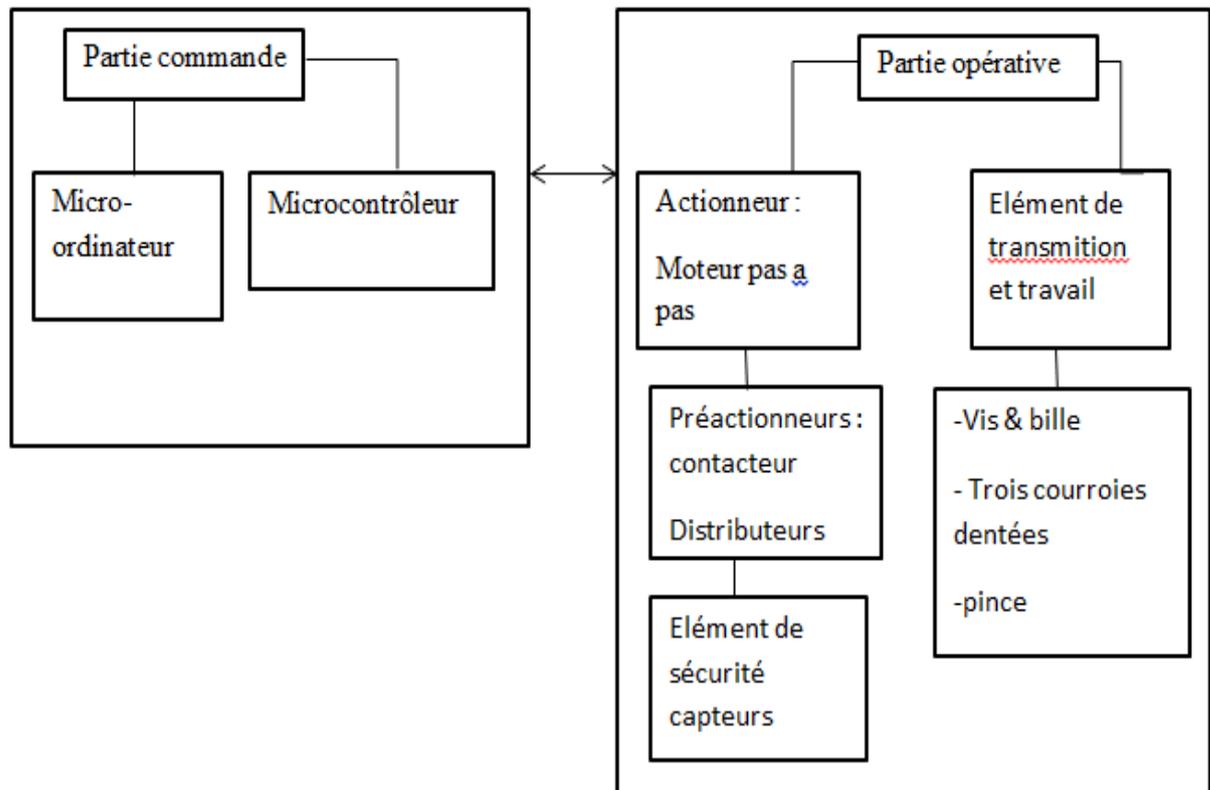


Figure 2.3: Les deux parties du bras du robot [10]

2.3.4. Composantes du bras manipulateur

Le robot se compose de deux parties :

- ❖ Les composantes mécaniques : permettent de déplacer le bras selon les trois axes.
- ❖ Les composantes commande : permettent de guider le robot grâce à sa logique programmée.

2.3.4.1. Partie commande : Le système commande est constitué par :

➤ *le micro-ordinateur un PC Intel Pentium :*

- 2Mo RAM
- 550 MHZ
- Écran couleur.
- Une carte série pour la

Communication entre le micro-ordinateur et la carte électronique de commande.

➤ *le micro-ordinateur un PC Intel Pentium :*

- 2Mo RAM
- 550 MHZ
- Écran couleur.
- Une carte série pour la

Communication entre le micro-ordinateur et la carte électronique de commande.



Figure 2.4: Ordinateur de la cellule flexible

➤ *La carte électronique :*

Les éléments fonctionnels qui composent la carte sont :

- Les alimentations en courant continu
- Le microcontrôleur.
- Une interface série RS-232.
- Une interface optoélectronique pour la réception de signaux des capteurs
- Des interfaces de commande et de puissance des moteurs universels.
- Une interface convertisseur numérique analogique pour la consigne moteur proche.



Figure 2.5: Carte électronique

➤ *Servopack* :

Le Servopack est un amplificateur qui traite le signal d'erreur électrique d'entrer et le corrige afin de faire actionner le moteur pas à pas.



Figure 2.6: Servopack du bras manipulateur

➤ *Capteurs* :

Dans ce robot il y a 3 capteurs de fin de course fixés sur le bâti selon 3 axes X, Y et Z ; son rôle est de transmettre les informations aux microcontrôleurs sur la position et l'état de la partie opérative du bras de robot manipulateur.



Figure 2.7: Capteur de fin de course du robot

➤ *Vérin pneumatique* :

C'est un vérin a double effet qui est utilisé avec de l'air comprimé entre 2 et 10 bars dans l'usage de courant. Ce vérin réalise le mouvement de l'ouverture et la fermeture de la pince et une rotation de 45° dans les deux sens.

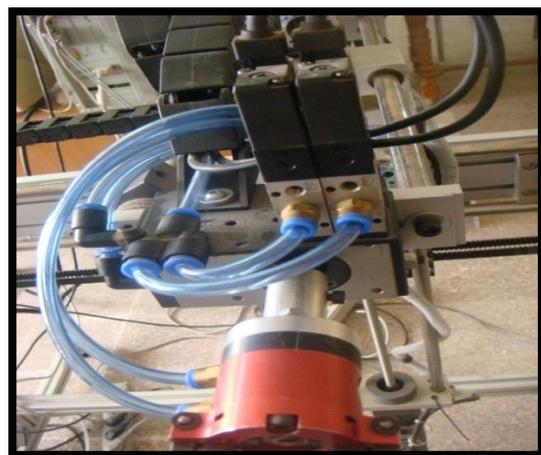


Figure 2.8: Vérin pneumatique

2.3.4.2. Partie mécanique

L'équipement mécanique consiste en un système de transmission de mouvement rotatif évident par le moteur pas à pas sur les trois axes et un système de travail constitué de :

➤ *Courroie synchrone :*

Est une courroie dentée qui permet de transmettre le mouvement de rotation généré par le moteur pas à pas en mouvement de translation sans glissement sur l'axe X.



Figure 2.9: Courroie synchrone

➤ *Vis à bille :*

Celle-ci est assurée de transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation grâce à la technique de recirculation de billes à l'intérieur de l'écrou.



Figure 2.10: Vis à bille

➤ *Pince :*

Elle sert de monter-démonter les pièces mécaniques dans les machines-outils et est commandée par le vérin pneumatique a double effet ; lorsqu'il y a fermeture de vérin il y a l'ouverture de la pince.



Figure 2.11: Pince

➤ **Moteur pas à pas :**

Notre bras manipulateur contient 3 actionneurs (moteur pas à pas) qui permettent de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.



Figure 2.12: Actionneur

2.3.5. Mode de fonctionnement

Le fonctionnement de cette machine est réalisé par l'assistance de deux cycles :

2.3.5.1. Le cycle commande :

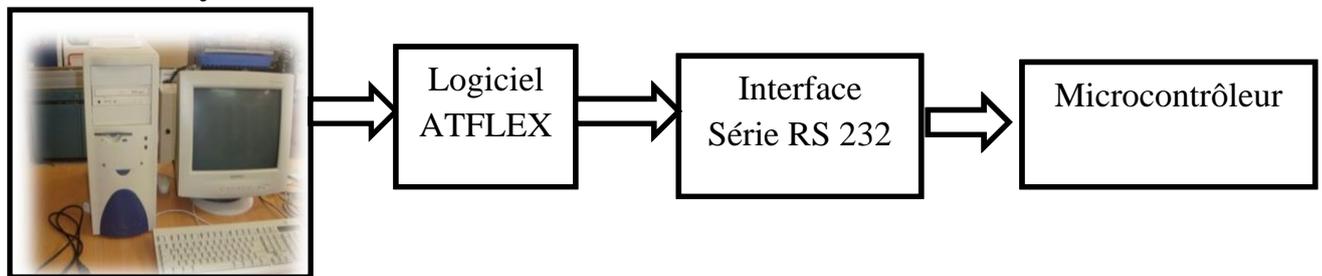


Figure 2.13: Constitution de la chaine cycle commande

2.3.5.2. Cycle opérative

2. a Fonctionnement suivant l'axe X

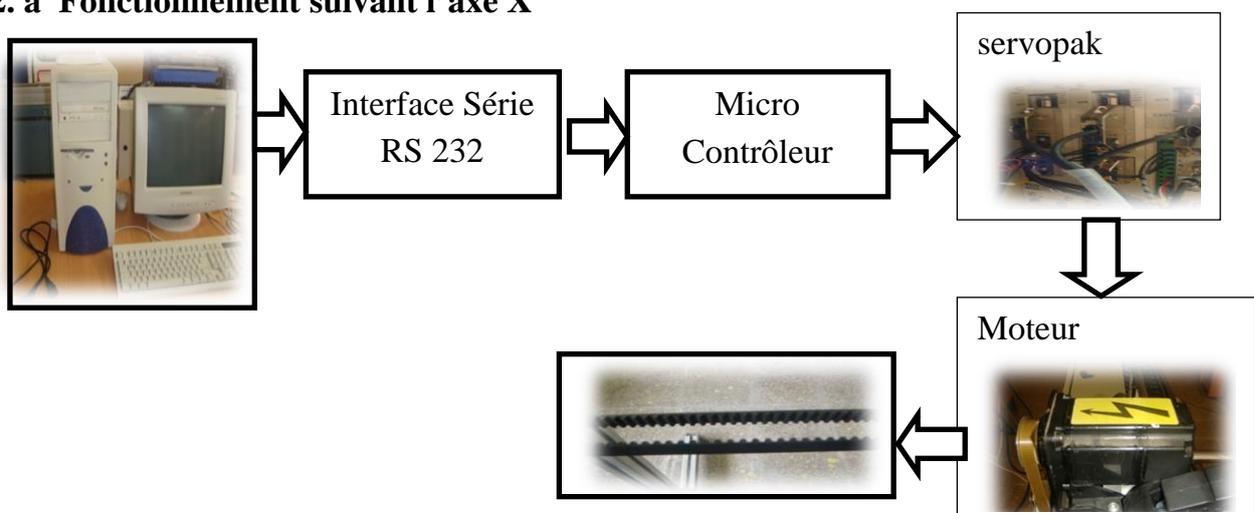


Figure 2.14: Fonctionnement suivant l'axe X

2.b Fonctionnement suivant l'axe Y :

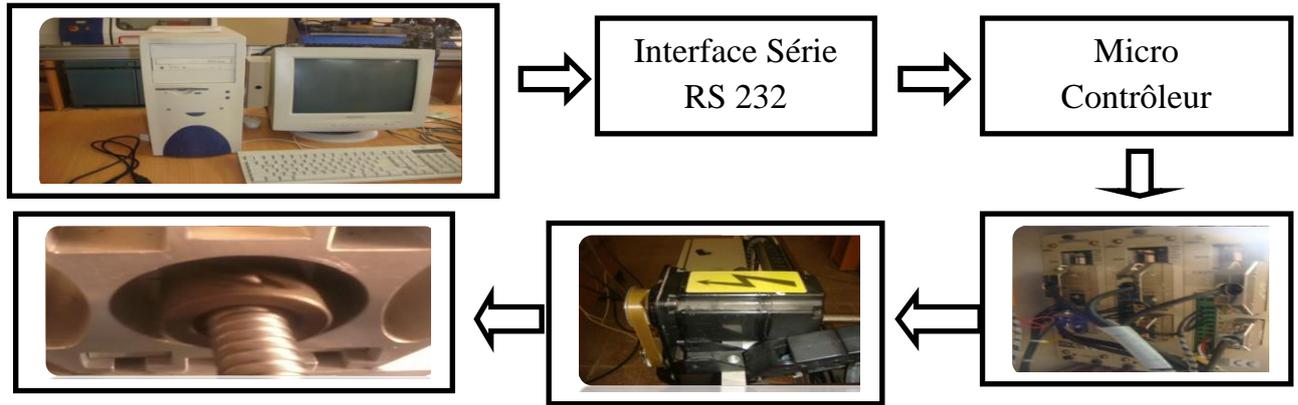


Figure 2.15: Fonctionnement suivant l'axe Y

2.c Fonctionnement suivant l'axe Z :

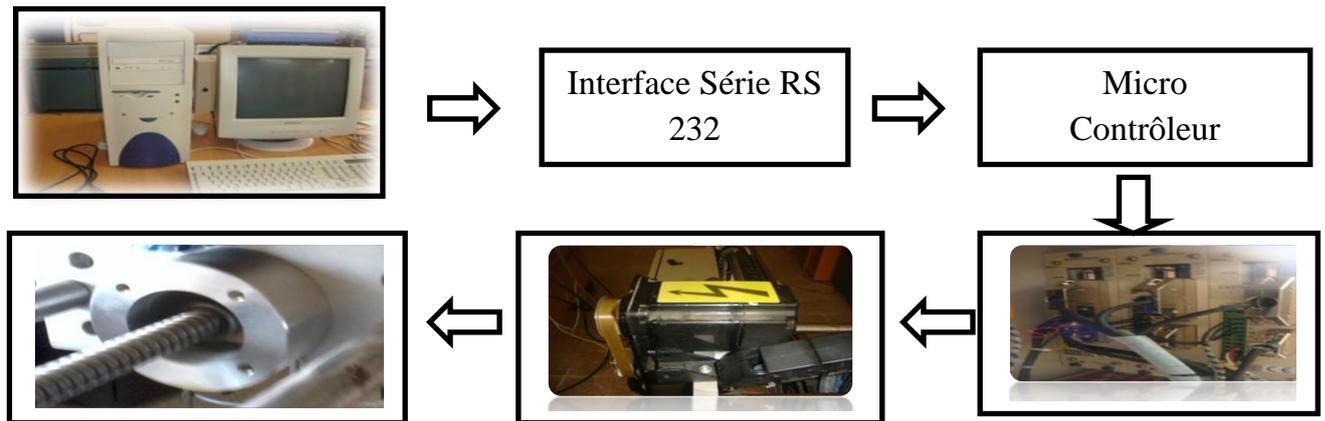


Figure 2.16: Fonctionnement suivant l'axe Z

2.4. Bras horizontal du robot manipulateur



Figure 2.17: Bras horizontal

2.4.1. Principe de fonctionnement du bras horizontal

Le bras horizontal correspond à l'axe 3 de la figure 2.1. Sur cet axe il y a un moteur pas à pas qui fait tourner l'ensemble de matière qui se compose de deux petites roues dentées liées entre elles avec une courroie crantée. Ce petit système fait tourner la grande tige hélicoïdale. Cette dernière se déplace tout en avant et en arrière à l'aide de deux glissières. A la fin du système il y a un vérin pneumatique et une pince pour le chargement/déchargement des pièces.

2.4.2. Modélisation cinématique du bras horizontal

La modélisation cinématique nous transmet une idée sur le mouvement de solide dans l'espace sans s'occuper des forces qui le provoque au contraire de la dynamique.

Chapitre III

*Modélisation des
pièces du bras
horizontal du robot*

3.1. Introduction

Le but de notre travail est de faire la rétroconception du bras horizontal du robot de la cellule flexible du laboratoire de recherche de l'université de Tlemcen. A cet effet ce chapitre sera consacré à la conception des différentes pièces de ce bras avant de passer à l'assemblage de ces dernières dans le prochain chapitre.

La conception mécanique de ces pièces se fera par des outils informatiques de CAO dans ce cas on va utiliser solidworks2011. On va donner les étapes de modélisation de chaque pièce (au moins 5 pièces détaillées vue le nombre important de pièces).

Avant de passer à la rétroconception de ces pièces on va d'abord présenter un rappel sur la modélisation géométrique d'une façon générale et l'outil CAO utilisé.

3.2. Modélisation géométrique [11]

3.2.1. Définition

Il existe trois types de modélisation 3D : filaire, surfacique et volumique. Ces modélisations permettent une représentation « réelle » des objets. Elles apportent une aide très précieuse quand la complexité des formes et/ou des représentations de ces formes devient trop importante pour la méthode classique du dessin technique utilisée en 2D.

Une des contradictions importantes que doivent résoudre les modélisations tridimensionnelles est la nécessité d'une représentation, la plus réelle possible, des objets et la nécessité d'un temps de réponse le plus réduit possible (pour l'affichage à l'écran).

Une solution est de faire varier la modélisation et/ou la représentation utilisée en fonction du stade d'avancement des travaux où elle intervient. Par exemple, dans un même logiciel, « couplage » des modélisations filaire et surfacique ou surfacique et volumique, ou « couplage » de différentes représentations : traits ou images (ombrées, colorées).

3.2.2. Avantages

Le 3D permet souvent de diminuer (ou d'éviter) l'étape coûteuse (et fastidieuse) de la maquette. Ceci grâce aux caractéristiques suivantes :

- les visualisations possibles.
- l'ouverture du modèle.

3.2.3. Inconvénients

Les inconvénients ne sont pas absents, surtout en ce qui concerne :

- les coûts.
- les temps.
- les applications.

3.3. Modélisation du bras horizontal

3.3.1. Métrologie

Pour bien modéliser les différentes pièces du bras horizontal on utilise des instruments métrologiques disponibles dans le laboratoire qui sont : pied à coulisse et le mètre.



Figure 3.1: Pied à coulisse



Figure 3.2: Mètre

3.3.2. Choix de l'outil informatique de CAO

Pour la modélisation géométrique (conception assistée par ordinateur) des différentes pièces du bras du robot on va utiliser le logiciel de CAO solidworks 2011 à cause de la disponibilité de ce dernier et les connaissances acquises durant notre formation.

3.3.2.1. Présentation de SolidWorks

Le logiciel de conception mécanique SolidWorks est un outil de conception de modélisation volumique paramétré, basé sur des fonctions, qui tire parti des fonctionnalités de Windows TM, connu pour sa convivialité. On peut créer des modèles volumiques 3D entièrement intégrés avec ou sans contraintes tout en utilisant des relations automatiques ou définies par l'utilisateur pour saisir l'intention de conception.

Un modèle SolidWorks est entièrement intégré par rapport aux mises en plan et aux assemblages qui le référencent. Les changements introduits dans le modèle sont entièrement reflétés dans les mises en plan et les assemblages qui lui sont associés. Inversement si on effectue des changements dans le contexte d'une mise en plan ou d'un assemblage, ces changements sont reflétés dans le modèle.

Les relations géométriques telles que les relations parallèles, perpendiculaires, horizontales, verticales, concentriques et coïncidentes sont des exemples des contraintes supportées par SolidWorks. Des équations peuvent également être utilisées pour établir des relations mathématiques entre les paramètres. Par ces moyens on peut garantir que des concepts seront établis et conservés.

3.3.2.2. Historique

En 1993, trois ingénieurs de B.T.C ont créé un logiciel de CAO de la génération des modeleurs 3D. Le développement de ce logiciel a nécessité trois années, et sa venue en

Europe en 1996. Dix mises à jour depuis ont participé à l'évolution de ce produit. C'est un produit qui a été écrit et optimisé pour l'environnement Windows.

En juillet 1997, DASSAULT SYSTEM rachète la société qui est détentrice de la licence du produit et l'intègre dans l'univers DASSAULT.

3.3.2.3. Fonctionnement

SolidWorks est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

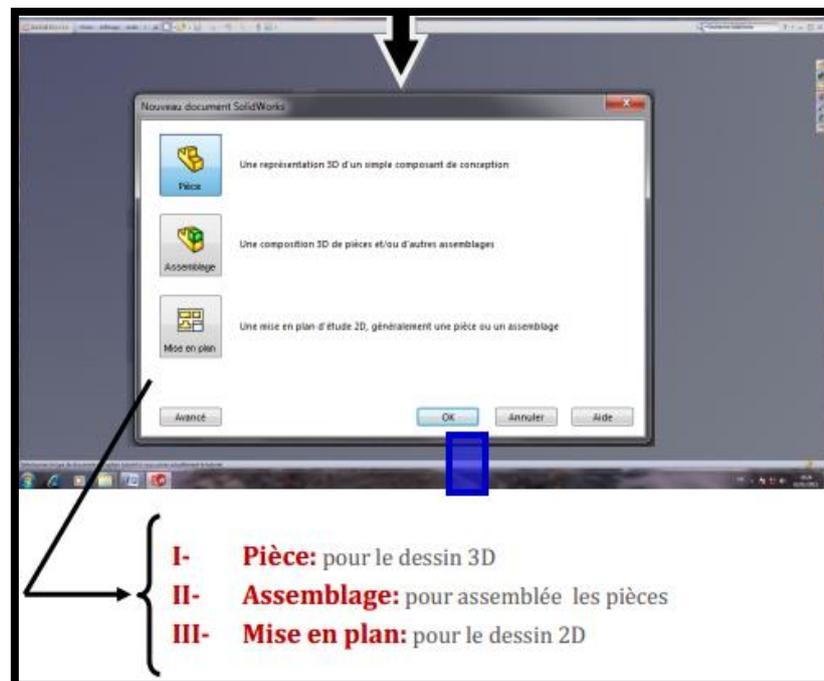


Figure 3.3: Créer ou ouvrir un document

A. Conception des pièces

Les pièces se conforment à partir d'une esquisse dessinée sur un plan. Cette esquisse 2D est obtenue par des formes géométriques simples comme lignes et cercles.

Une fois l'esquisse prête, le logiciel offre plusieurs fonctions à exécuter. On peut la prolonger vers une direction (extrusion), la faire tourner autour d'un axe ou réaliser plusieurs autres opérations.

Le dessin est paramétré, c'est-à-dire qu'on peut modéliser la forme souhaitée sans se préoccuper des dimensions exactes. Les dimensions des différentes pièces peuvent être liées de façon que lorsqu'une change, les autres changent aussi.

B. L'assemblage

A mesure qu'on réalise les pièces, on peut les assembler dans un nouveau fichier qui contiendra seulement les contraintes et rapports qu'on a imposé aux pièces. Les contraintes définissent la position des pièces dans l'ensemble et les liaisons entre elles. On peut donc imposer que deux pièces soient concentriques, que deux surfaces soient coplanaires ou par exemple que la distance entre deux surfaces soit déterminée.

On peut créer un assemblage d'assemblages et comme cela construire des grands ensembles de façon structurée et ordonnée.

C. La mise en plan

Pour que l'atelier puisse réaliser les pièces, il a besoin de plans en 2D plutôt que d'un dessin tridimensionnel dont la cotation serait assez confuse.

SolidWorks possède un module capable de projeter des vues de pièces ou d'ensembles sur un plan. Ensuite on peut faire des coupes et d'autres opérations pour mieux représenter la pièce sur le plan. La cotation est automatique même si elle n'est pas toujours optimisée pour l'usinage. Un changement sur une cote du plan entraîne la modification automatique de cette dimension sur la pièce d'origine et vice-versa.

3.3.3. Modélisation des différentes pièces de notre bras horizontal

Les figures 3.4 et 3.5 donnent les différentes pièces qui composent ce bras horizontal.

✚ Il y a des pièces qu'on ne peut pas voir qui sont :

- Les vis.
- Les pièces dépendant du vérin.

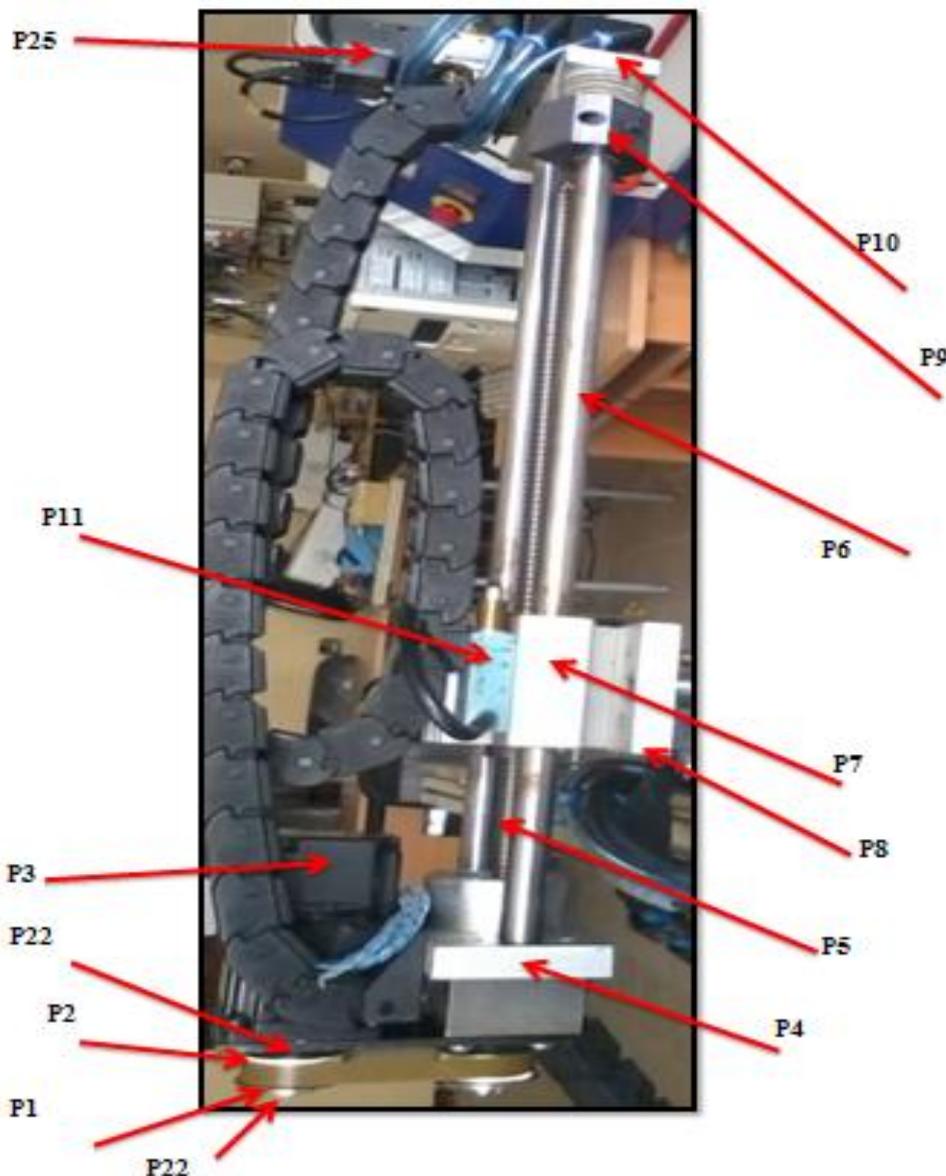


Figure 3.4: La première partie des pièces

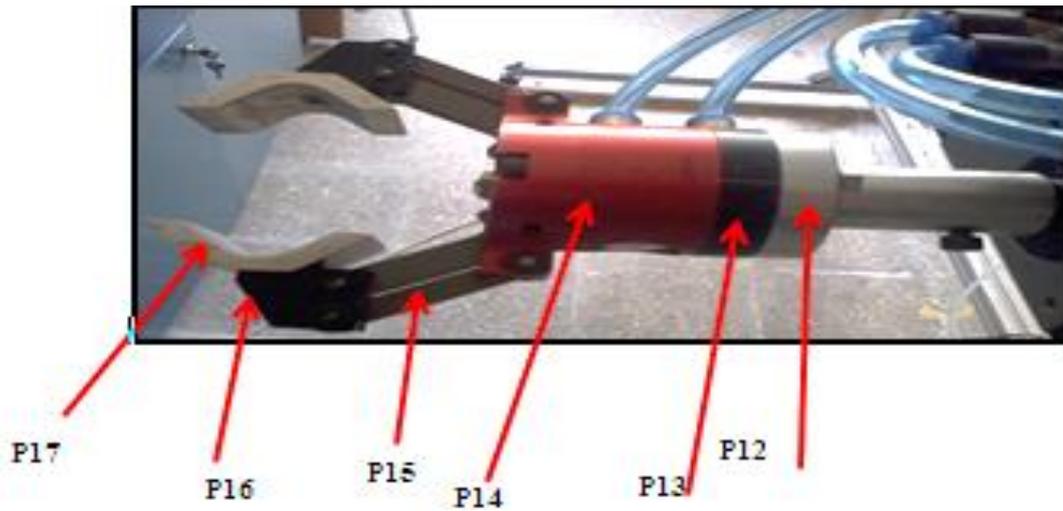
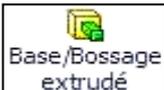
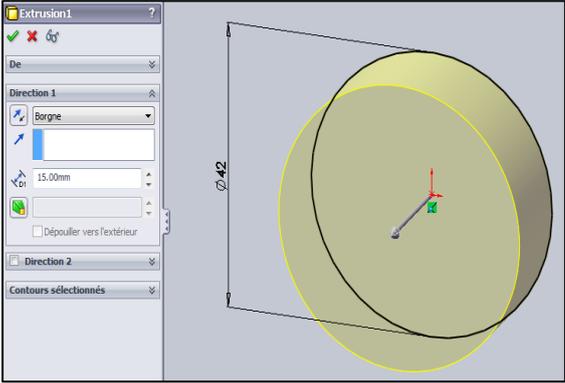
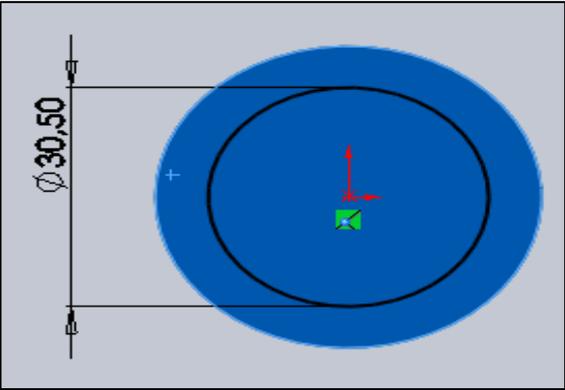
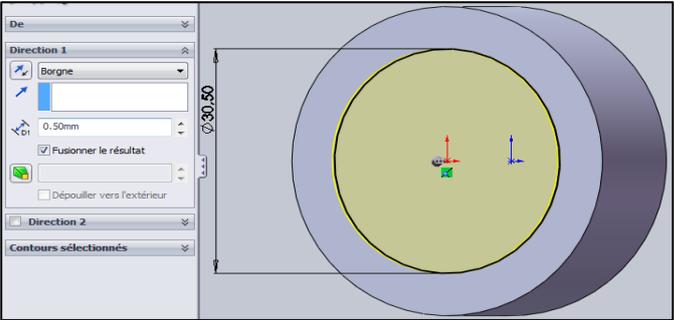
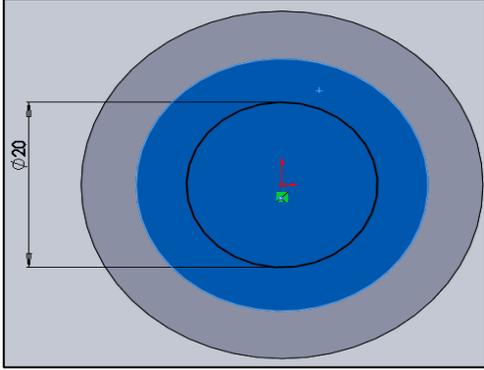
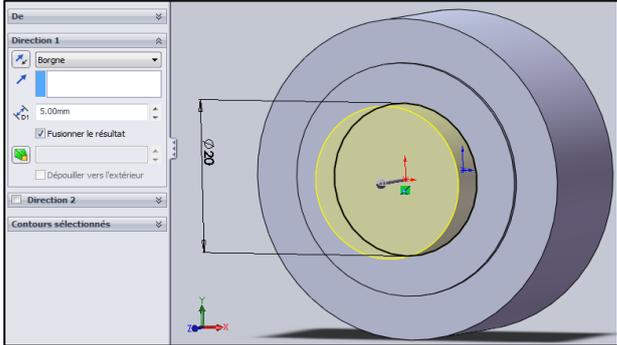
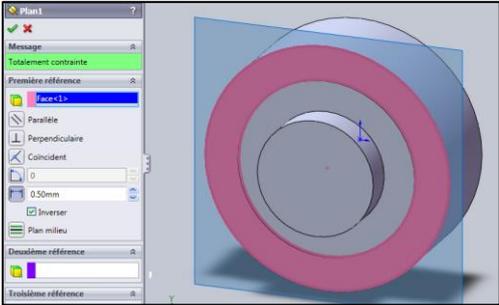
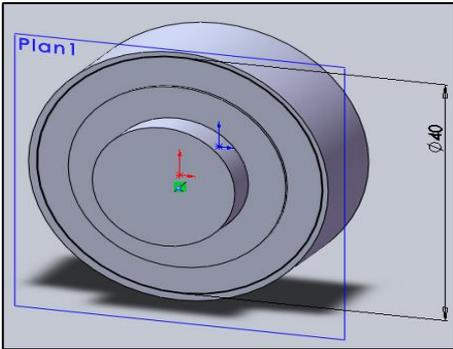


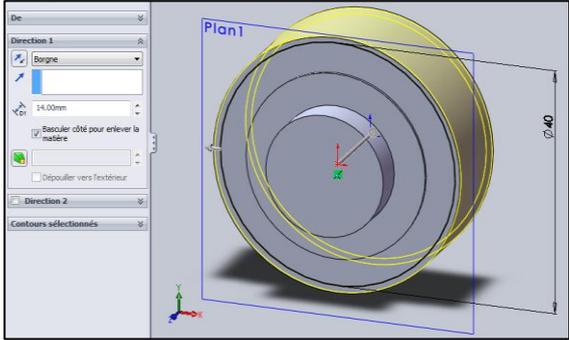
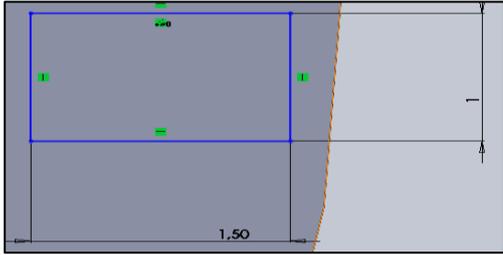
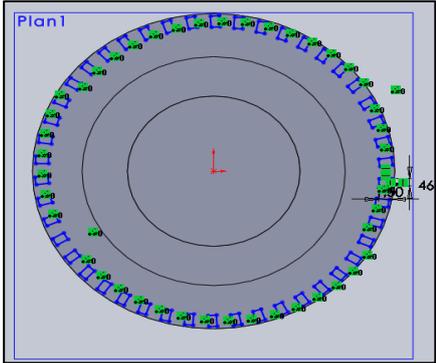
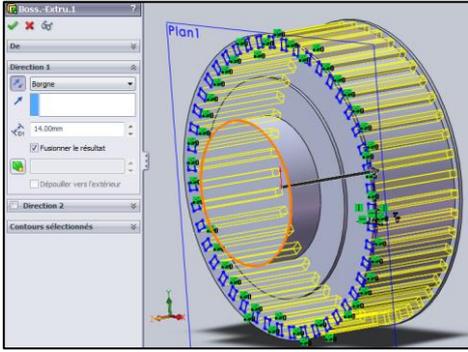
Figure 3.5: La deuxième partie des pièces

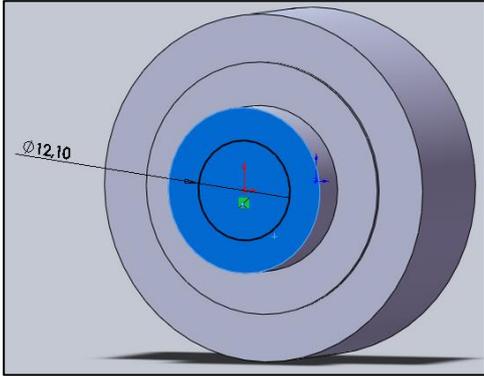
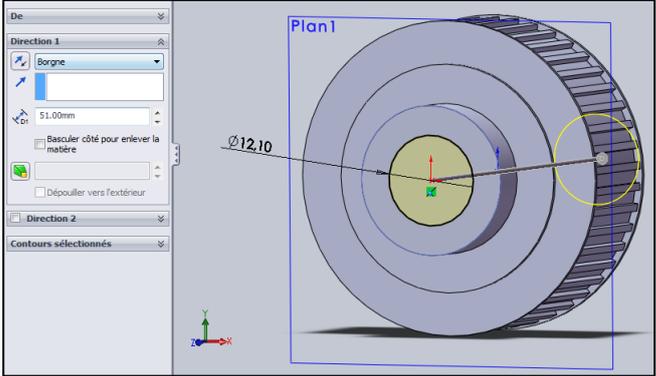
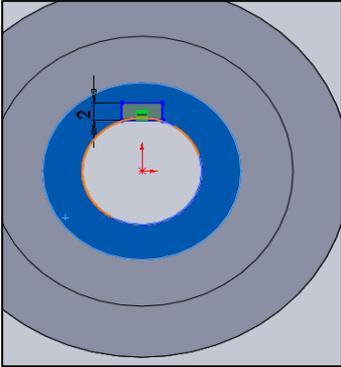
3.3.3.1. Modélisation de P1 (roue dentée)

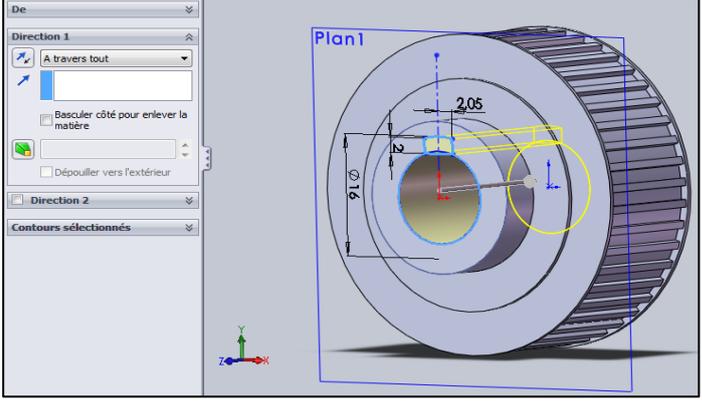
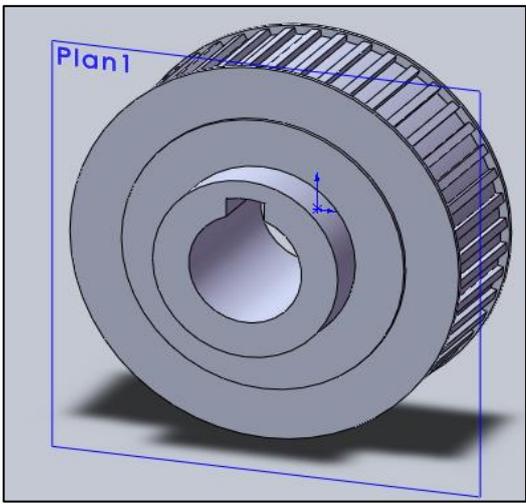
1	Démarrer SolidWorks et Ouvrir une nouvelle pièce.	
2	Sélectionner le plan de face, créer une esquisse et dessiner la forme ci-contre en la cotant.	<p>Esquisse d'un cercle de diamètre 42 mm sur un plan de face. Le cercle est centré sur un repère de coordonnées (origine rouge) et est coté avec une dimension de $\Phi 42$ mm.</p>

<p>3</p>	<p>Extruder</p>  <p>Base/Bossage extrudé</p> <p>l'esquisse à une épaisseur de 15 mm. Le modèle est prêt.</p>	
<p>4</p>	<p>Sélectionner le plan de face sur le cylindre et dessiner un cercle.</p>	
<p>5</p>	<p>Extruder</p>  <p>Base/Bossage extrudé</p> <p>l'esquisse à une épaisseur de 0.5 mm. Le modèle est prêt.</p>	

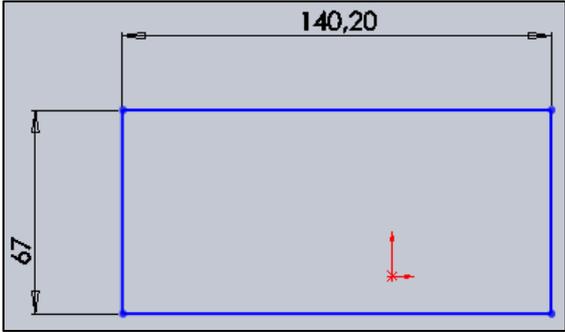
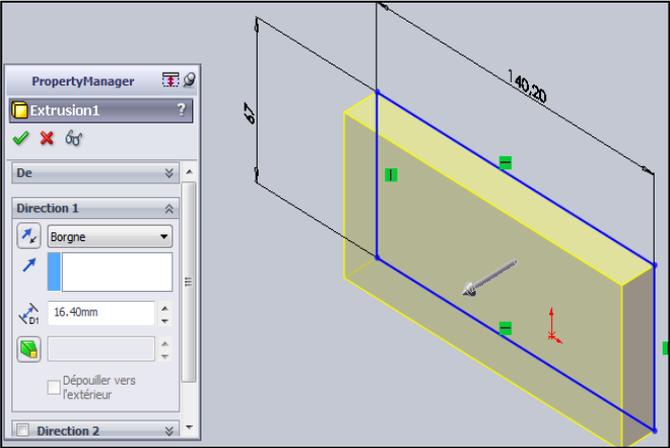
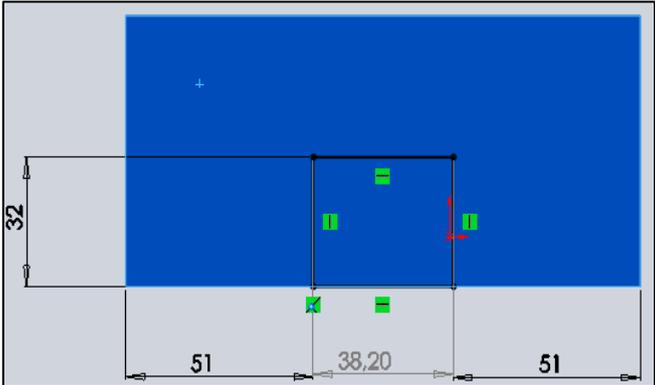
<p>7</p>	<p>Sélectionner le plan de face sur le cylindre et dessiner un cercle.</p>	
<p>8</p>	<p>Extruder  Base/Bossage extrudé l'esquisse à une épaisseur de 5 mm. Le modèle est prêt.</p>	
<p>9</p>	<p>Choisir plan de face. dans le Property Manager choisir la distance de décalage 0.5mm</p>	
<p>10</p>	<p>Dessiner le cercle dans le plans 1 qu'on a créé</p>	

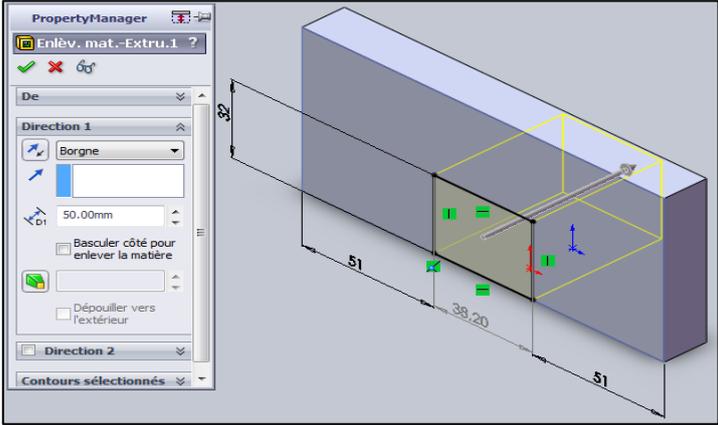
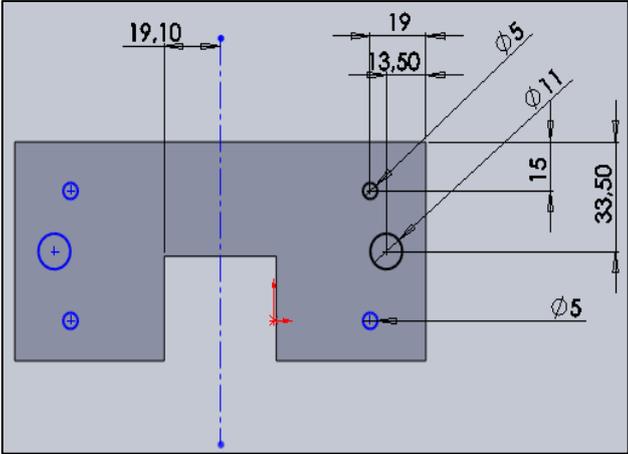
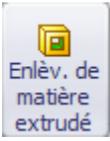
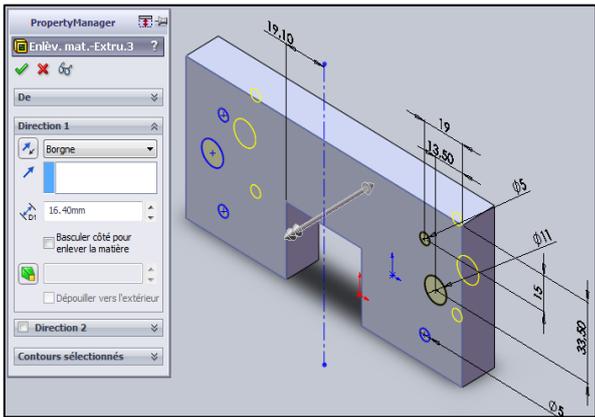
<p>11</p>	<p>Choisir la fonction enlèvement de matière à une épaisseur de 14mm</p> 	
<p>12</p>	<p>Dessiner un rectangle sur le plan1</p>	
<p>13</p>	<p>Utiliser la répétition Circulaire 46 fois sur le rectangle créé</p> 	
<p>14</p>	<p>Extruder l'esquisse à une épaisseur 14mm</p> 	

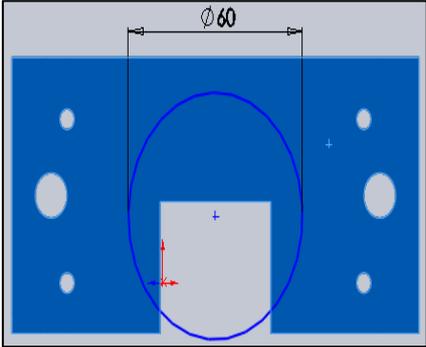
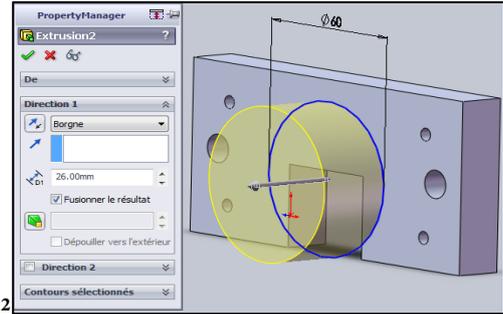
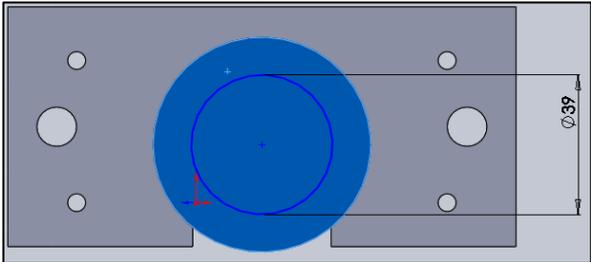
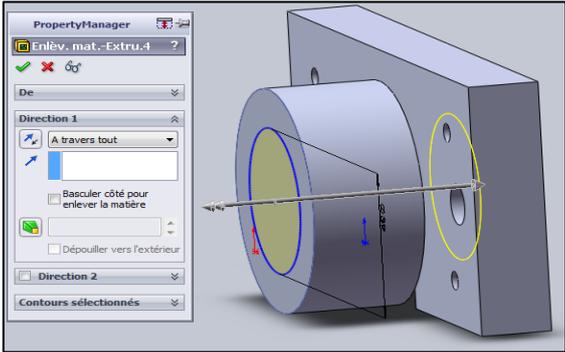
<p>15</p>	<p>Sélectionner le plan de face et esquisser un cercle de diamètre 12.10mm</p>	
<p>16</p>	<p>Choisir la fonction enlèvement de matière à une épaisseur de 51mm.</p> 	
<p>17</p>	<p>Sélectionner le plan de face et esquisser un rectangle</p>	

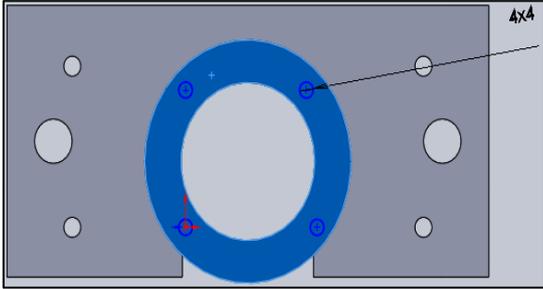
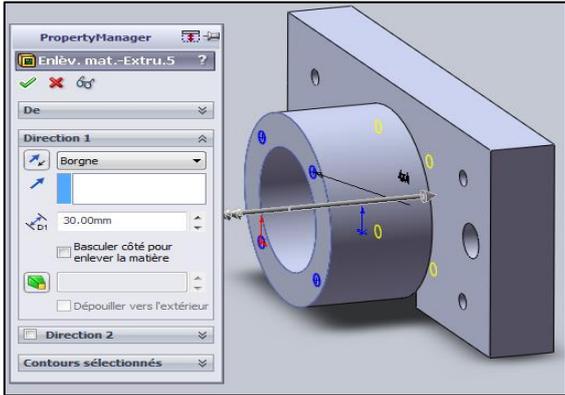
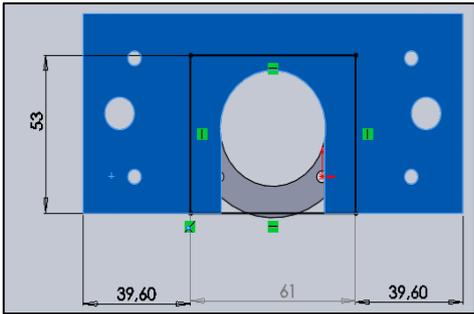
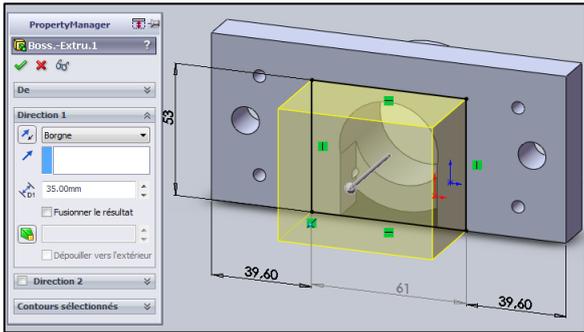
<p>18</p>	<p>Choisir la fonction enlèvement de matière à une épaisseur de 51mm.</p> 	
<p>19</p>	<p>Le modèle est fini</p>	

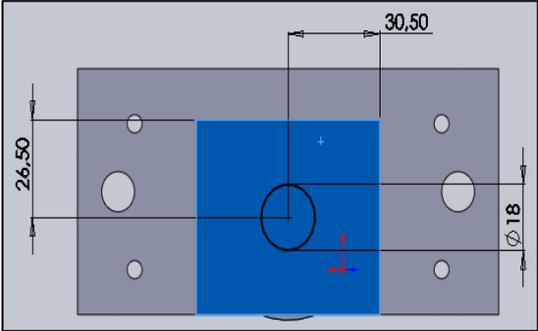
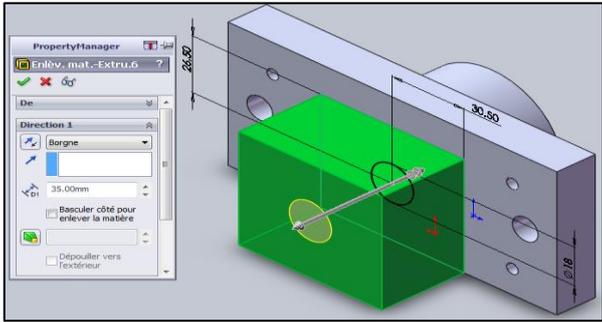
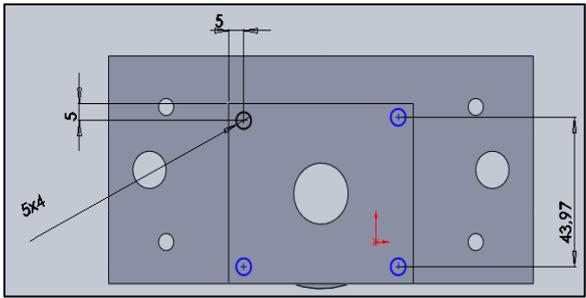
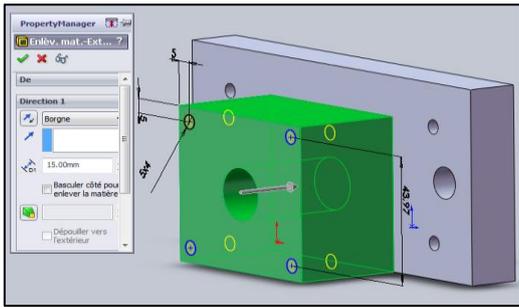
3.3.3.2. La modélisation du P4

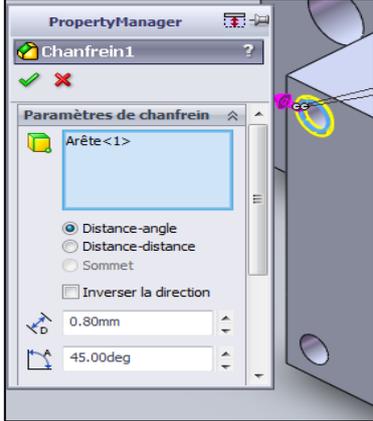
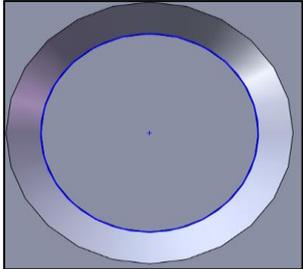
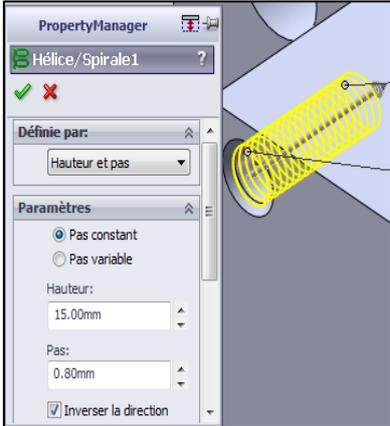
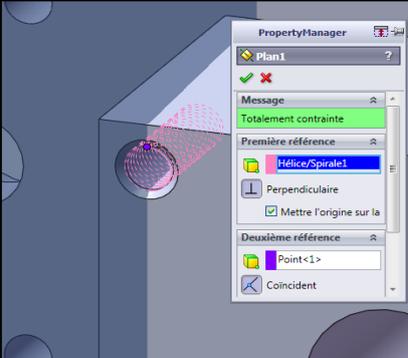
1	Démarrer SolidWorks et Ouvrir une nouvelle pièce	
2	Sélectionner le plan de face et dessiner une rectangle	
3	Extruder l'esquisse à une épaisseur de 16.4mm	
4	Sélectionner la face et créer un rectangle	

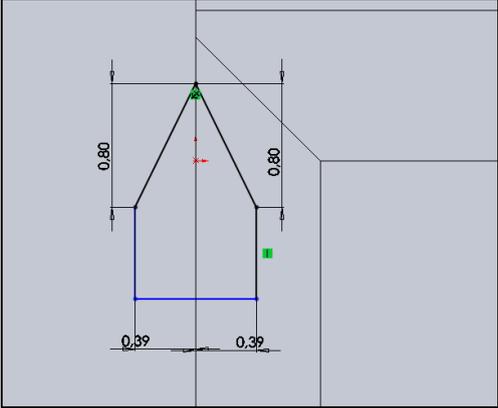
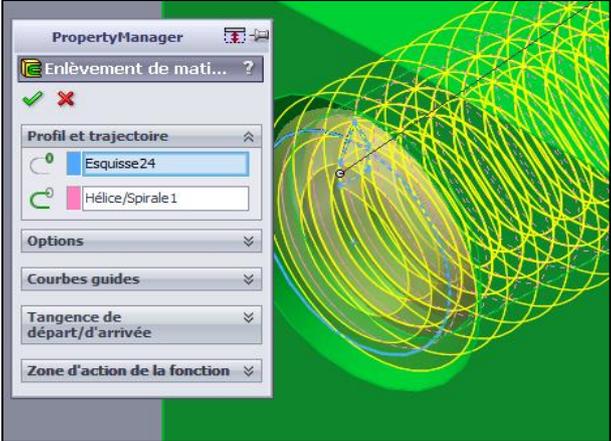
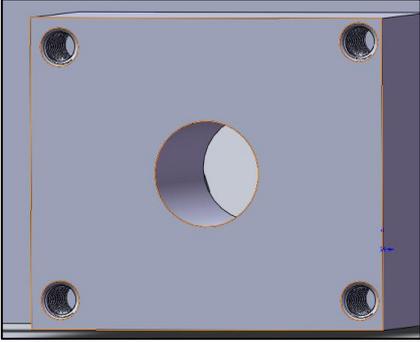
<p>5</p>	<p>Utiliser la fonction enlèvement de matière sur l'esquisse à une épaisseur de 16.4mm</p>	
<p>6</p>	<p>Esquisser 3 cercles et une ligne de construction sur le plan sélectionné et utiliser l'entité symétrique sur les cercles par rapport à la ligne de construction</p>	
<p>7</p>	<p>Après avoir fini la symétrie utiliser la fonction  à une épaisseur de 16.4mm.</p>	

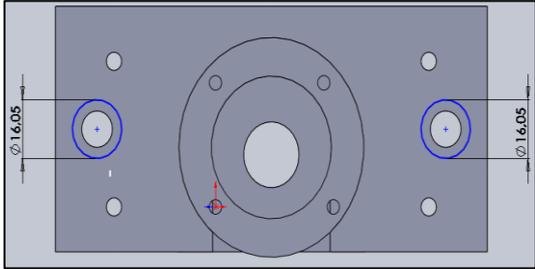
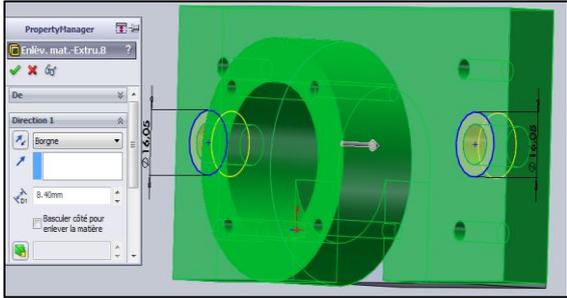
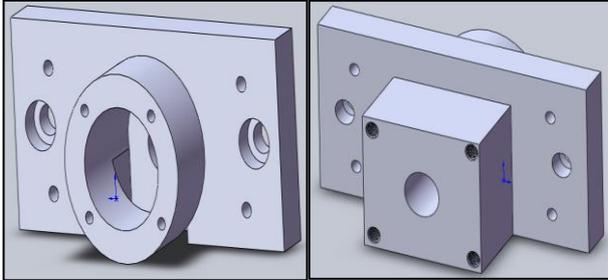
<p>8</p>	<p>Sélectionner le plan et esquisser un cercle</p>	
<p>9</p>	<p>Extruder le cercle à une épaisseur de 26mm</p>	
<p>10</p>	<p>Sélectionner le plan sur le cylindre déjà extrudé et dessiner un cercle.</p>	
<p>11</p>	<p>Faire l'enlèvement de matière sur le modèle sélectionné à travers tout</p>	

<p>12</p>	<p>Sélectionner le plan Dessiner un cercle Faire la répétition circulaire.</p>	
<p>13</p>	<p>Enlèvement de matière sur l'esquisse déjà dessiné après la répétition circulaire.</p>	
<p>14</p>	<p>Sélectionner le plan Créer une nouvelle esquisse Dessiner un rectangle.</p>	
<p>16</p>	<p>Extruder le rectangle à une épaisseur de 35mm</p>	

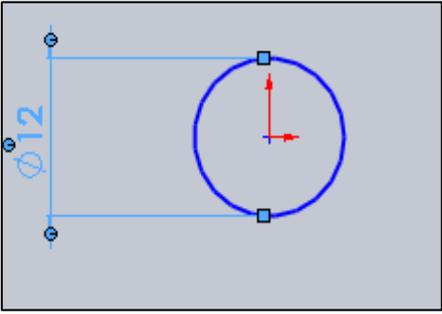
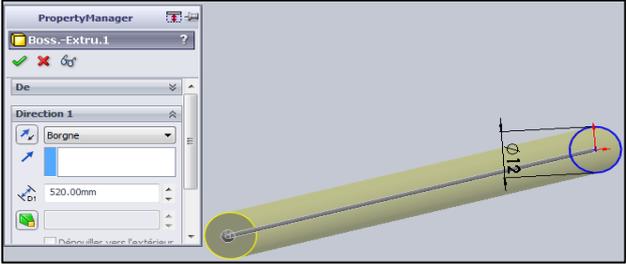
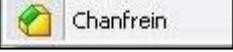
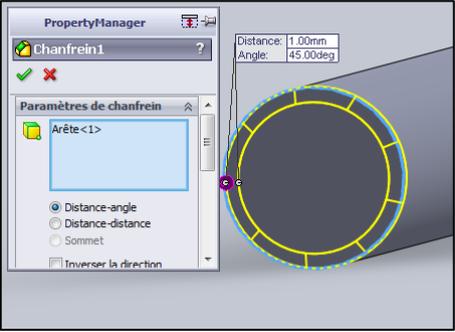
<p>17</p>	<p>Sélectionner le plan Esquisser un cercle de diamètre 18mm</p>	
<p>18</p>	<p>Faire l'enlèvement de matière sur le cercle à une épaisseur de 35 mm</p>	
<p>19</p>	<p>Sélectionner le plan Créer une nouvelle esquisse Dessiner 4 cercles de diamètre 5 mm</p>	
<p>20</p>	<p>Utiliser la fonction enlèvement de matière pour les 4 cercles à une épaisseur de 15mm</p>	

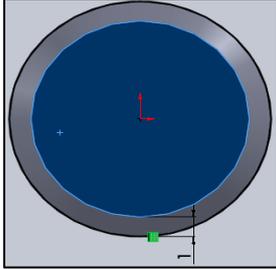
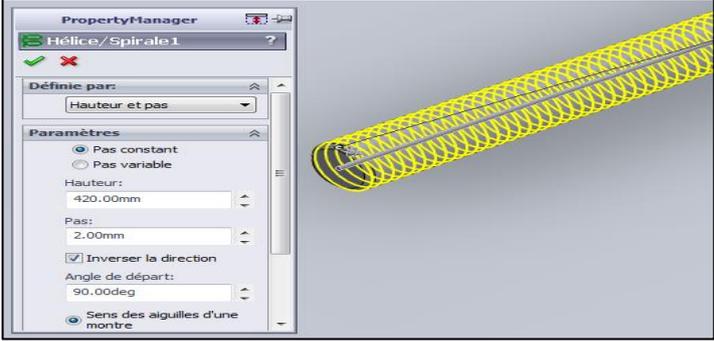
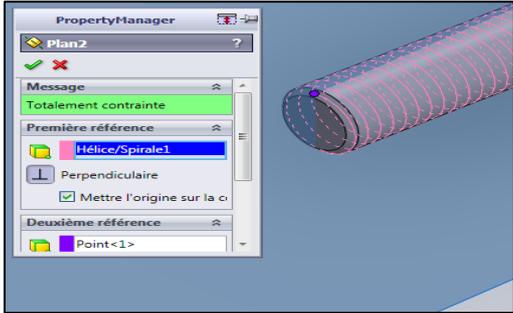
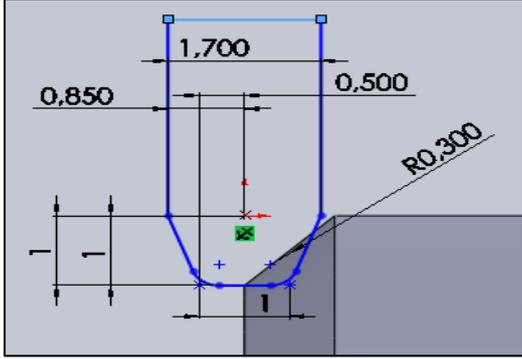
<p>21s</p>	<p>Créer un chanfrein</p>  Chanfrein	
<p>22</p>	<p>Sélectionner la face, créer une nouvelle esquisse. Décaler l'entité vers l'intérieur à une distance de 0.8</p>	
<p>23</p>	<p>Dans la barre des fonctions utiliser la fonction (hélice spiral)</p>  Hélice et spirale	
<p>24</p>	<p>Créer un nouveau plan après remplir les cases appropriées</p>	

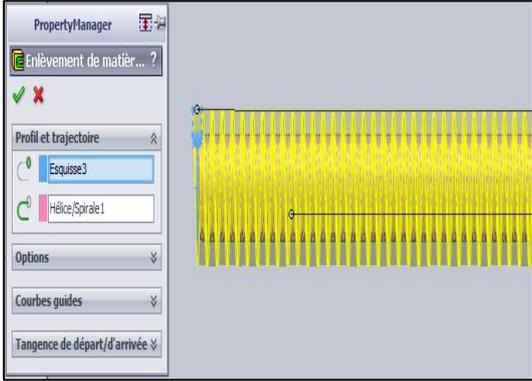
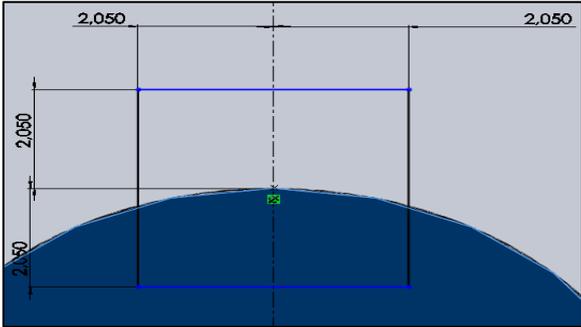
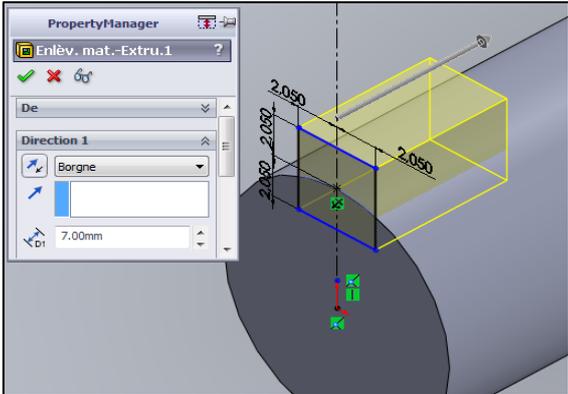
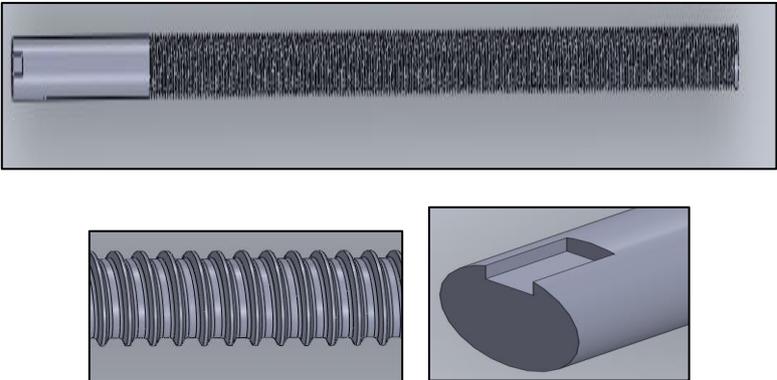
<p>25</p>	<p>Créer une nouvelle esquisse et dessiner la forme donnée en face avec les dimensions appropriées</p>	
<p>26</p>	<p>Choisir la fonction sur la barre «Enlèvement de matière», «Balayage »</p> <p> Enlèv. de matière balayé</p> <p>Dans le profil choisir le triangle et dans la trajectoire choisir l'Hélice/spirale</p>	
<p>27</p>	<p>Répéter l'opération avec les 3 autres trous pour aboutir au modèle en face.</p>	

<p>28</p>	<p>Sélectionner le plan Esquisser deux cercles de diamètre 16.05mm</p>	
<p>29</p>	<p>Utiliser la fonction  à une épaisseur de 8.4mm</p>	
<p>30</p>	<p>Le modèle fini</p>	

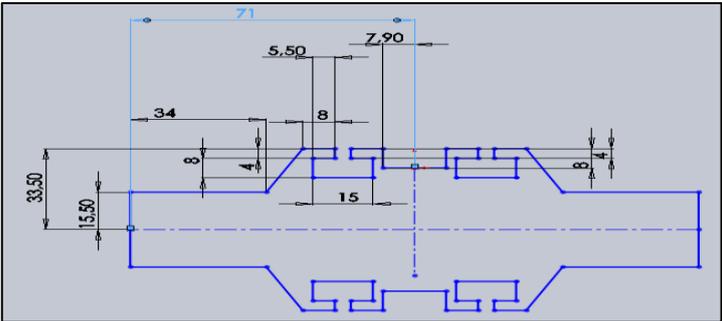
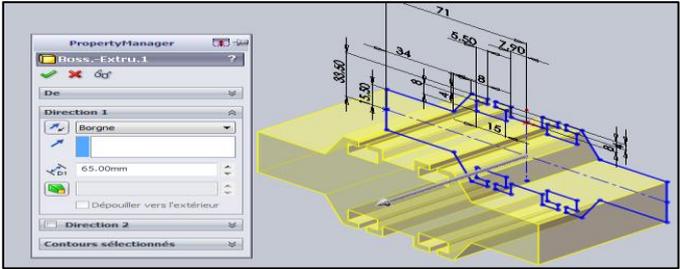
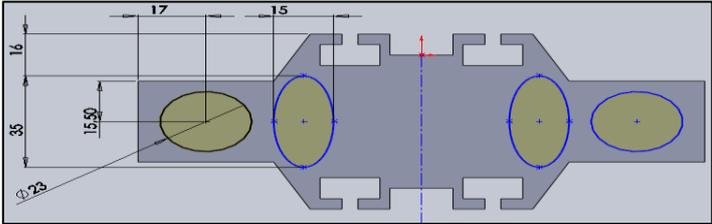
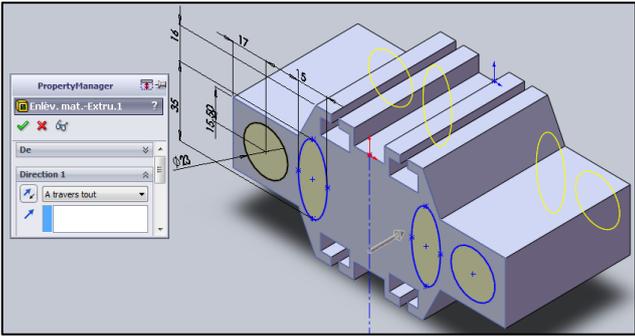
3.3.3.3. Modélisation de P5

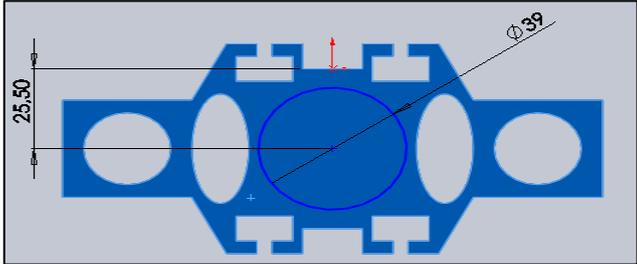
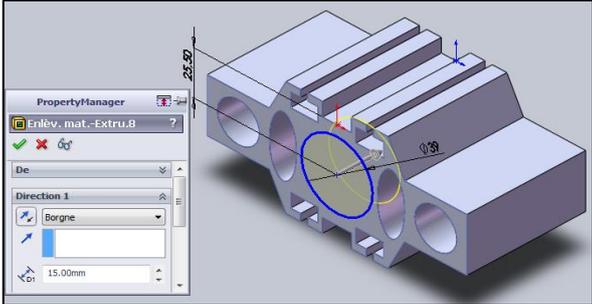
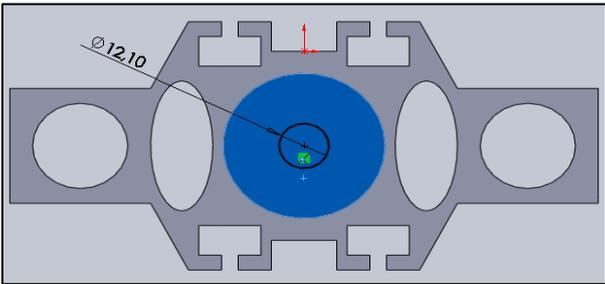
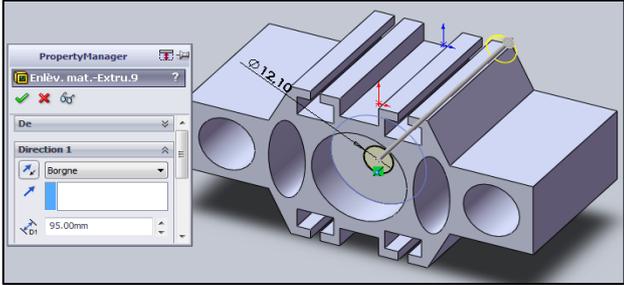
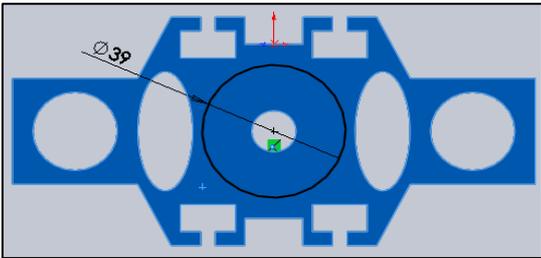
1	<p>Démarrer SolidWorks et</p> <p>Ouvrir une nouvelle pièce</p>	
2	<p>Sélectionner le plan de face</p> <p>Créer une esquisse</p> <p>Dessiner un cercle de diamètre 12mm</p>	
3	<p>Extruder l'esquisse précédente à une épaisseur de 520mm</p>	
4	<p>Créer un chanfrein</p>  <p>Sélectionner l'arête</p> <p>Spécifier la distance 1 mm et l'angle 45°.</p>	

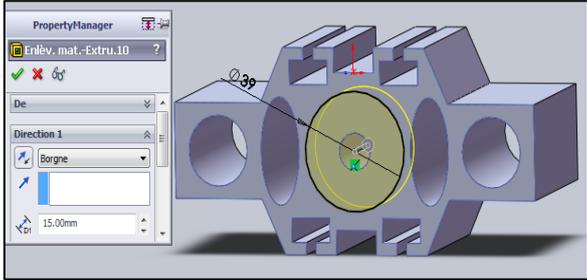
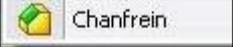
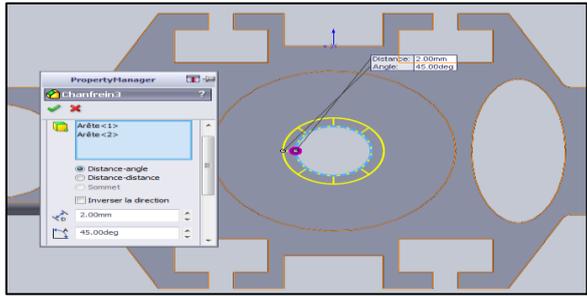
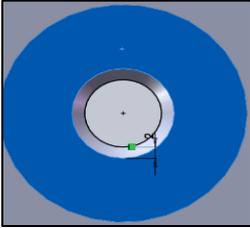
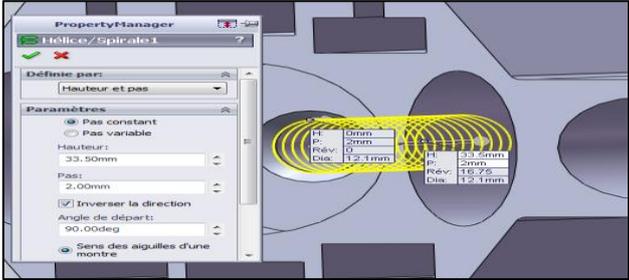
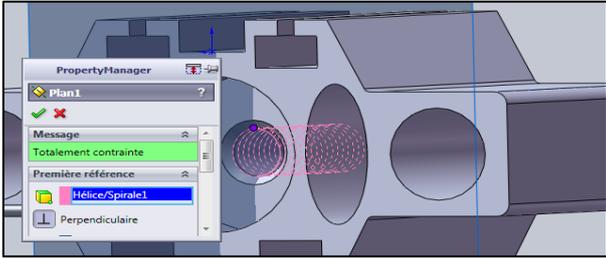
5	Créer une esquisse Décaler l'entité à 1mm	
6	Dans la barre des fonctions utiliser la fonction  Hélice et spirale Avec : pas=2 mm Hauteur=420mm	
7	Créer un nouveau plan après remplir les cases appropriées.	
8	Créer une nouvelle esquisse et dessiner la forme donnée à droite avec les dimensions appropriées	

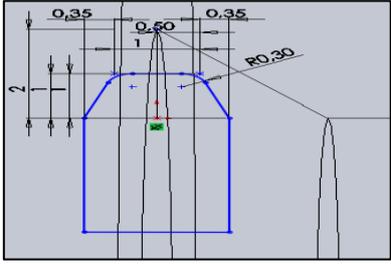
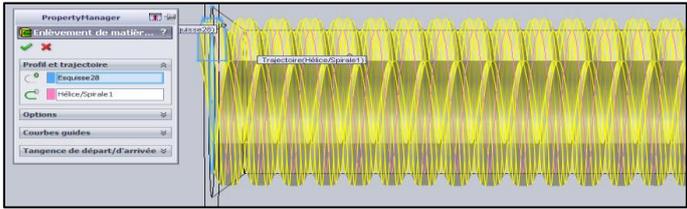
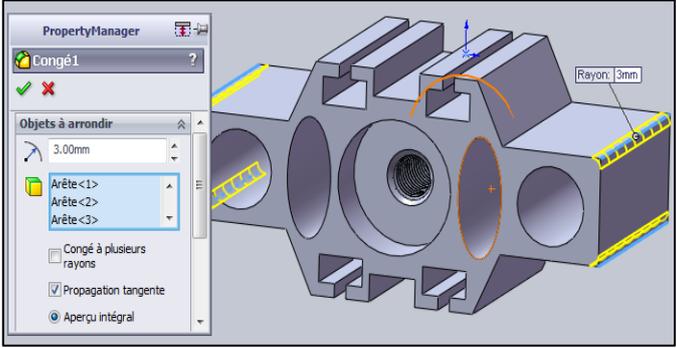
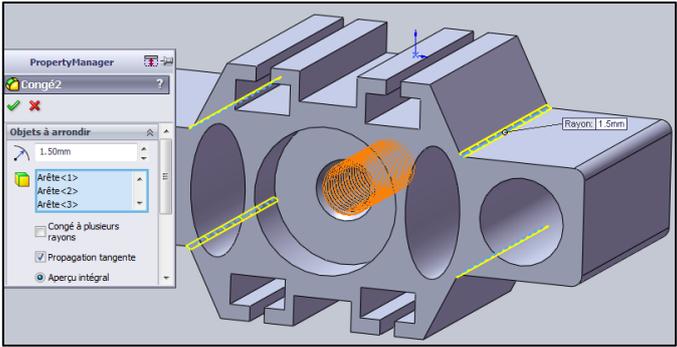
<p>9</p>	<p>Choisir La fonction</p>  <p>Enlèv. de matière balayé</p> <p>Dans le profil choisir le triangle et dans la trajectoire choisir l'Hélice/spirale</p>	
<p>10</p>	<p>Sélectionner le plan</p> <p>Créer une nouvelle esquisse, dessiner un rectangle.</p>	
<p>11</p>	<p>Extruder l'esquisse précédente à une épaisseur de 520mm</p>	
<p>12</p>	<p>La pièce finie</p>	

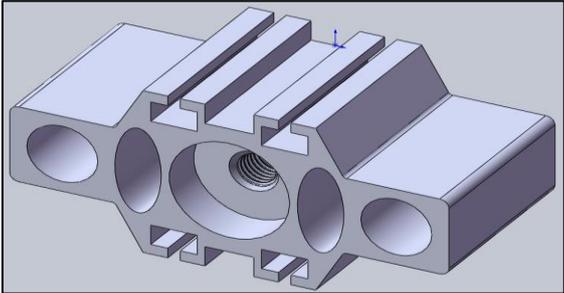
3.3.3.4. Modélisation de P7

<p>1</p>	<p>Sélectionner le plan de face, créer une nouvelle esquisse. Dessiner le quart de la forme puis faire la symétrie (2 fois).</p>	
<p>2</p>	<p>Extruder  l'esquisse à 65mm</p>	
<p>3</p>	<p>Sélectionner un plan Esquisser 2 cercles et 2 ellipses.</p>	
<p>4</p>	<p>Soustraction des éléments dessinés avec la fonction  à une épaisseur de 65mm</p>	

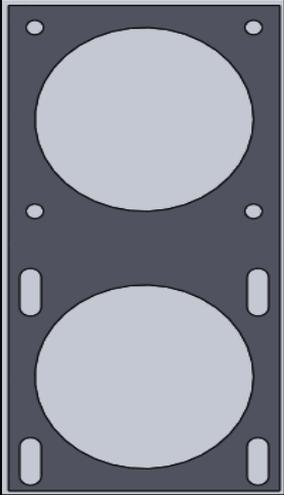
<p>5</p>	<p>Sélectionner un plan Dessiner un cercle de diamètre 39mm.</p>	
<p>6</p>	<p>En laivement de matière  à une épaisseur de 15mm</p>	
<p>7</p>	<p>Sélectionner un plan Esquisser un cercle de diamètre 12.10</p>	
<p>8</p>	<p>En laivement de matière  à une épaisseur de 35mm</p>	
<p>9</p>	<p>Sélectionner le plan. Esquisser un cercle de diamètre 39mm</p>	

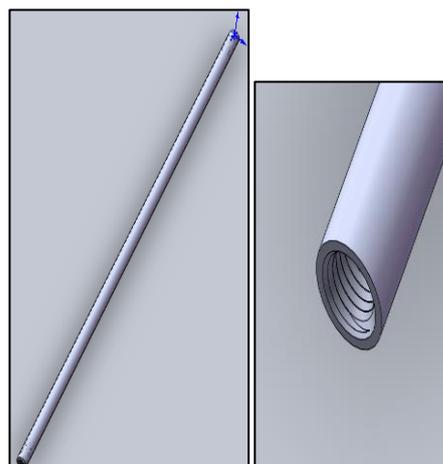
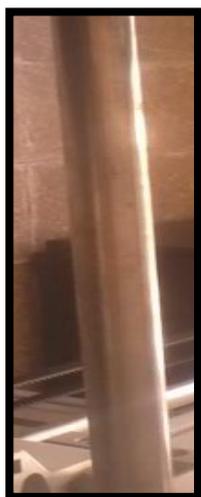
<p>10</p>	<p>Enlèvement de matière</p>  <p>à une épaisseur de 15mm</p>	
<p>11</p>	<p>Créer un chanfrein</p>  <p>sélectionner l'arête</p> <p>Spécifier la distance 2 mm et l'angle 45°.</p>	
<p>12</p>	<p>Sélectionner le plan</p> <p>Décaler l'entité dans le sens inverse</p>	
<p>13</p>	<p>Utiliser la fonction</p>  <p>Avec : pas=2mm Hauteur=33.5mm</p>	
<p>14</p>	<p>Créer un nouveau plan</p> <p>après remplir les cases appropriées</p>	

<p>15</p>	<p>Créer une esquisse Dessiner la forme que vous voyez à droite</p>	
<p>16</p>	<p>Choisir La fonction</p> 	
<p>17</p>	<p>Créer un congé  sélectionner les arêtes Spécifier le rayon 3 mm</p>	
<p>18</p>	<p>Créer un congé  Sélectionner les arêtes spécifier le rayon 1.5mm</p>	

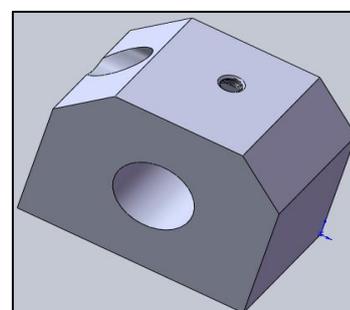
<p>19</p>	<p>Le model fini</p>	
------------------	----------------------	--

3.3.3.5. Autre pièces modélisées

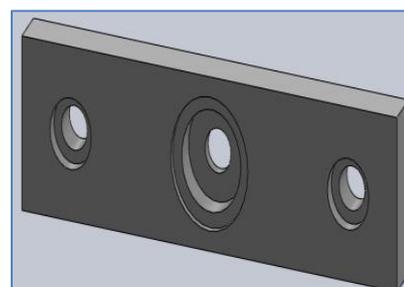
<p><i>La pièce</i></p>	<p><i>La modélisation</i></p>
	 <p style="text-align: center;">P2</p>



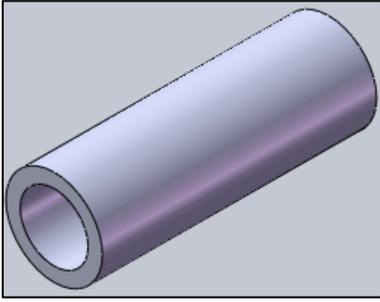
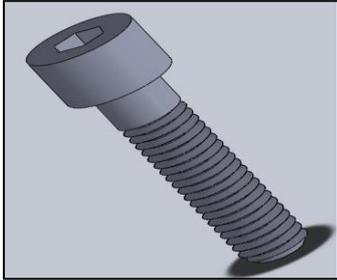
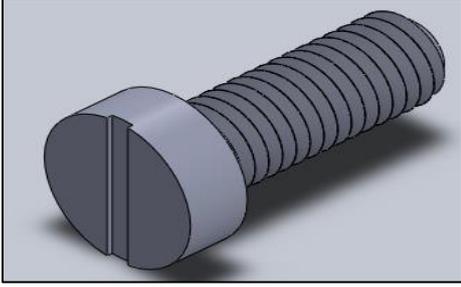
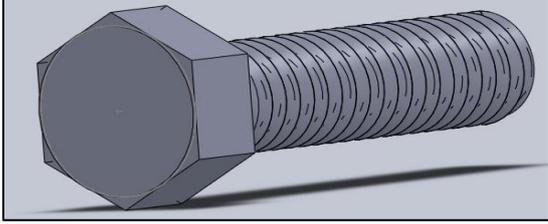
P6

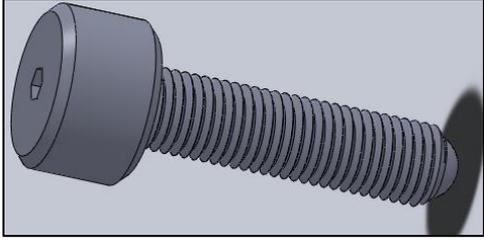
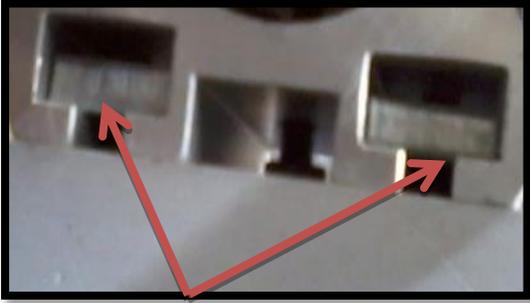
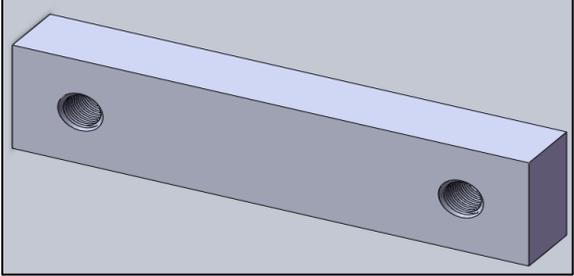
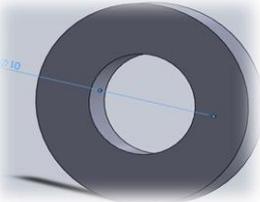
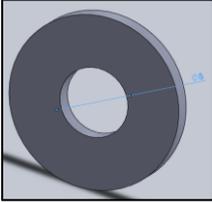
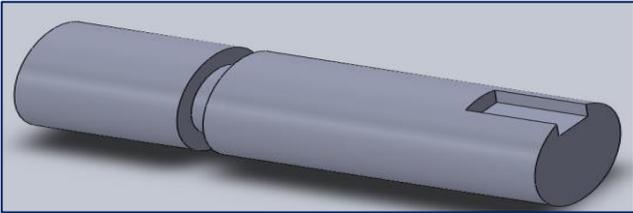


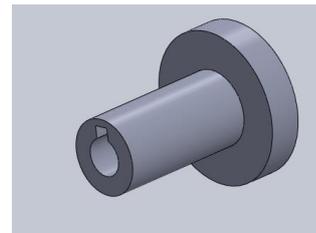
P9



P10

	 <p>P17</p>
	 <p>Vis1(P6 ;P25)</p>
	 <p>Vis2(P2)</p>
	 <p>Vis3(P8 ;P11)</p>

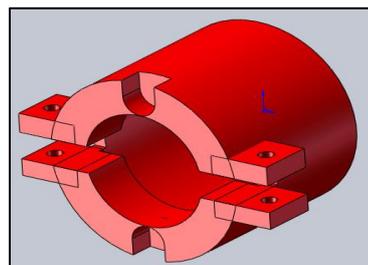
	 <p>Vis4(P6)</p>
	 <p>P18</p>
 <p>P23(rondelle pour les vis)</p>	 <p>P24(rondelle pour l'arbre)</p>
 <p>P22</p>	



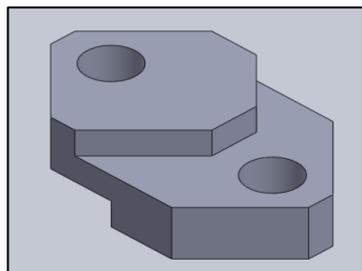
P12



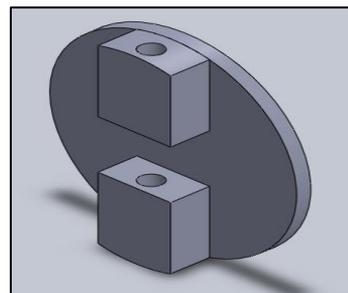
P13



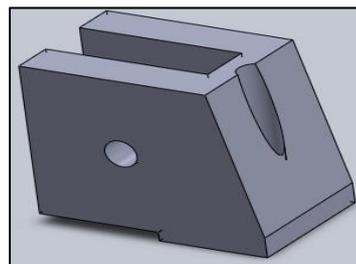
P14



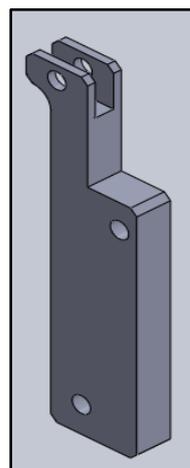
P20



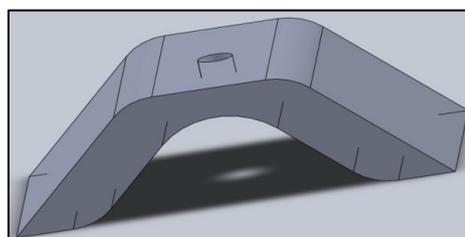
P21



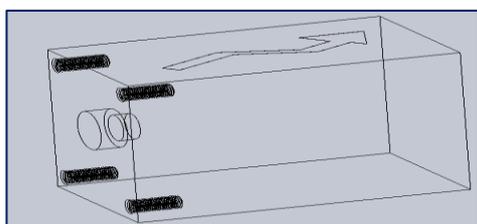
P16



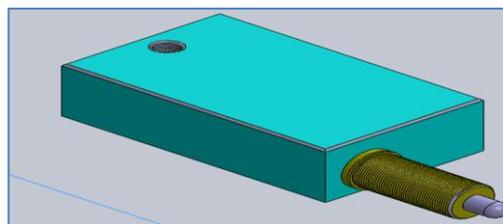
P15



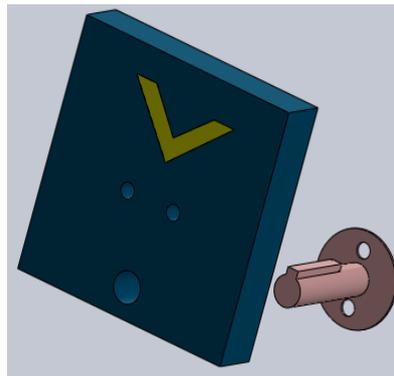
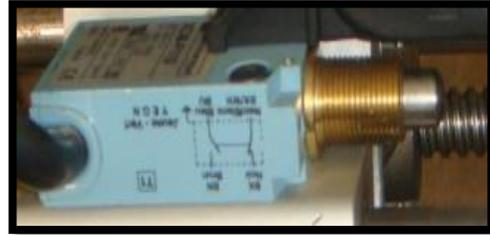
P17



P3 (Moteur électrique)



P11 (Capteur de fin de course)



P25+P26 (actionneur pneumatique)

3.4. Conclusion

Dans ce chapitre on a modélisé quelque pièces du bras horizontal et les restes on donne juste les modèles finals après avoir parlé des divers moyens de métrologie qui nous ont permis de mesurer ces pièce. Par la même occasion on a défini la modélisation, ainsi que l'outil de CAO avec lequel on a travaillé qui est SolidWorks2011.

Chapitre IV

*Assemblage des pièces de bras
horizontal*

4.1. Introduction

Après avoir conçu toutes les pièces du bras horizontal du robot de la cellule flexible du laboratoire de recherche dont l'illustration a été faite au chapitre 3, ce chapitre va être consacré à l'assemblage et regroupement de toutes ces pièces par le logiciel solidworks2011 selon deux méthodes : par les contraintes standards et le complément SolidWorks Motion.

4.2. Assemblage

4.2.1. Assemblage avec les contraintes

Les contraintes sont des fonctions qui donnent une relation géométrique (coïncidence, tangence, coaxiale...etc.) entre deux pièces.

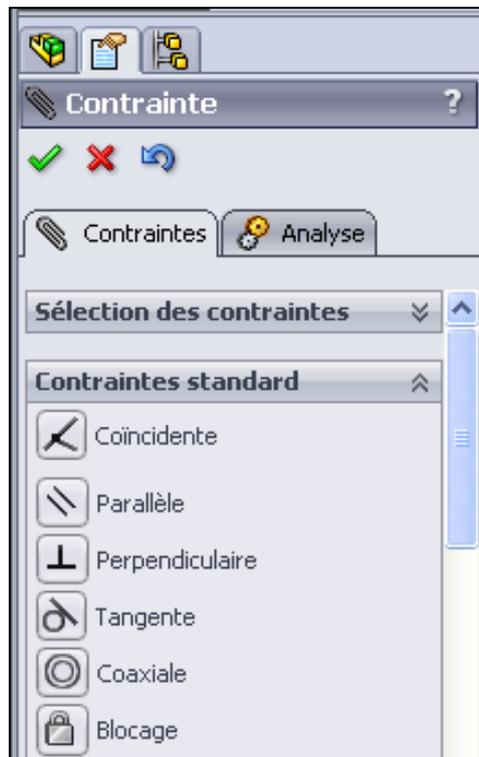


Figure 4.1: Liste de la contrainte standard

⌘ Les étapes d'assemblage

On ouvre l'outil SolidWorks → nouveau → assemblage.

Dans l'assemblage des pièces du bras horizontal on remarque deux fonctions séparées : la première c'est la transformation du mouvement de rotation des roues dentées transmis du moteur électrique en un mouvement de translation de la tige

filetée qui permet d'avancer le bras dans les deux sens, et la deuxième est l'ouverture et la fermeture de la pince grâce à un vérin pneumatique. Donc on a deux assemblages dont les mouvements sont indépendants l'un de l'autre avant d'aboutir à l'assemblage final.

4.2.1.1. Premier assemblage

Dans cet assemblage on a quatre sous assemblages :

A. Sous assemblage 1 :

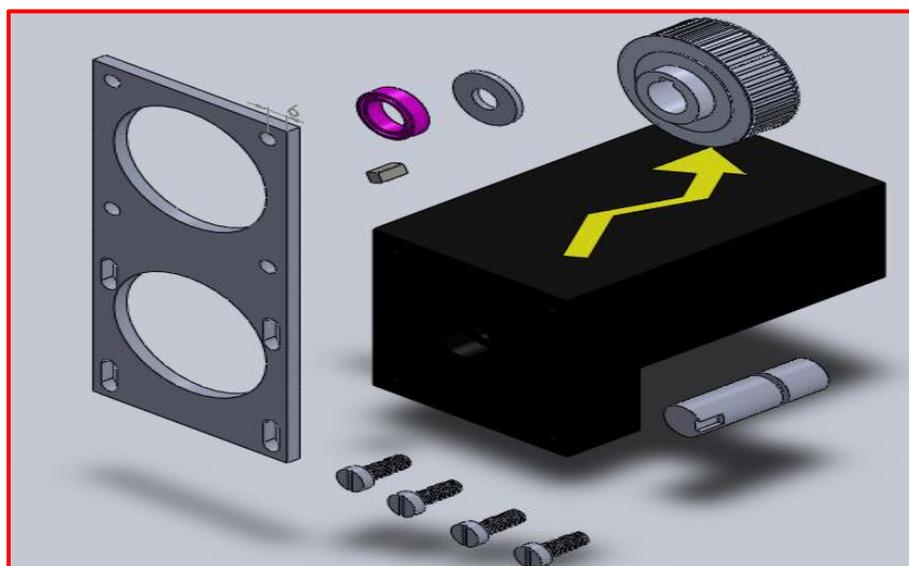


Figure 4.2: Les composantes du sous assemblage 1 dans une seule zone graphique

- On clique sur la fonction contrainte 
- On fait le premier assemblage de **P22** et **P3** utilisant la première contrainte «coaxiale », pour qu'elles soient sur le même axe ; et la deuxième contrainte «coïncidente » entre les mêmes pièces.

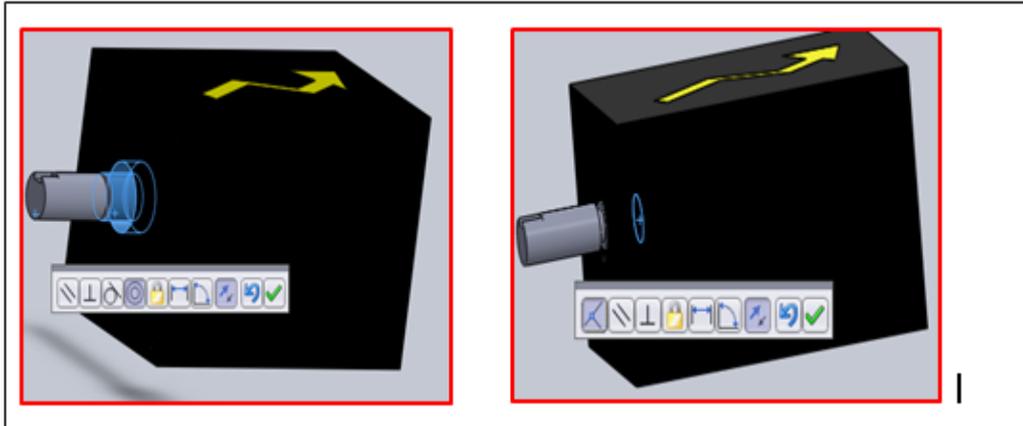


Figure 4.3: Contrainte coaxiale coïncidente entre P22 et P3

- On fait le deuxième assemblage du *roulement* et *P3* utilisant la première contrainte «coaxiale », pour qu'ils soient sur le même axe ; et la deuxième contrainte «coïncidente » entre les mêmes pièces.

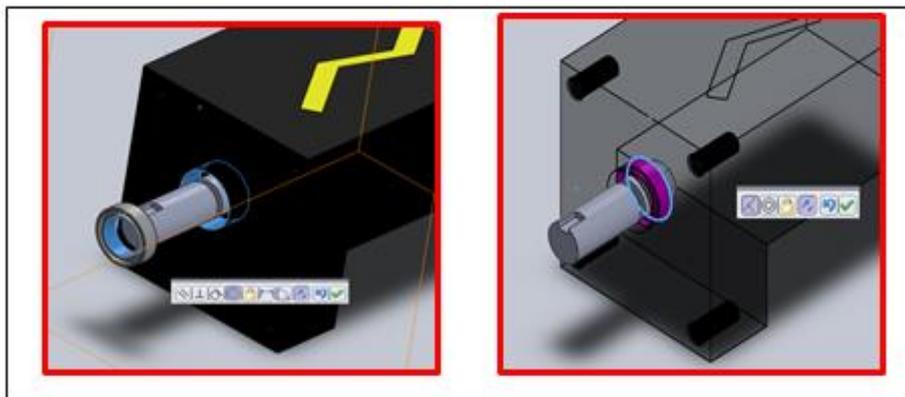


Figure 4.4: Contrainte coaxiale coïncidente entre le roulement et P3

- On fait le troisième assemblage de *P22* et *P24* utilisant la première contrainte «coaxiale », et la deuxième contrainte «coïncidente » entre les mêmes pièces.

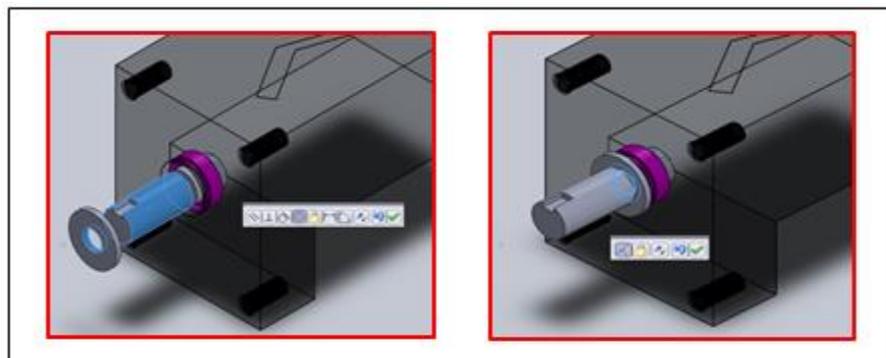


Figure 4.5: Contrainte coaxiale coïncidente entre P22 et P24

- Le quatrième assemblage est entre **P2** et **P3** utilisant la première contrainte «coaxiale » quatre fois entre les trous existants dans les deux pièces, et la deuxième contrainte «coïncidente » entre les faces des mêmes pièces.

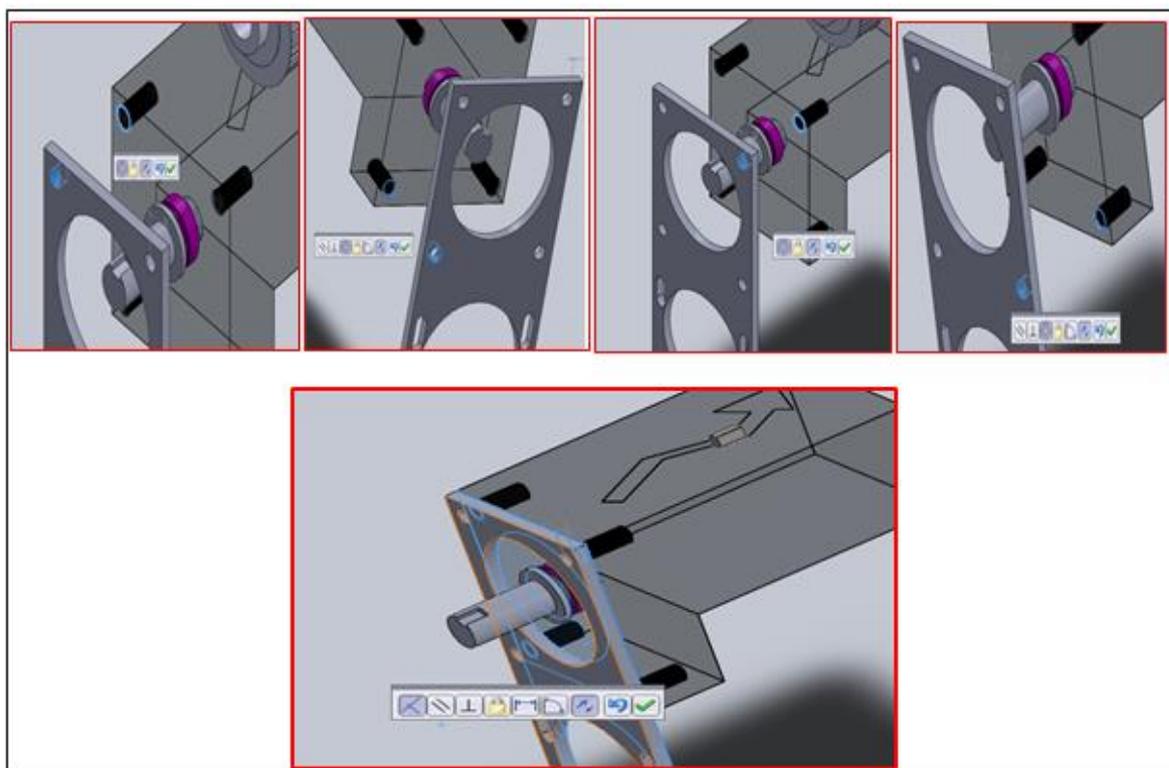


Figure 4.6: Contraintes coaxiales coïncidente entre P2 et P3

- L'assemblage cinq relie **P2** et la **vis1** utilisant la **première** contrainte «coaxiale », et la deuxième contrainte «coïncidente » pour fixer la vis. On répète les mêmes opérations avec les trois vis qui restent.

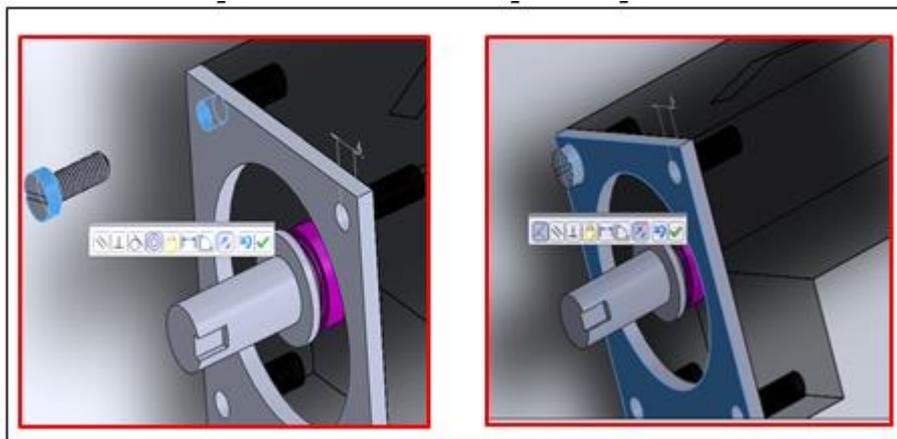


Figure 4.7: Coaxiale entre P2 et la vis1

- Les contraintes coaxiales et coïncidentes entre **P1** et **P2**.

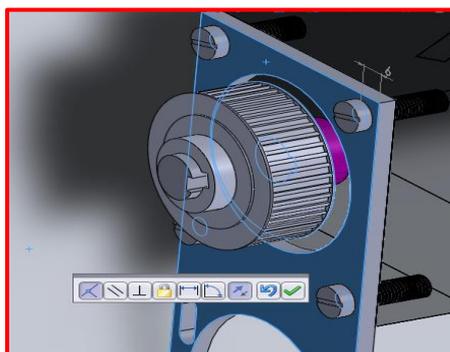


Figure 4.8: Les contraintes coaxiales et coïncidentes entre P1 et P2

- Pour fixer **la clavette** on a plusieurs contraintes à faire entre elle et **P1** :une contrainte de parallélisme et trois coïncidentes.



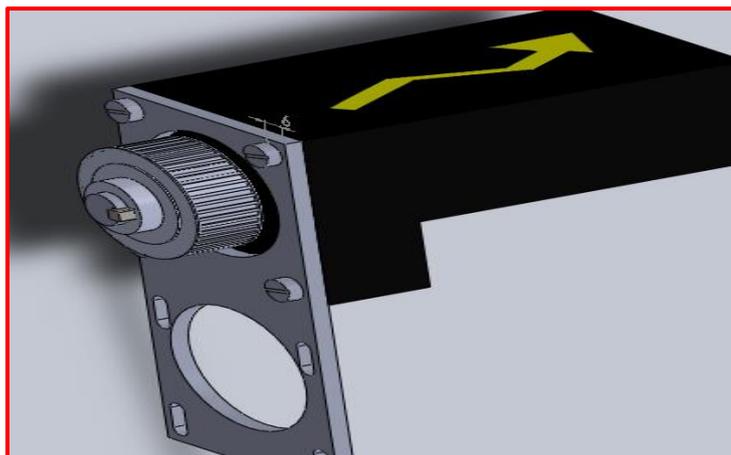
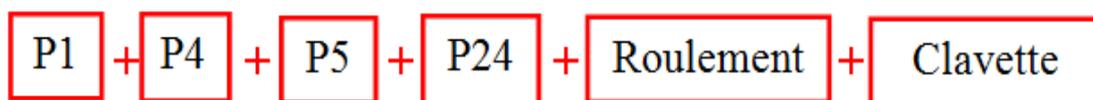


Figure 4.9: Sous-assemblage1 fini

B. Sous Assemblage2



- On clique sur la fonction contrainte

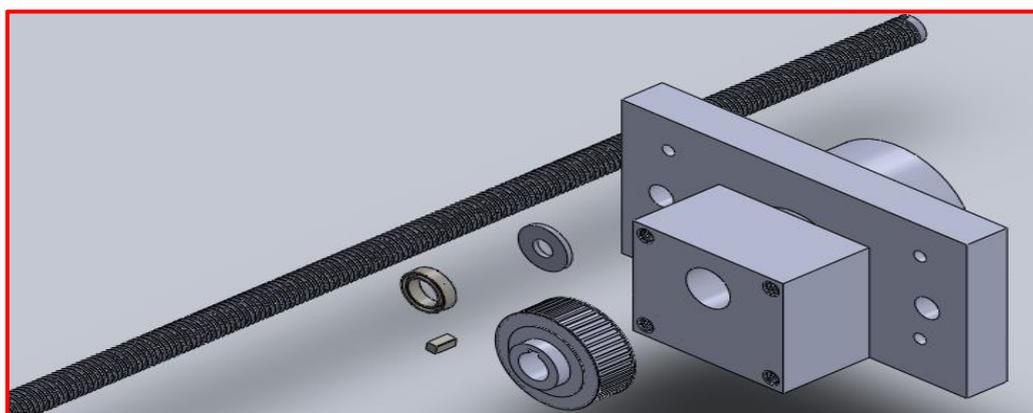


Figure 4.10: Les composantes du sous assemblage2 dans une seule zone graphique

- On utilise la contrainte coaxiale entre *P5* et *P4*.

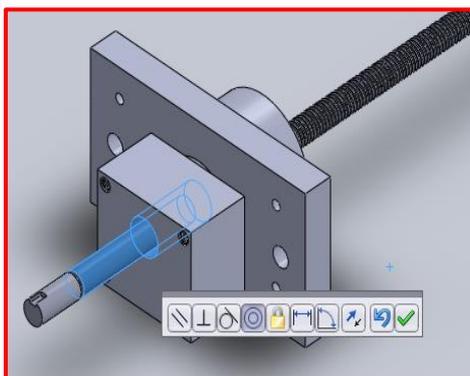


Fig4.11 : contrainte coaxiale entre *P5* et *P4*.

- On va lier *P24* par les deux contraintes coaxiale et coïncidente avec *P5*.

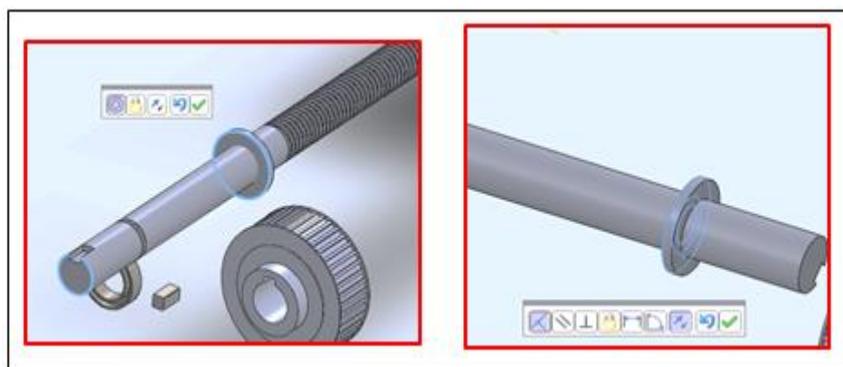


Figure 4.11: Contrainte coaxiale coïncidente entre P24 et P5

- Le placement du *roulement* demande les deux contraintes : coaxiale pour qu'il soit sur le même axe avec *P24*, et coïncidente pour le fixer.

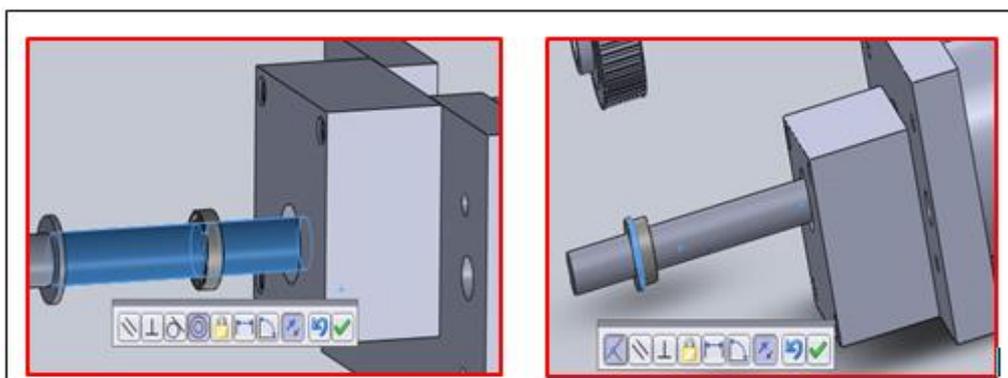


Figure 4.12: La contrainte coaxiale et coïncidente entre le roulement et P24

- Maintenant on utilise la contrainte coïncidente entre **P4** et **P24** pour cacher le roulement.

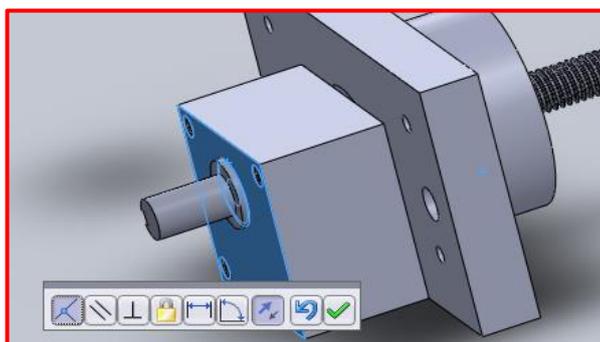


Figure 4.13: La contrainte coïncidente entre P24 et P4

- On place **P1** par deux contraintes : coaxiale avec **P5** et coïncidente avec **P24**.

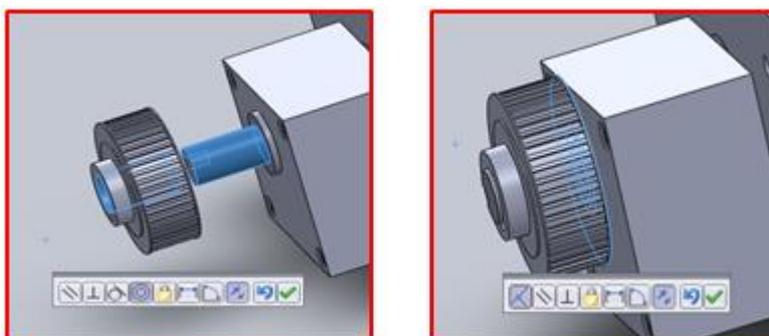


Figure 4.14: Les contraintes coïncidente et coaxiale entre P1 et P4

- Pour fixer **la clavette** on a plusieurs contraintes à faire entre elle et **P1** : Une contrainte de parallélisme et trois contraintes coïncidentes.

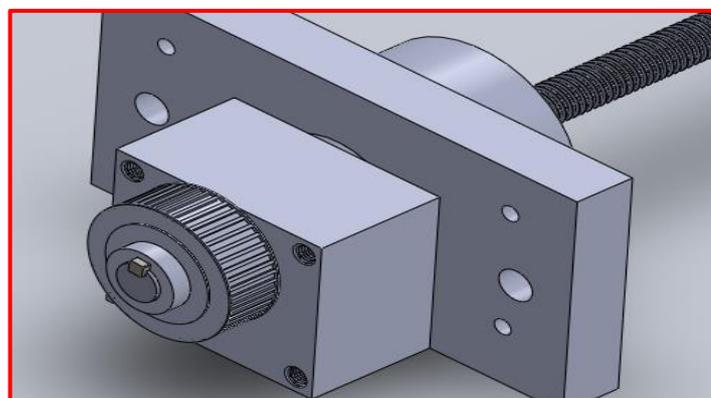
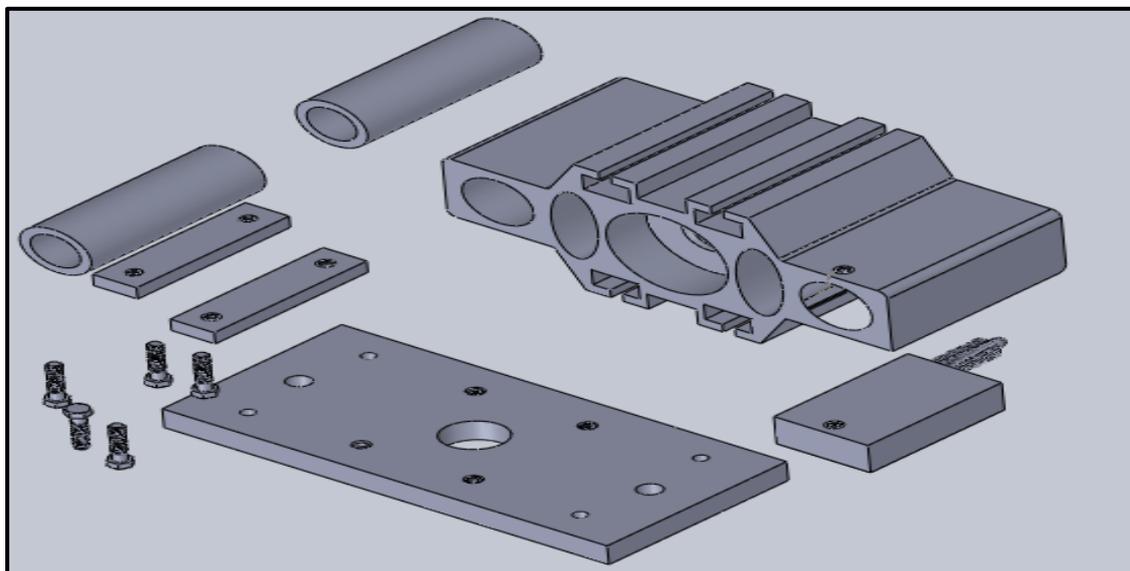


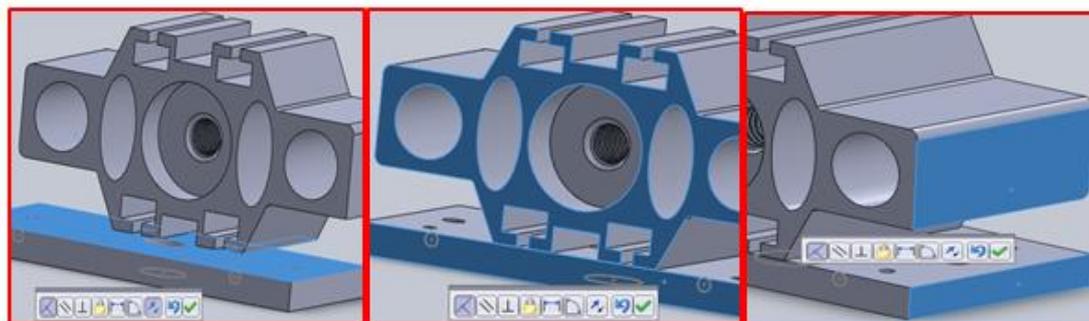
Figure 4.15: Sous-assemblage2 fini

C. Sous assemblage3 :

$$\boxed{P7} + \boxed{P8} + \boxed{P18} + \boxed{P19} + \boxed{\text{Vis3}} + \boxed{P11}$$

**Figure 4.16:** Les composantes du sous assemblage3 dans une seule zone graphique

- Pour bien placer **P7** sur **P8** il faut passer par 3 contraintes : deux contraintes de parallélisme et une coïncidente.

**Figure 4.17:** Les trois contraintes entre P7 et P8

- Pour que **P18** et **P7** soient sur le même axe on utilise la contrainte de coaxialité, et pour les bloquer on utilise la contrainte coïncidente.

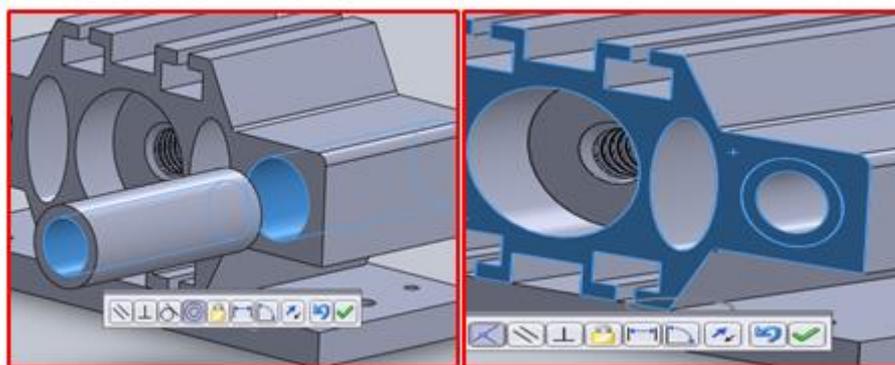


Figure 4.18: Contraintes de coaxiale et coïncidente entre P7 et P18

- Pour que **P19** prenne sa place on doit utiliser deux contraintes : la coaxiale avec **P8** et la coïncidence avec **P7**.

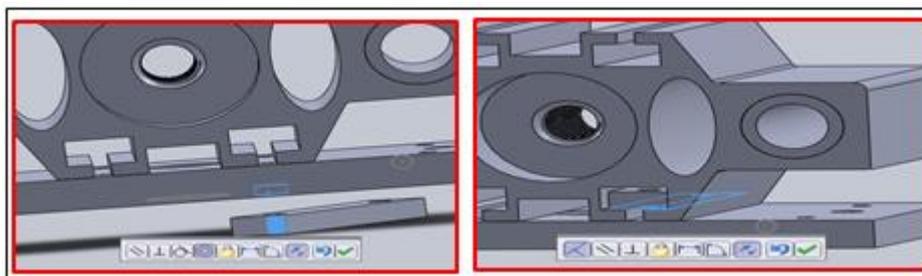


Figure 4.19: Les contraintes coaxiales et coïncidentes concernant P19

- La fixation des **vis** demande les contraintes de coaxialité des vis avec les trous correspondants pour qu'ils soient dans le même axe et de coïncidence pour les bloquer.

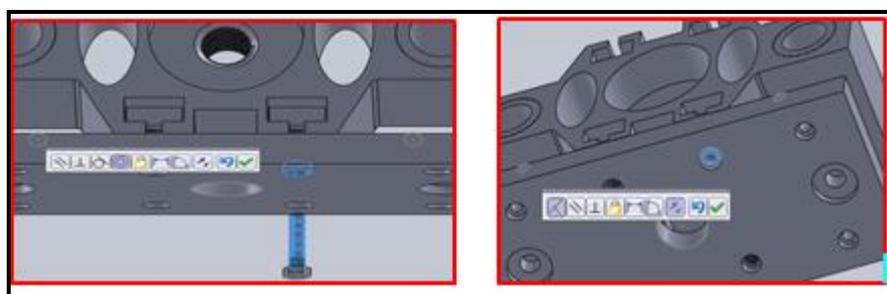


Figure 4.20: Contrainte coaxiale et coïncidente entre P8 et Vis3

- Pour fier P11 on a besoin de plusieurs contraintes
 - Deux coïncident et une comitalité entre *P11* et *P7*
 - Coïncident et comitalité entre *V3* et *P11*

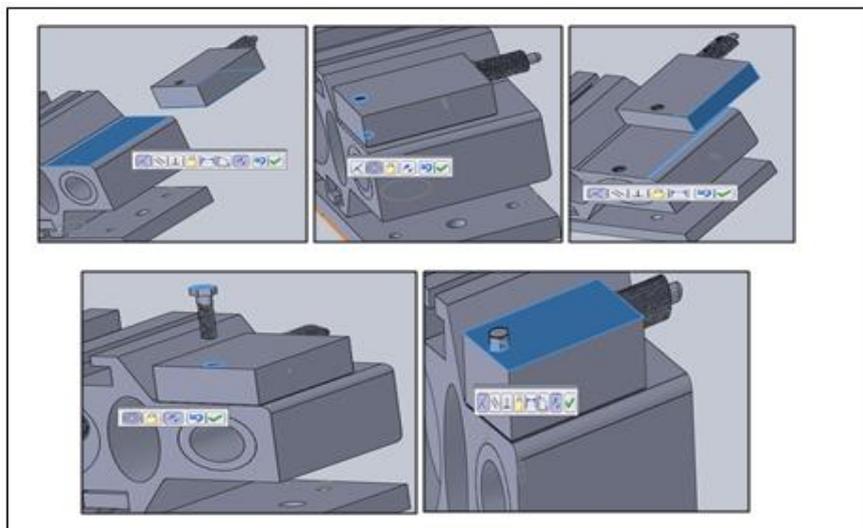


Figure 4.21: La fixation du P11

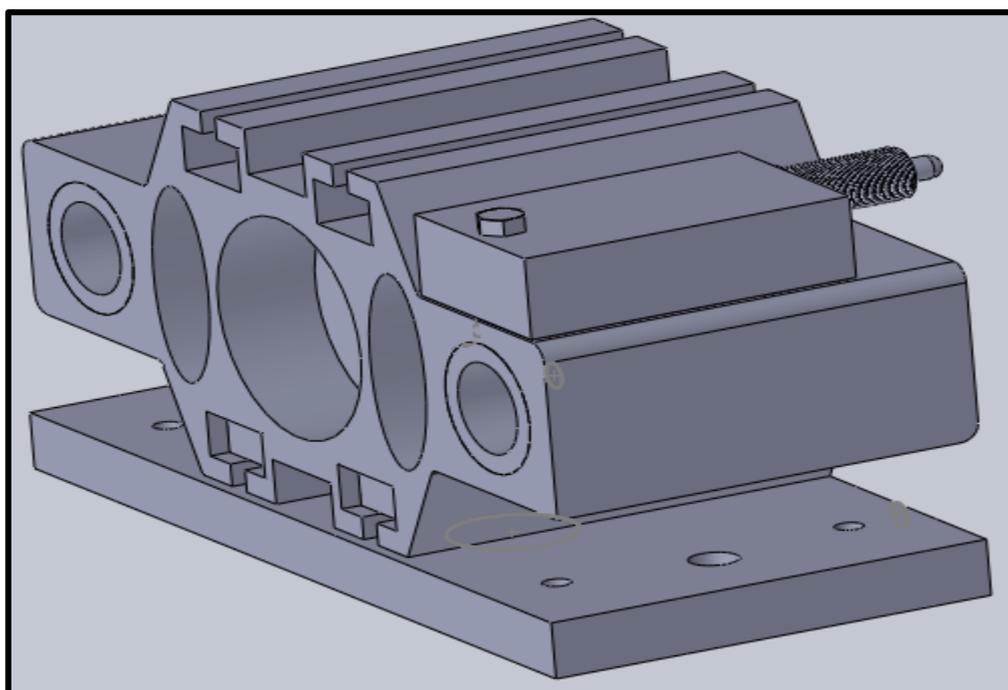


Figure 4.22: Sous-assemblage3 fini

D. Sous assemblage4 :

P6 + **P9** + **P10** + **P23** + **Vis3** + **Vis4** + **P25**

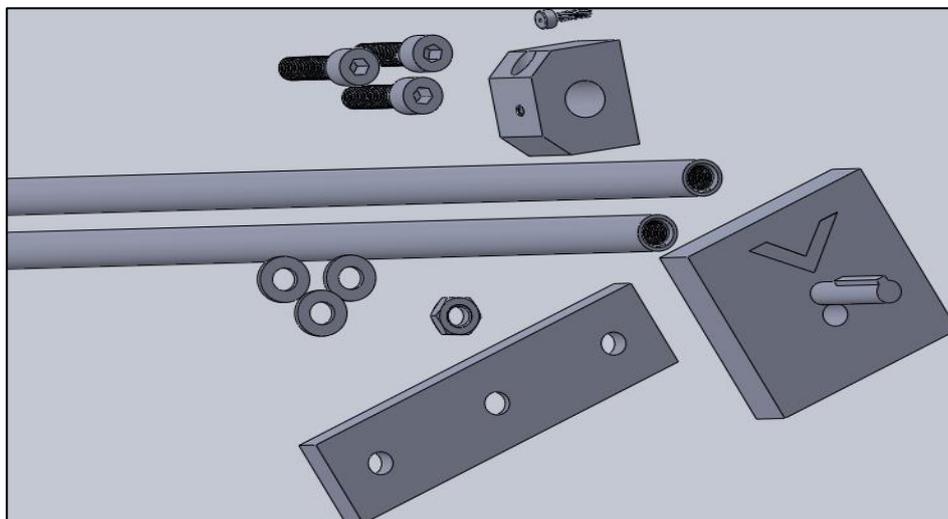


Figure 4.23: Les composantes de sous assemblage3 dans une seule zone graphique.

- Le rôle de **P9** est la fin de course c'est Pour ça en va passer par les deux contrainte coaxiale avec **P6** et coïncident avec **P10**.

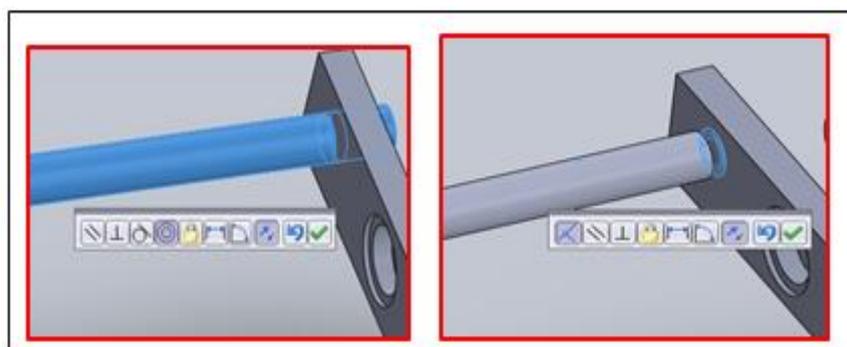


Figure 4.24: Les contraintes coïncidente et coaxial entre P9 et P10

- Fixer **P23** par deux contraintes coaxial avec **P6** et coïncident avec **P10**.

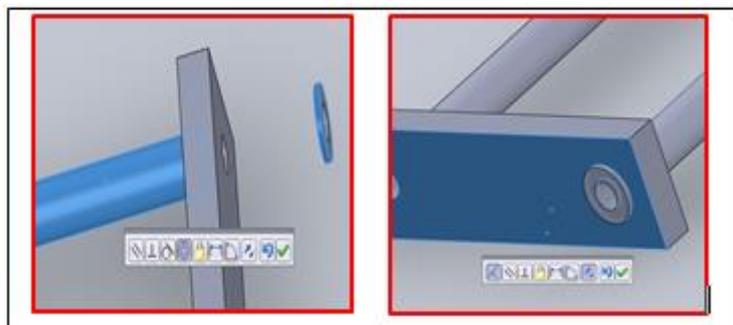


Figure 4.25: Les contraintes coaxial et coïncidente sur P23 avec P6 et P10

- La contrainte coaxiale et coïncidente entre **Vis3** et **P23** deux fois.

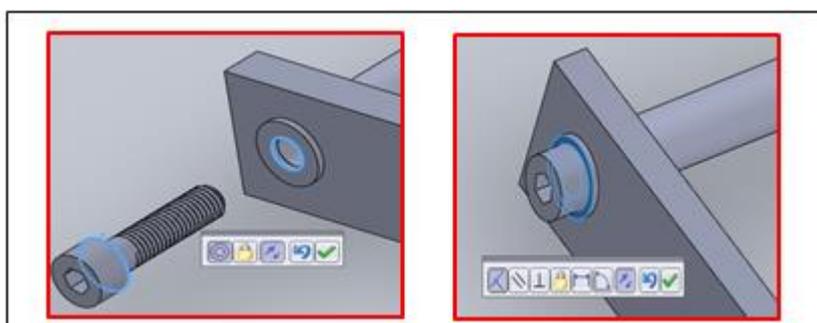


Figure 4.26: Coïxialité et la coïncident entre P23 et Vis3

- Le rôle de **P9** est la fin de course c'est Pour ça en va passer par les deux contraintes coaxiale avec **P6** et coïncident avec **P10**

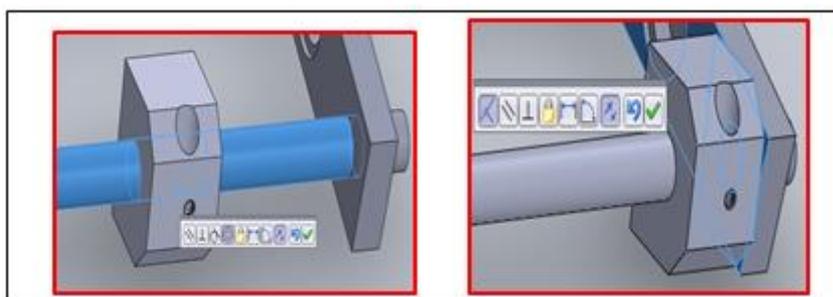


Figure 4.27: Les contraintes coaxial et coïncident concernant P9

- Le contrainte coaxiale pour qu'elle soit dans le même axe et tangente à cause de la forme de **Vis4** (dôme) et **P6** (cylindrique)

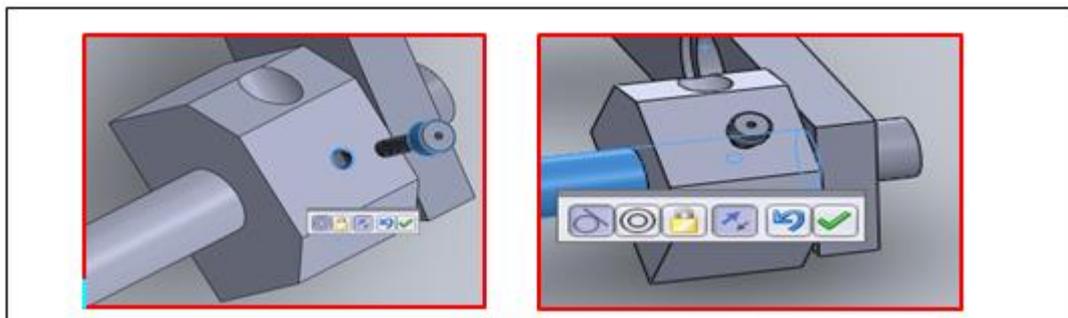


Figure 4.28: Les contraintes comitalité et tangente entre P23 et V4

- La contrainte entre P10 et P25 coaxial, coïncident et parallélisme pour fixer.

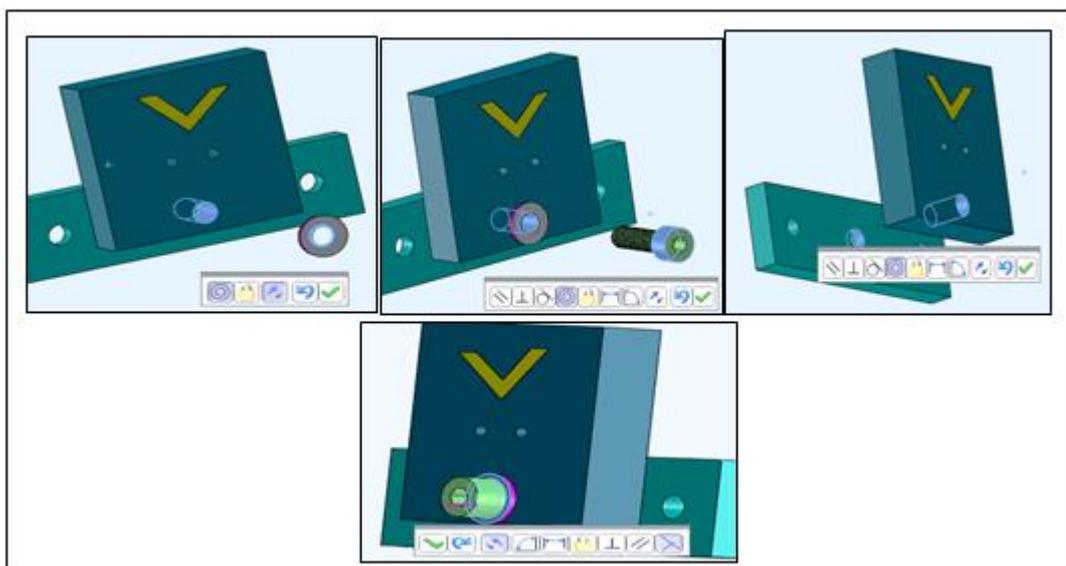


Figure 4.29: Fixation de P25

- La contrainte entre P25, P26 et V2coaxial, coïncident fixer P26.

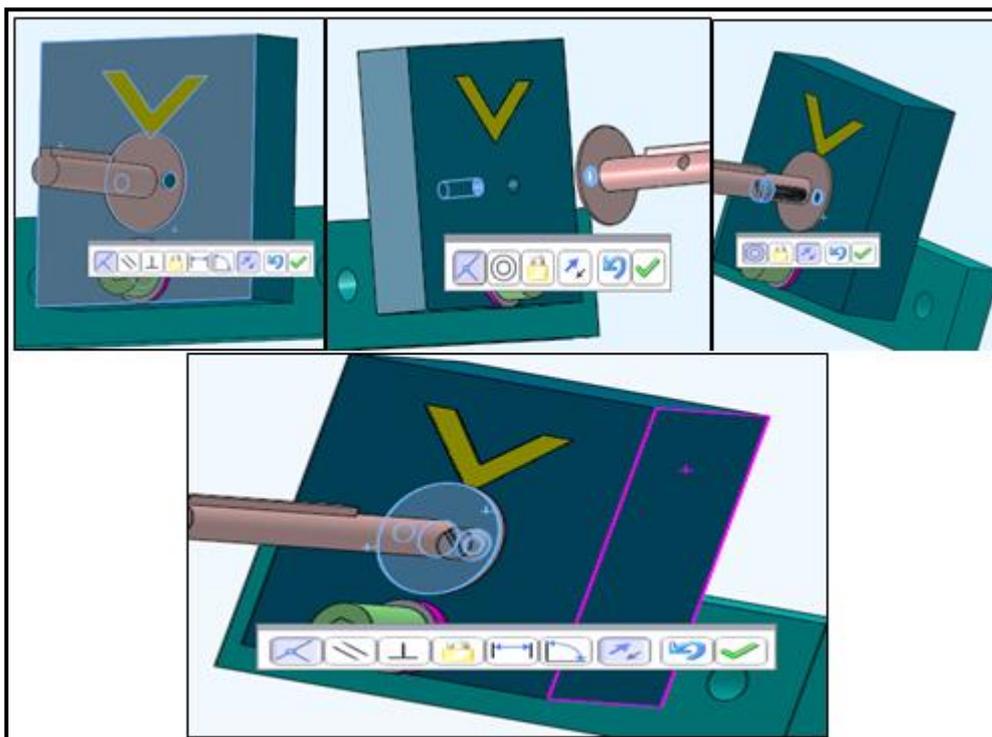


Figure 4.30: La fixation de P26

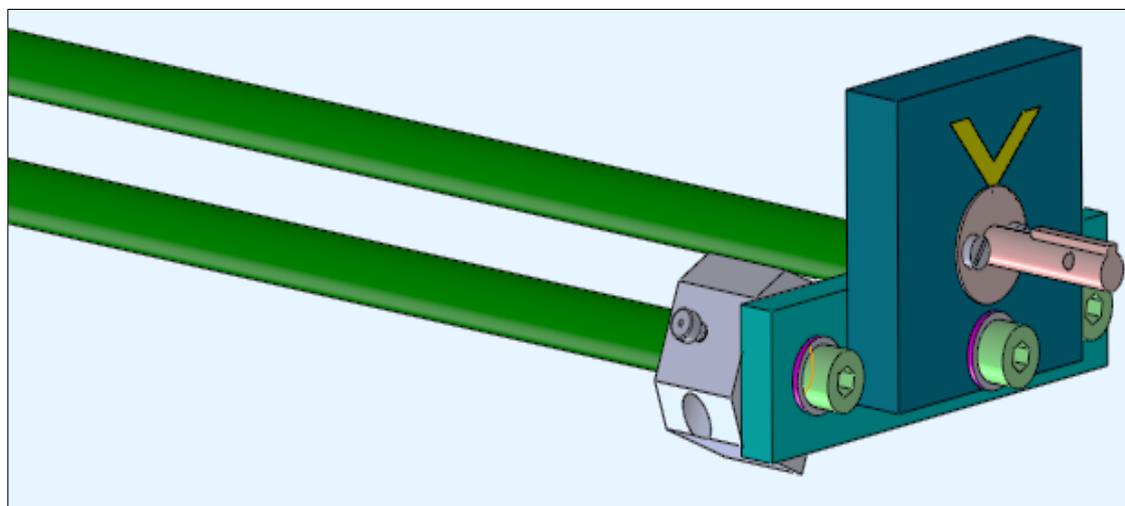


Figure 4.31: Sous assemblage4 fini

E. Premier l'assemblage :

Cet assemblage concernant l'assemblage de sous assemblages (1.2.3.4)

On va utiliser des contraintes standards déjà utilisées pour arriver au premier assemblage. En plus on va créer une courroie suivant les étapes ; d'insertion → fonction d'assemblage → courroie/chaine  Courroie/Chaîne, pour arriver à la figure 4.32 on a besoin des contraintes standards (parallèle, coaxial.....) comme les assemblages précédents.

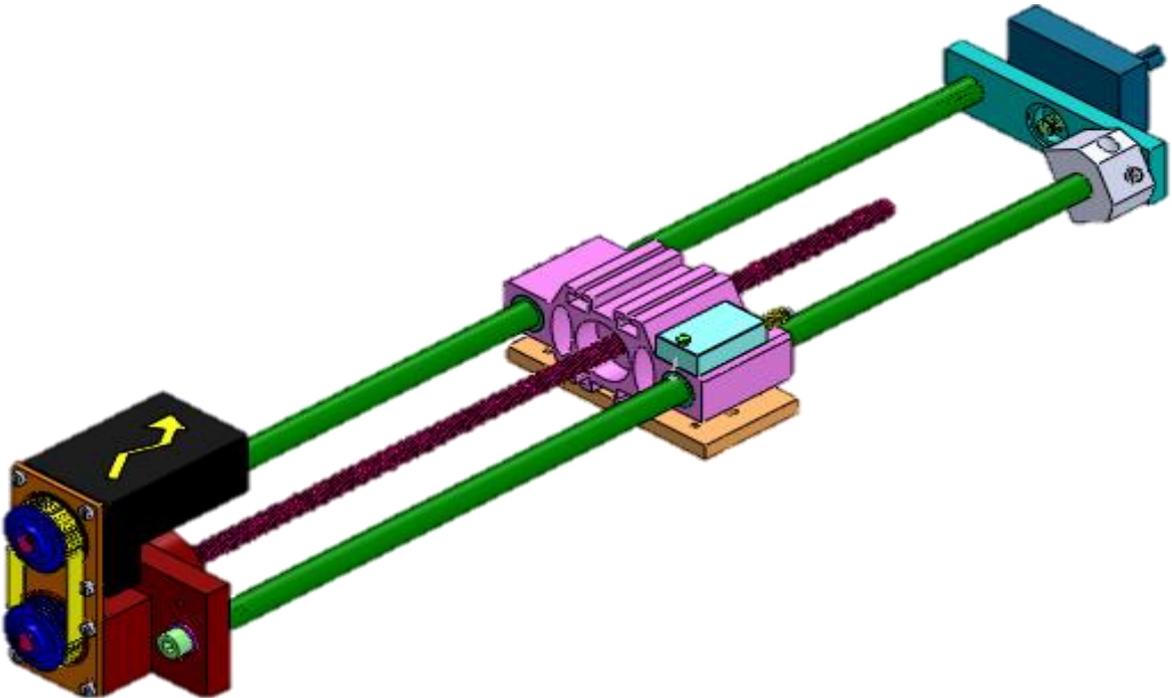


Figure 4.32: Le premier assemblage

4.2.1.2. Deuxième assemblage

Le deuxième assemblage concernant la pince qui est commandée par un vérin pneumatique. Malheureusement on n'a pas la possibilité de démonter la pince pour définir comment elle fonctionne ; alors on a fait une construction incertaine selon notre supposition.

$$\begin{array}{cccccccc}
 \boxed{\text{P12}} & + & \boxed{\text{P13}} & + & \boxed{\text{P14}} & + & \boxed{\text{P15}} & + & \boxed{\text{P16}} & + & \boxed{\text{P17}} & + & \boxed{\text{P20}} & + & \boxed{\text{P21}} \\
 + & & \boxed{\text{Rivet 02}} & + & \boxed{\text{Groove pin 02}} & & & & & & & & & &
 \end{array}$$

La figure 4.33 présente les étapes de l'assemblage de la partie du vérin ou bien la coque qui était visible.

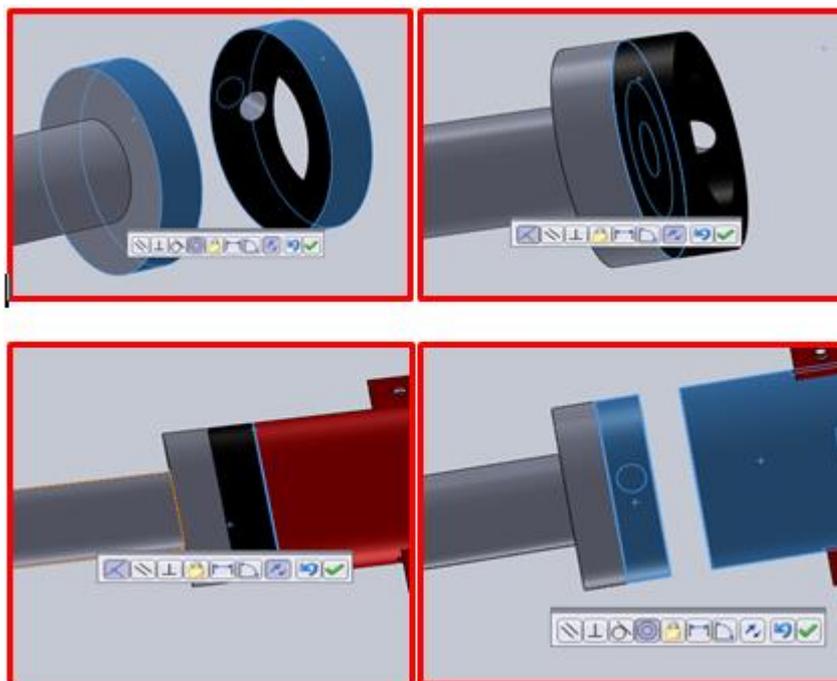


Figure 4.33: Les différentes contraintes entre P12 et P13 et P14

⌘ La figure 4.35 montre l'assemblage des pièces intérieures du vérin qui donne l'ouverture et la fermeture de la pince.

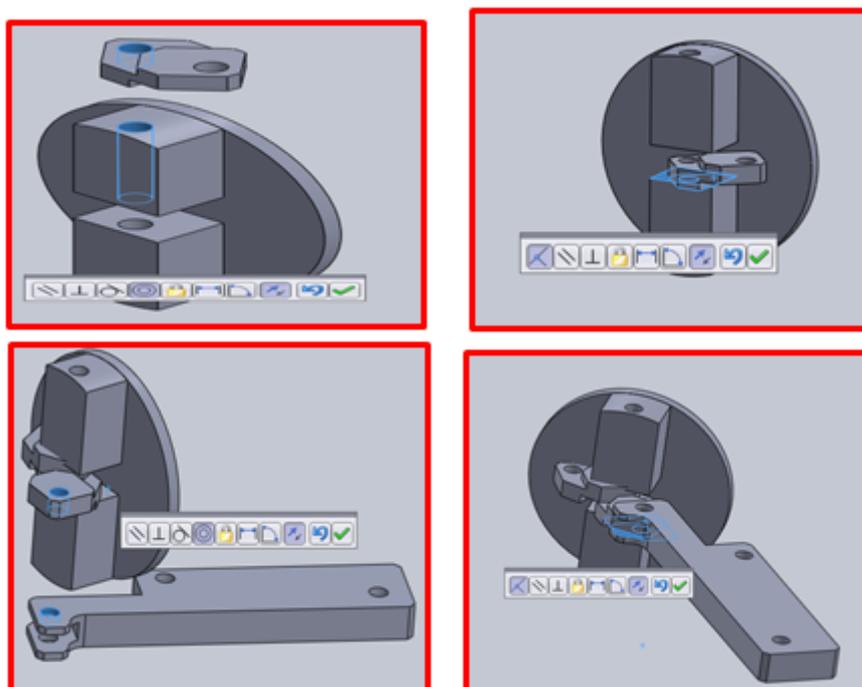


Figure 4.34: Les contraintes coaxiale et consciente entre P20 et P21 et P15

☞ L'assemblage suivant de la pince .

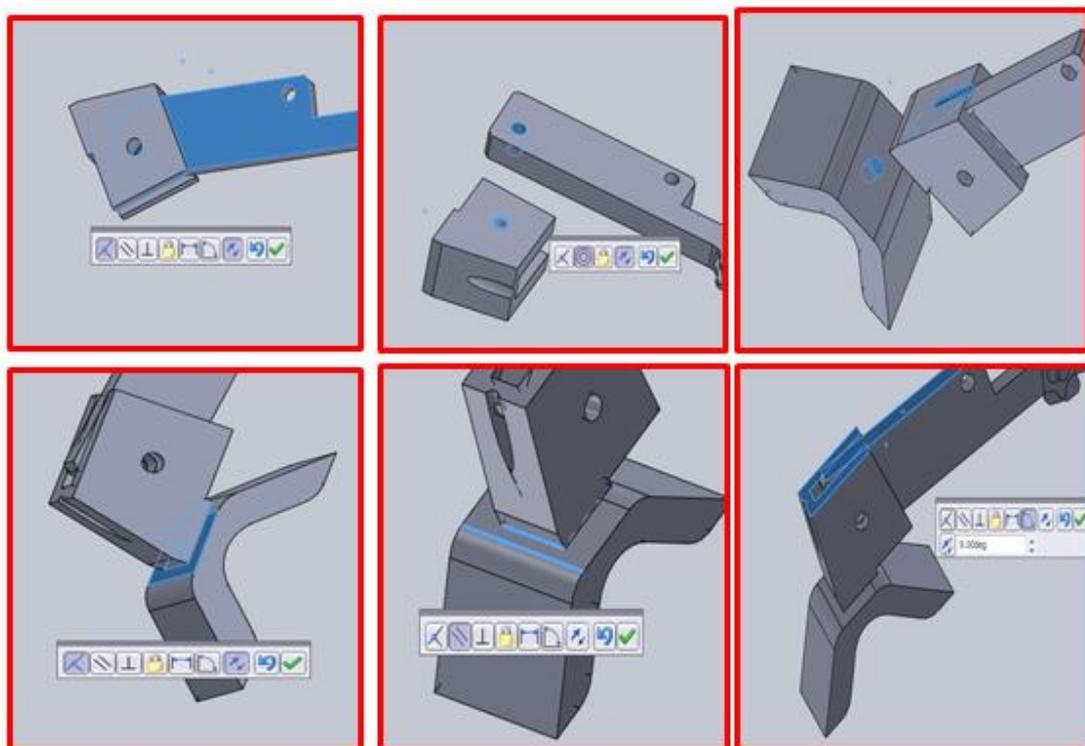


Figure 4.35: Les différentes contraintes sur P15 et P16 et P17

☞ La figure 4.36 suivante nous montre les contraintes coaxiales pour assembler la coque du vérin et la pince.

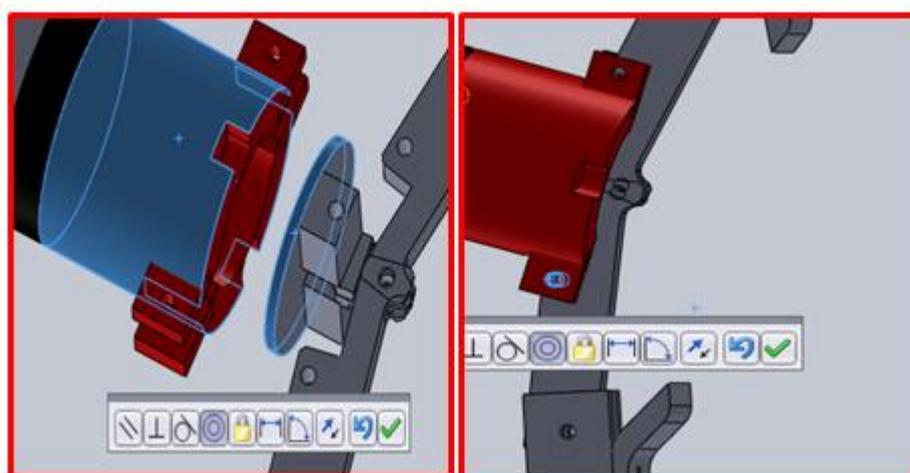


Figure 4.36: L'assemblage entre les deux parties de la pince

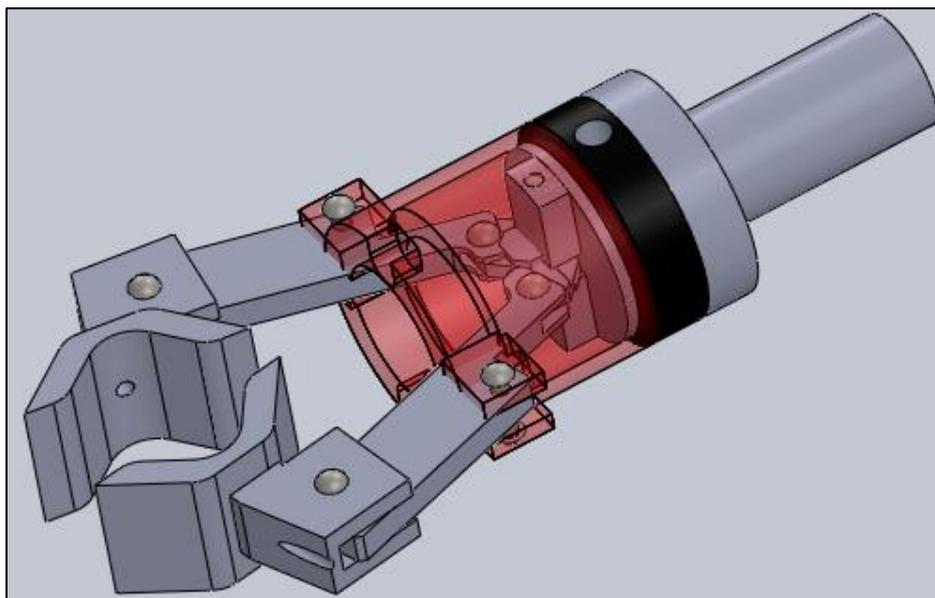


Figure 4.37: Le model final

4.2.1.3. L'assemblage final du bras horizontal

Pour assembler la pince avec le reste du bras on utilise des contraintes standards et des vis pour aboutir en fin de compte au résultat suivant :

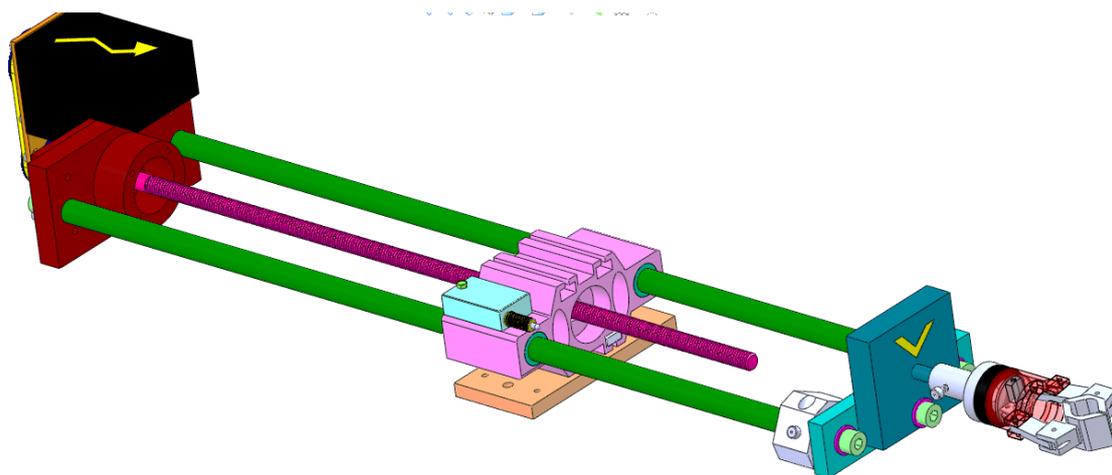


Figure 4.38: Le bras horizontal du robot manipulateur

4.2.2. Assemblage avec le complément SolidWorks motion

Pour animer un objet géométrique 3D, on définit tout d'abord les différentes images, c'est-à-dire les différentes positions de cet objet puis, on crée l'animation sous la forme d'une liste d'images ou d'objets.

Dans cette étape on utilise le complément SolidWorks motion pour animer l'assemblage des différentes pièces du bras horizontal.

SolidWorks Motion simule les opérations mécaniques des assemblages motorisés et les forces physiques générées par ces derniers. Il permet de connaître des facteurs tels que la consommation d'énergie et les interférences entre les pièces en mouvement.

Les étapes d'assemblage :

On ouvre l'outil SolidWorks → nouveau → assemblage

4.2.2.1. L'animation du sous assemblage1

Pour faire l'animation de l'assemblage de sous assemblage2 il faut respecter les étapes suivantes :

 On importe tous les composants du bras horizontal dans une seule zone graphique d'assemblage et on change la couleur de chaque composant

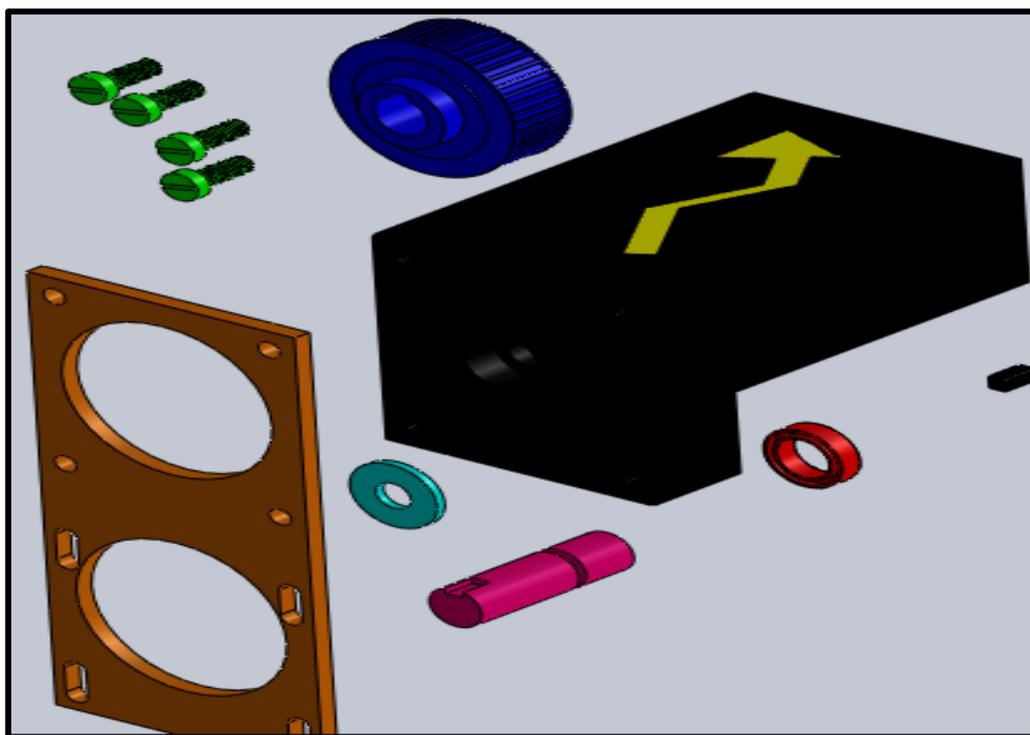


Figure 4.39: Importation des composants du sous assemblage 1

☞ Après l'importation des différents composants de *sous assemblage 1* on passe directement à SolidWorks motion.

On clique sur étude mouvement dans la Barre ci-dessous.

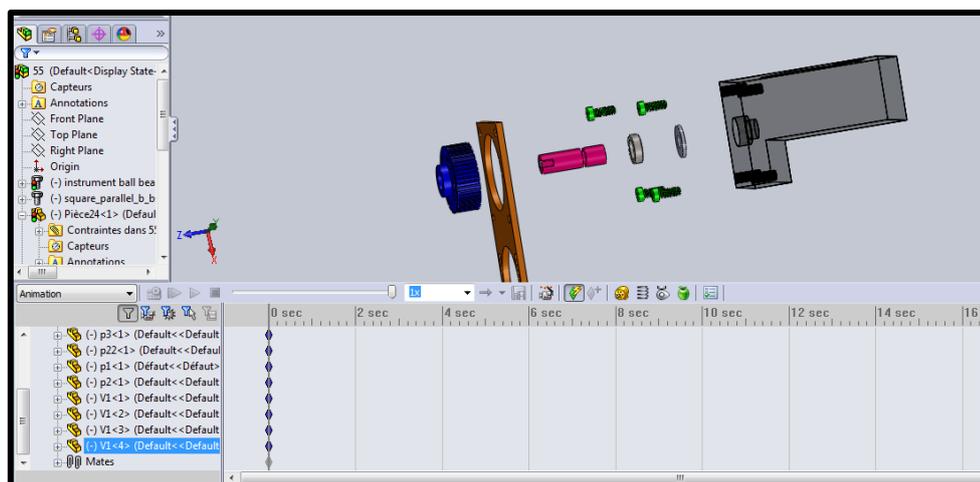


Figure 4.40: Passage directement à SolidWorks motion

- ⌘ On laisse P3 et on cache les pièces qui restent
- ⌘ Glisser la clé de P22 deux secondes après on la montre (P3)
- ⌘ Donner le moteur linéaire pour P22 avec une distance pendant 2 secondes.

4.2.2.2. L'animation d'assemblage1

Dans cet assemblage on a deux mouvement appliqués en même temps la rotation des roues dentées par une courroie qui permet la translation du bras horizontal vers l'avant et l'arrière.

On utilise deux moteurs circulaire et linéaire comme montre la figure suivante :

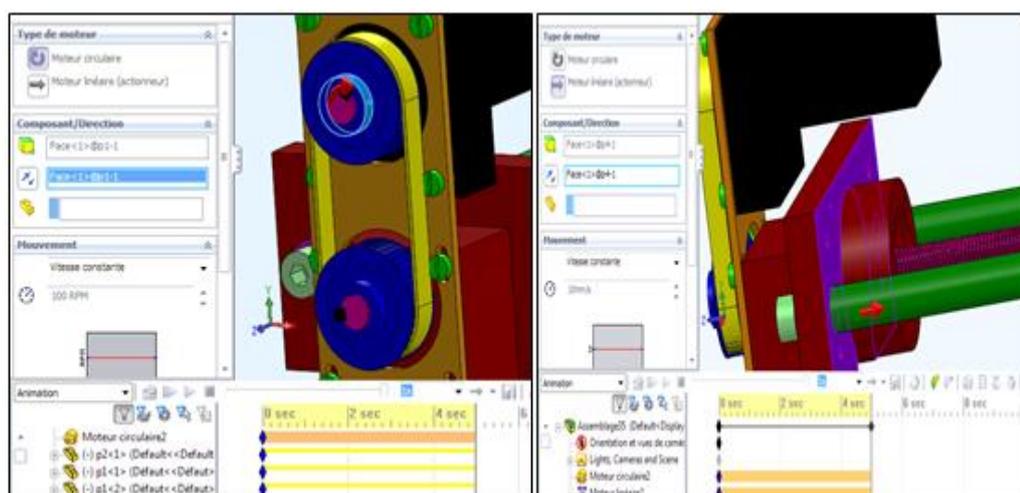


Figure 4.41: La création du mouvement de bras horizontal

4.2.2.3. L'animation du u mouvement d'assemblage2 (la pince)

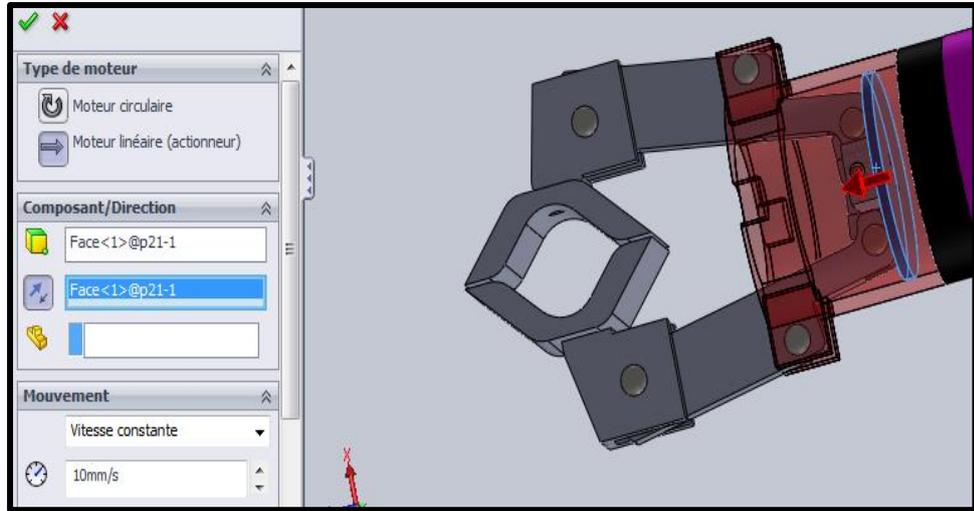


Figure 4.42: La création du mouvement de la pince

Pour animer le vérin on passe par les étapes suivantes :

⌘ Passage au solidworks motion

⌘ Sélectionner le moteur linéaire avec toutes ses contenances.

4.3. Conclusion

Dans ce chapitre on a fait l'assemblage des pièces du bras horizontal du robot de la cellule flexible créés dans le chapitre précédent par deux méthodes : la première par des contraintes standards et la deuxième par le complément de SolidWorks qui est SolidWorks Motion qui nous permet de montrer les différents mouvements des assemblages (rotation et translation).

Chapitre V

Analyse du P26 (arbre lié avec l'actionneur pneumatique)

5.1. Introduction

Dans ce chapitre on va utiliser l'assistant d'analyse SIMULATIONXPRESS pour analyser P26 (arbre lié avec l'actionneur pneumatique et qui doit supporter la charge de la pièce prise par la pince). Cette analyse va permettre de connaître la charge maximale que peut supporter cet arbre.

Dans la réalité on ne peut pas vraiment connaître la matière de cette pièce ni sa forme exacte, pour cela on va supposer une forme plus au moins proche et donner un matériau tel que AISI 4340 acier normalisé dont on va faire l'étude.

5.2. Définition de SimulationXpress

SimulationXpress visualise clairement le comportement de la conception dans des conditions réelles, il est utilisé pour :

- ❖ identifier les zones de conceptions susceptibles de présenter des défauts.
- ❖ apprécier la réduction des coûts et des masses engendrés par la suppression des matières inutiles.
- ❖ Comparer les différents scénarios en appliquant des chargements et déplacements imposés : forces et pressions, couple, chargements des paliers et déplacements imposés fixes ou directionnels.

SimulationXpress inclut également d'autres fonctions, telles que l'optimisation des conceptions, la simulation des tests de chute, et des études thermiques, fréquentielles, de flambage et de fatigue.

Pour faire l'analyse de la pièce on utilise la méthode d'étude statique qui calcule les déplacements, les forces de réaction, les déformations, les contraintes et la distribution des coefficients de sécurité.

5.3. Analyse de P 26

Pour définir la charge maximale que peut supporter l'arbre, on va donner quelques poids (250g, 225g et 215g) pour faire l'analyse et par la suite tirer le poids maximal admis.

Pour cela on va suivre les étapes données par les différents tableaux de l'application et faire la simulation pour les trois charges données.

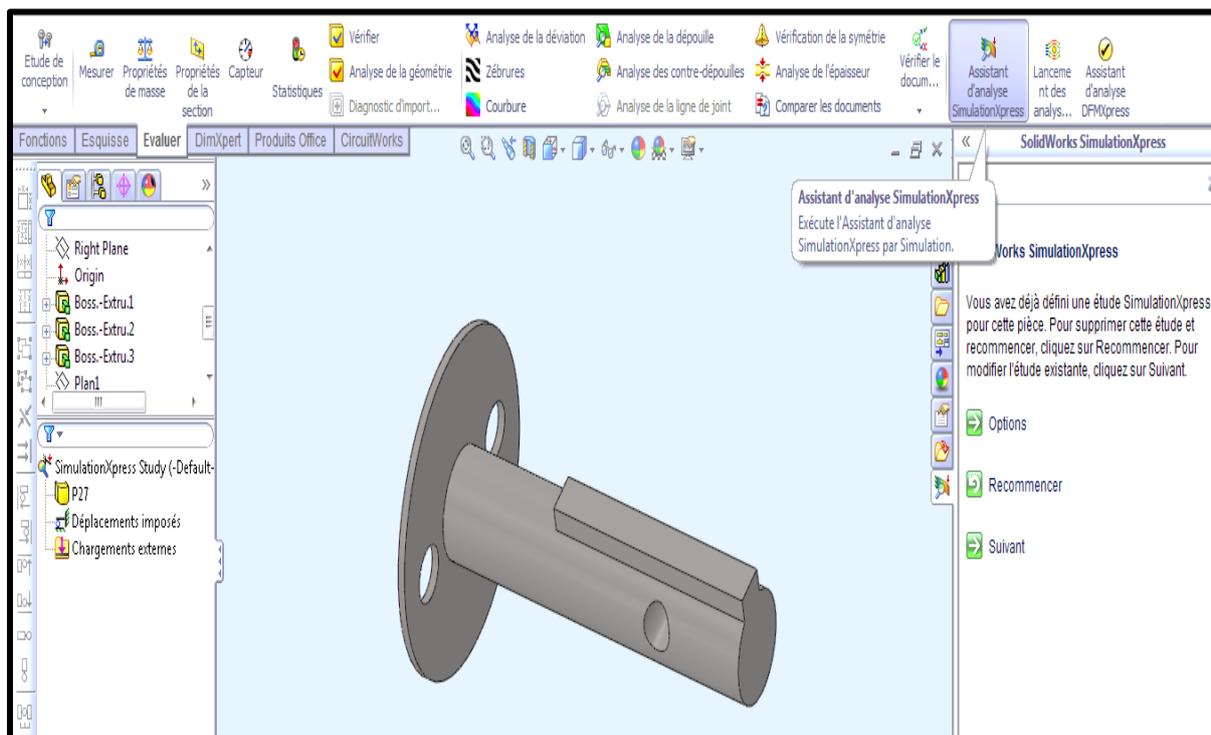


Figure 5.1. Présentation du logiciel d'analyse SimulationXpress

Pour arriver aux résultats finaux on va suivre les étapes suivantes :

5.3.1. Application des déplacements imposés

On clique sur  pour appliquer des déplacements imposés, comme indiqué sur l'assistant, pour empêcher la pièce de bouger lors de l'application de chargements, voir figure 5.2

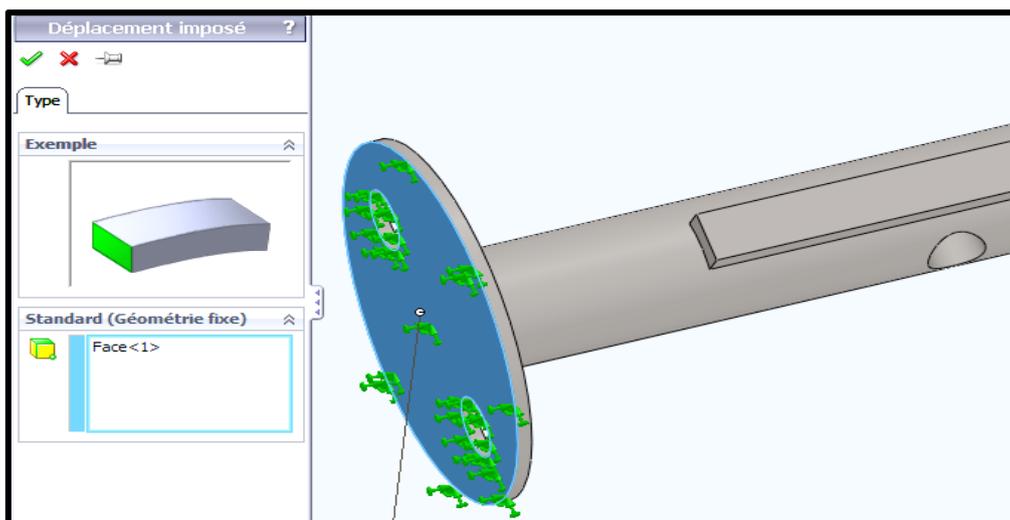


Figure 5.2. Application d'un déplacement imposé

5.3.2. Application des chargements

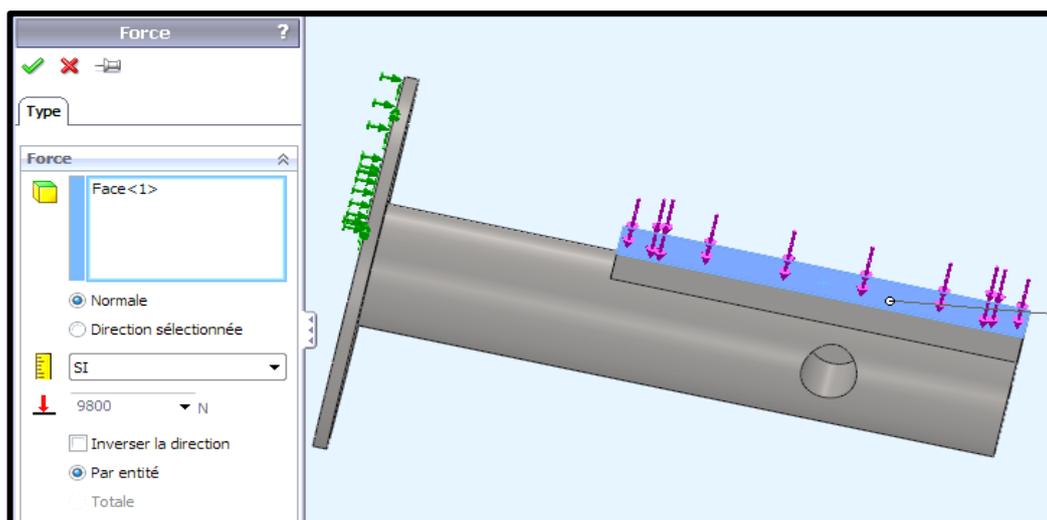


Figure 5.3. Application des chargements

5.3.3. Choix du matériau de la pièce

L'étape suivante sur l'assistant d'analyse est le choix du matériau (AISI 4340 normalisé) on clique sur  Choisir un matériau ce qui permet d'ouvrir la fenêtre montrée sur la figure 5.4 suivante :

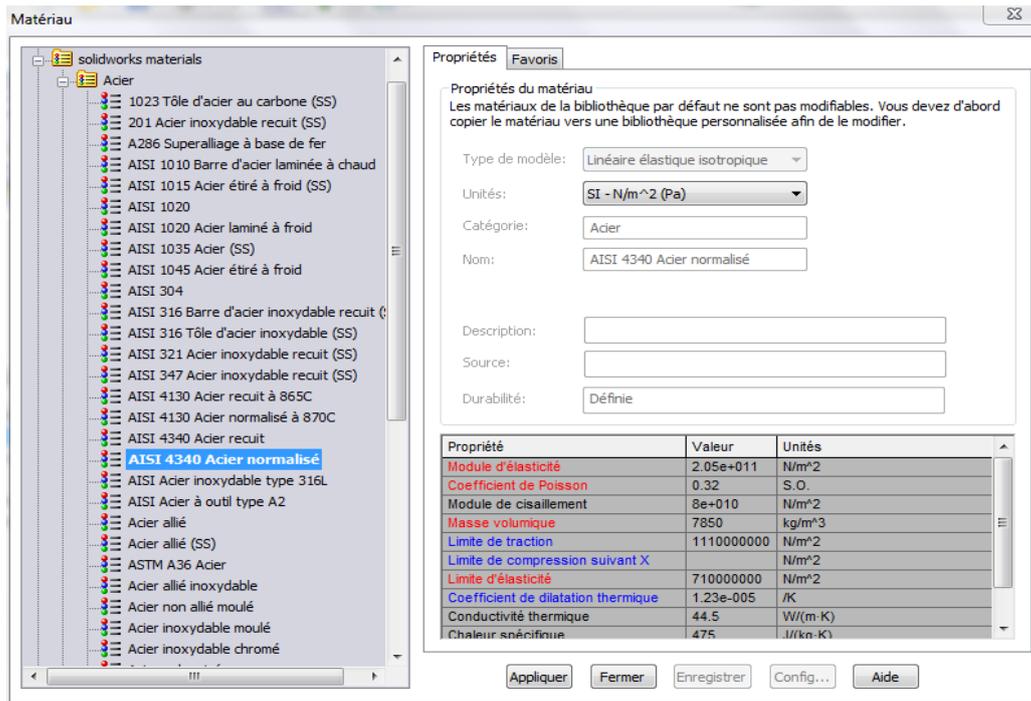
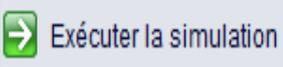


Figure 5.4. Fenêtre des matériaux.

5.3.4. Exécution de la simulation

Enfin on arrive à la simulation. Après cliquer sur  l'exécution de la simulation le logiciel donne un rapport Word où les informations suivantes sont affichées :

Propriétés volumétriques

Tableau 5.1. Propriétés volumétriques

Masse	0.0760841 lb
Volume	6,9470524mm ³
Masse volumique	0.27818 lb/in ³
Poids	0.0760325 lbf

↳ Propriétés du matériau

Tableau 5.2. Propriétés du matériau

Nom	AISI 4340 Acier normalisé
Type de modèle	Linéaire élastique isotropique
Critère de ruine par défaut	Contrainte de von Mises max.
Limite d'élasticité	7.1e+008 N/m ²
Limite de traction	1.11e+009 N/m ²

↳ Actions de déplacement

Tableau 5.3. Détails de déplacement

Entités	1 face(s)
Type	Géométrie fixe

↳ Détails du chargement

Tableau 5.4. Détails de chargement

Entités	1 face
Type	Force normale
Valeur	10000 N

🔗 Informations sur le maillage

Tableau 5.5. Information sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé	Maillage standard
Transition automatique	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	1.64943 mm
Tolérance	0.0824717 mm
Qualité de maillage	Haute
Nombre total de noeuds	11934
Nombre total d'éléments	7101
Aspect ratio maximum	6.7707
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	98.5
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh;mm;ss)	00:00:03
Nom de l'ordinateur	MICRO-PC

🔗 Résultats de l'étude

📖 Poids =250 g

➤ La charge

Tableau 5.6. Les résultats de chargement

Nom	Type	Min	Max
Stress	VON: contrainte de von Mises	1295.02 N/m ² Noeud: 11372	8.24821e+008 N/m ² Noeud: 8449

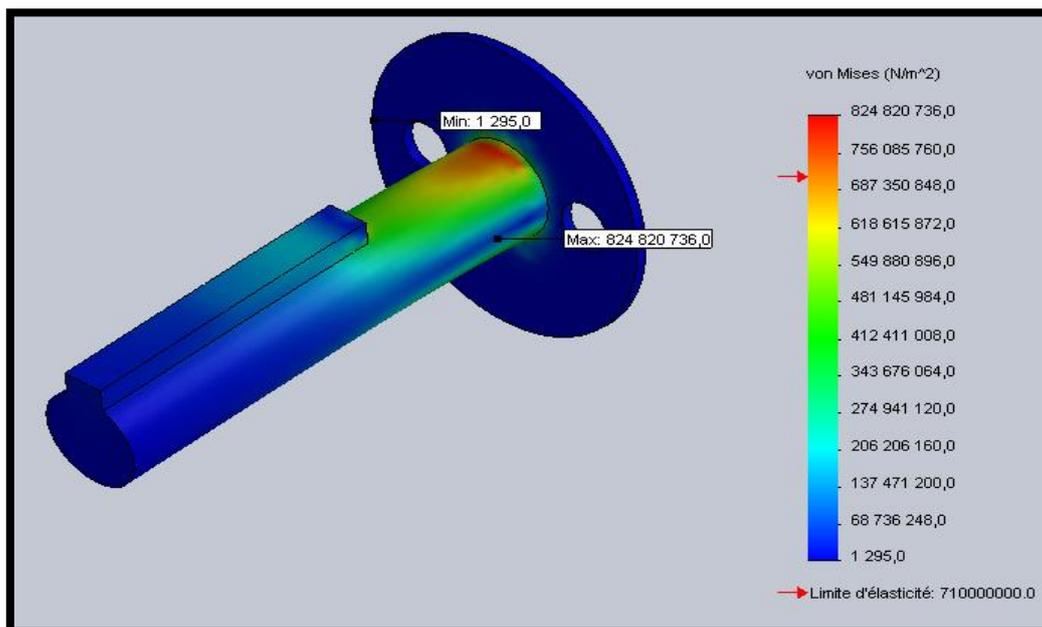


Figure 5.5. SimulationXpress Study-Contraintes-contrainte

➤ Le déplacement

Tableau 5.7. Résultats de déplacement

Nom	Type	Min	Max
Displacement	URES: Déplacement résultant	0 mm Noeud: 1	0.515825 mm Noeud: 657

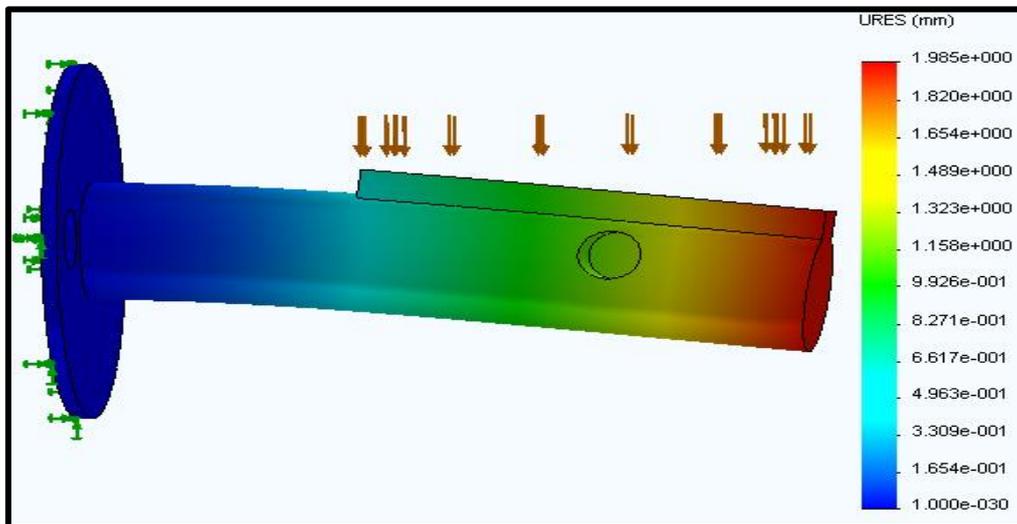


Figure 5.6. SimulationXpress Study-Déplacements-Displacement

➤ Afficher la zone ou la confusion de Sécurité (cs) et inférieure de 1 :

Tableau 5.8. Résultats de CS

Nom	Type	Min	Max
confusion de Sécurité	Contrainte de von Mises max.	0.860793 Noeud: 8449	204415 Noeud: 11372

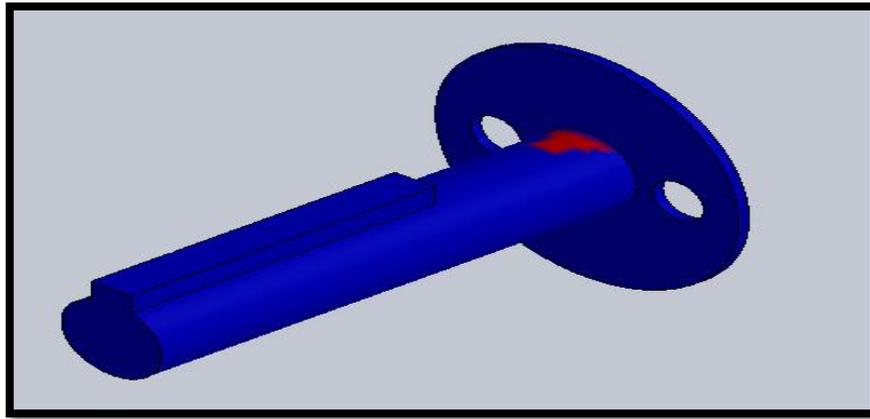


Figure 5.7. SimulationXpress Study-Coefficient de sécurité-
Factor of Safety

 Poids =225g

➤ La charge

Tableau 5.9. Résultats des contraintes

Nom	Type	Min	Max
Stress	VON: contrainte de von Mises	1165.52 N/m ² Noeud: 11372	7.42339e+008 N/m ² Noeud: 8449

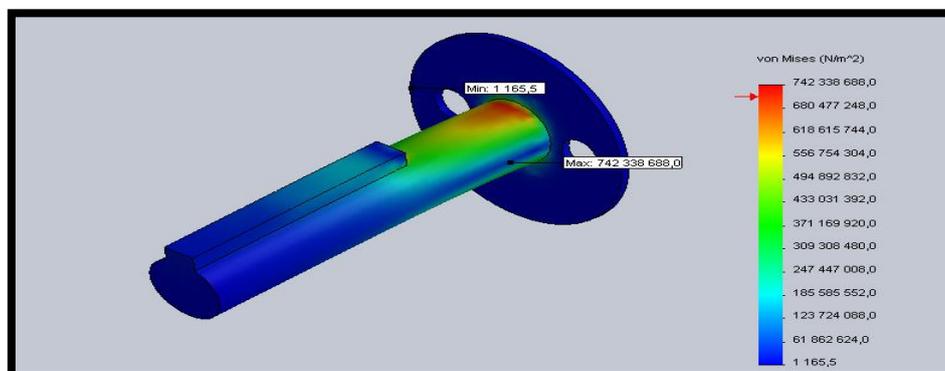


Figure 5.8. SimulationXpress Study-Contraintes-Stress

➤ Déplacement

Tableau 5.10. Résultats de déplacement

Nom	Type	Min	Max
Displacement	URES: Déplacement résultant	0 mm Noeud: 1	0.464243 mm Noeud: 657

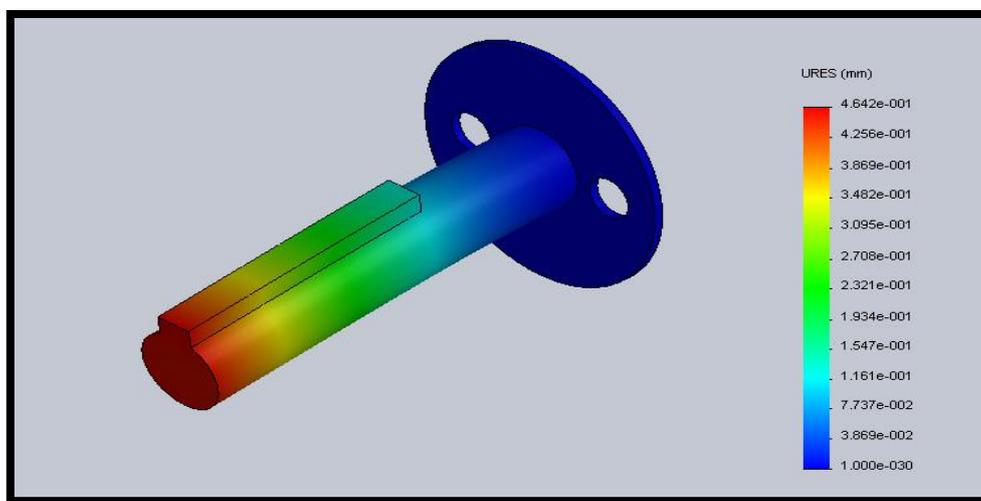


Figure 5.9. SimulationXpress Study-Déplacements-Displacement

➤ Afficher la zone où le coefficient de Sécurité (cs) est inférieur à 1 :

Tableau 5.11. Résultats de SC

Nom	Type	Min	Max
Coefficient de sécurité	Contrainte de von Mises max.	0.00855539 Noeud: 8449	4783.65 Noeud: 11372

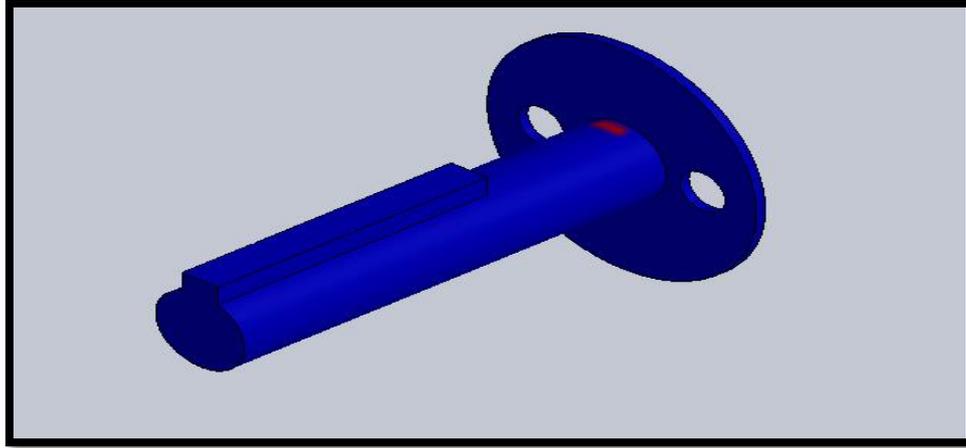


Figure 5.10. SimulationXpress Study-Coefficient de sécurité-Factor of Safety.

 Poids =215g.

➤ La charge

Tableau 5.12. Résultats des contraintes

Nom	Type	Min	Max
Stress	VON: contrainte de von Mises	1113.72 N/m ² Noeud: 11372	7.09346e+008 N/m ² Noeud: 8449

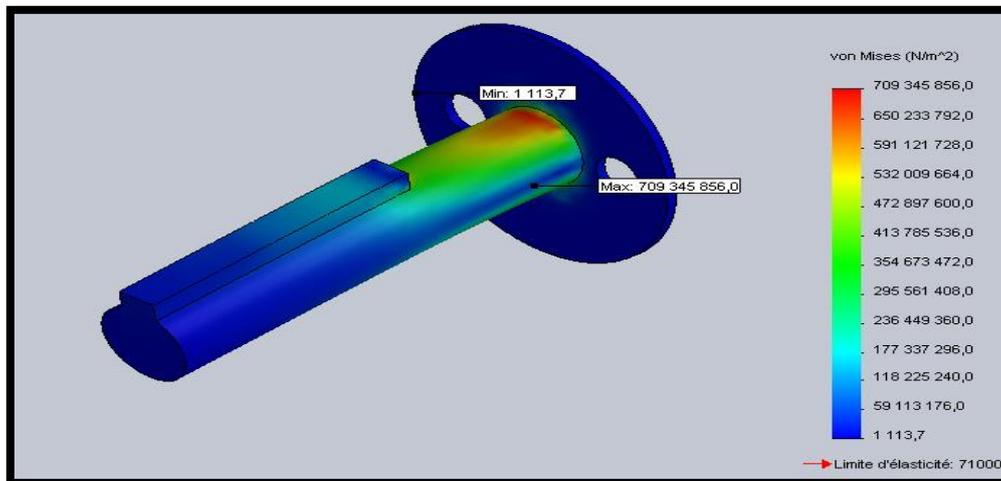
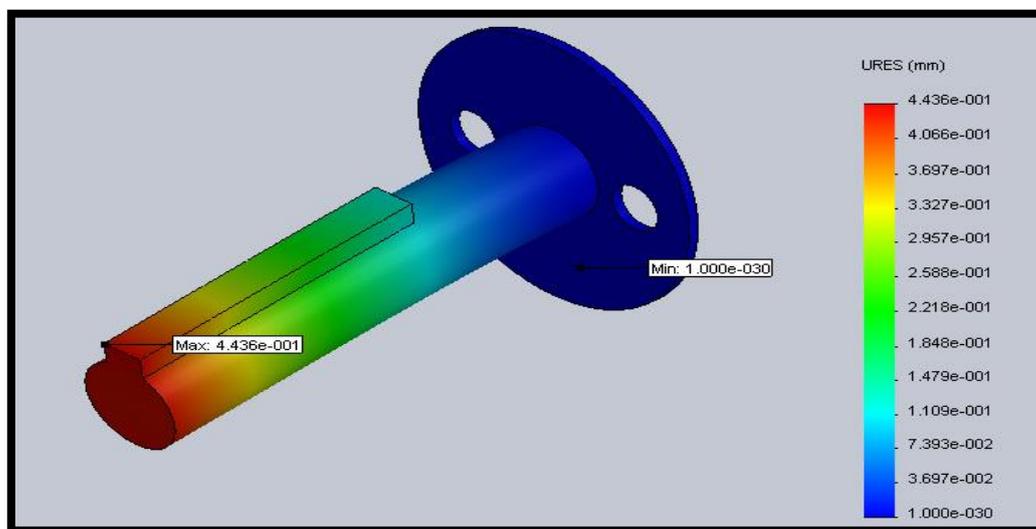


Figure 5.11. SimulationXpress Study-Constraints-Stress

➤ Déplacement:**Tableau 5.13.** Résultats de déplacement

Nom	Type	Min	Max
Displacement	URES: Déplacement résultant	0 mm Noeud: 1	0.44361 mm Noeud: 657

**Figure 5.12.** Simulation Xpress Study-Déplacements-Displacement➤ *Afficher le zone de ou le coefficient de Sécurité (cs) et inferieure de 1***Tableau 5.14.** résultats de SC

Nom	Type	Min	Max
Coefficient de sécurité	Contrainte de von Mises max.	0.00855539 Noeud: 8449	4783.65 Noeud: 11372

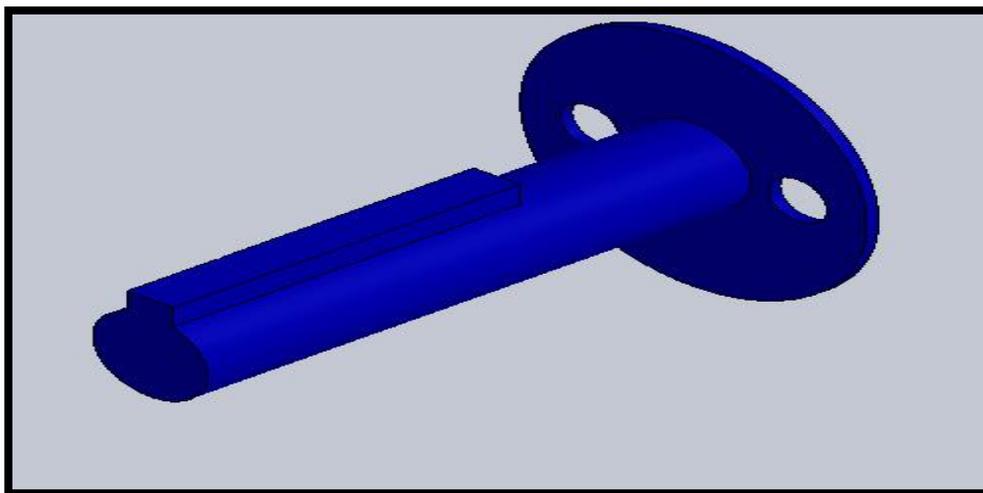


Figure 5.13. SimulationXpress Study-Coefficient de sécurité-Factor of Safety

5.4. Interprétation des résultats précédents

Après avoir donné plusieurs charges et fait l'analyse de la pièce P26 on a conclu d'après les résultats que le poids maximal que peut supporter cette dernière est de 215g à peu près.

5.5. Conclusion

L'analyse de P26 avec différentes charges et un matériau choisi a fait l'objet de ce chapitre. Cette analyse a été faite pour le matériau AISI 4340 Acier normalisé et trois charges dont les résultats ont permis de tirer la charge maximale que peut éventuellement supporter cette pièce.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le but de ce travail n'était pas seulement la rétro-conception du bras horizontal du robot manipulateur du laboratoire d'automatique de l'université de Tlemcen, mais aussi l'analyse assistée par ordinateur de l'une de ses pièces avec un logiciel de CAO. Pour aboutir à cet objectif une série d'étape a été effectuée.

- Tout d'abord une généralité sur la robotique et ses types. On a ensuite défini la conception assistée par ordinateur en expliquant l'intérêt de la CAO dans la production et ses applications dans la robotisation.
- La deuxième étape a été la mesure des différentes pièces du bras horizontal par les moyens de métrologie disponibles ainsi que la modélisation de chaque pièce. Par la même occasion on a défini la modélisation; ainsi que l'outil de CAO avec lequel on a travaillé qui est SolidWorks2011, en donnant ses caractéristiques et son fonctionnement.
- Après la modélisation de toutes les pièces, l'assemblage de ces dernières pour composer le bras horizontal du robot manipulateur a été fait en utilisant deux méthodes, par contraintes et avec le complément SolidWorks motion pour présenter et visualiser l'ensemble de notre bras permettant de montrer les différents mouvements des assemblages (rotation et translation).

Enfin une analyse et vérification des contraintes et des déplacements P26 (arbre lié avec l'actionneur pneumatique et qui doit supporter la charge de la pièce prise par la pince) ont été réalisées par le complément SolidWorks Motion.

L'assistance du logiciel "SolidWorks" m'a beaucoup aidé dans mon travail vis-à-vis de la précision de la conception des pièces et leur assemblage ainsi que leur simulation virtuelle.

Ce travail ayant été réalisé par le logiciel de CAO SolidWorks, on peut proposer comme perspective qu'il soit réalisé par un autre logiciel de CAO tel que CATIA par exemple pour faire une comparaison.

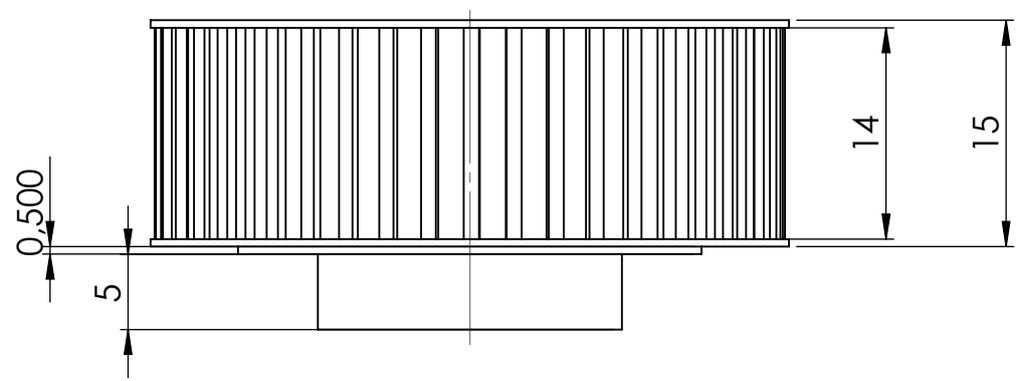
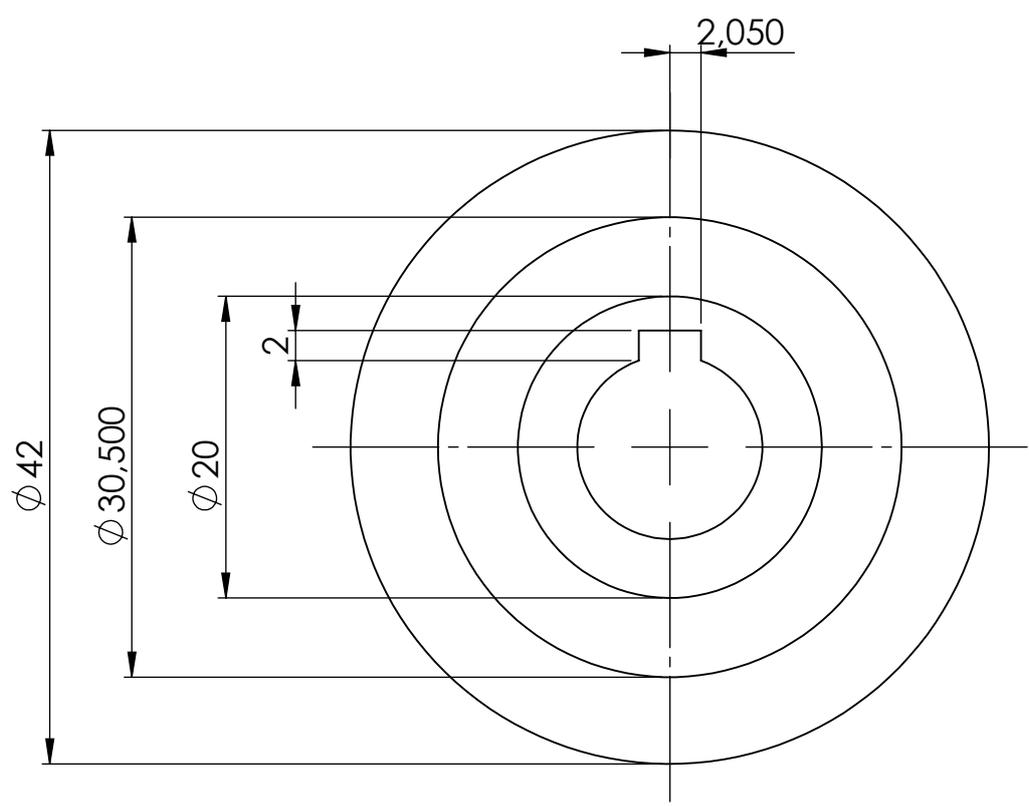
BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Hamid Hocine ; introduction à la robotique ; université de Constantine ; 2002/2003.
- [2] Pierre DUYSINX ; ELEMENTS DE ROBOTIQUE ; ASPECTS MECANIQUES ;Ingénierie des Véhicules Terrestres Département PROMETHE, (Productique, Mécanique et Thermodynamique)
- [3] Toufik BENTALEB- Contribution à l'étalonnage géométrique des robots industriels ; MEMOIRE de Magister ; ECOLE MILITAIRE POLYTECHNIQUE-2006
- [4] Mme S.BORSALI ; Modélisation des Robots-Master Automatique S2 ;université d'ABOU ;BAKER BELKAED ;2012.
- [5] Pierre DUYSINX- ELEMENTS DE ROBOTIQUE/ASPECTS MECANIQUES ; Ingénierie des Véhicules Terrestres ;Département PROMETHE.
- [6] Laetitia Matignon-Introduction à la robotique Licence 1^{ère} année ; 2011/2012
- [7] <http://publications.ctn.asso.fr/vaInfos/pdf/vainfo18.pdf>
- [8] Patrick GILLET ; Conception assistée par ordinateur (CAO);Techniques de l'Ingénieur ; document t7300.
- [9] BELATEL MIMI ; THESE de Doctorat en Sciences UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE ; 2009.
- [10] BENSIAD Ismail. Etude diagnostique et maintenance du bras de robot de la cellule flexible. mémoire de fin d'étude ; université de Tlemcen, 2011.
- [11] <http://www.epi.asso.fr/association/dossiers/integration92.htm#d12p123> .
- [12] http://www.epstoran.dz/ecole_preparatoire/fiches_tp/premiere_.annee/dessin/Ecol%20E.P.S.T.pdf
- [13] http://www.general-files.com/download/gs4c07c8e0h32i0/formation_sw2004.pdf.html.
- [14] Cusi Van Dooren- Conception mécanique d'un chien robot GIPO- Laboratoire de Mécanique des Solides -Université de Poitiers-2006

ANNEXE

3.2



Tolérance Gle: 0.5

ECHELLE 2:1

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

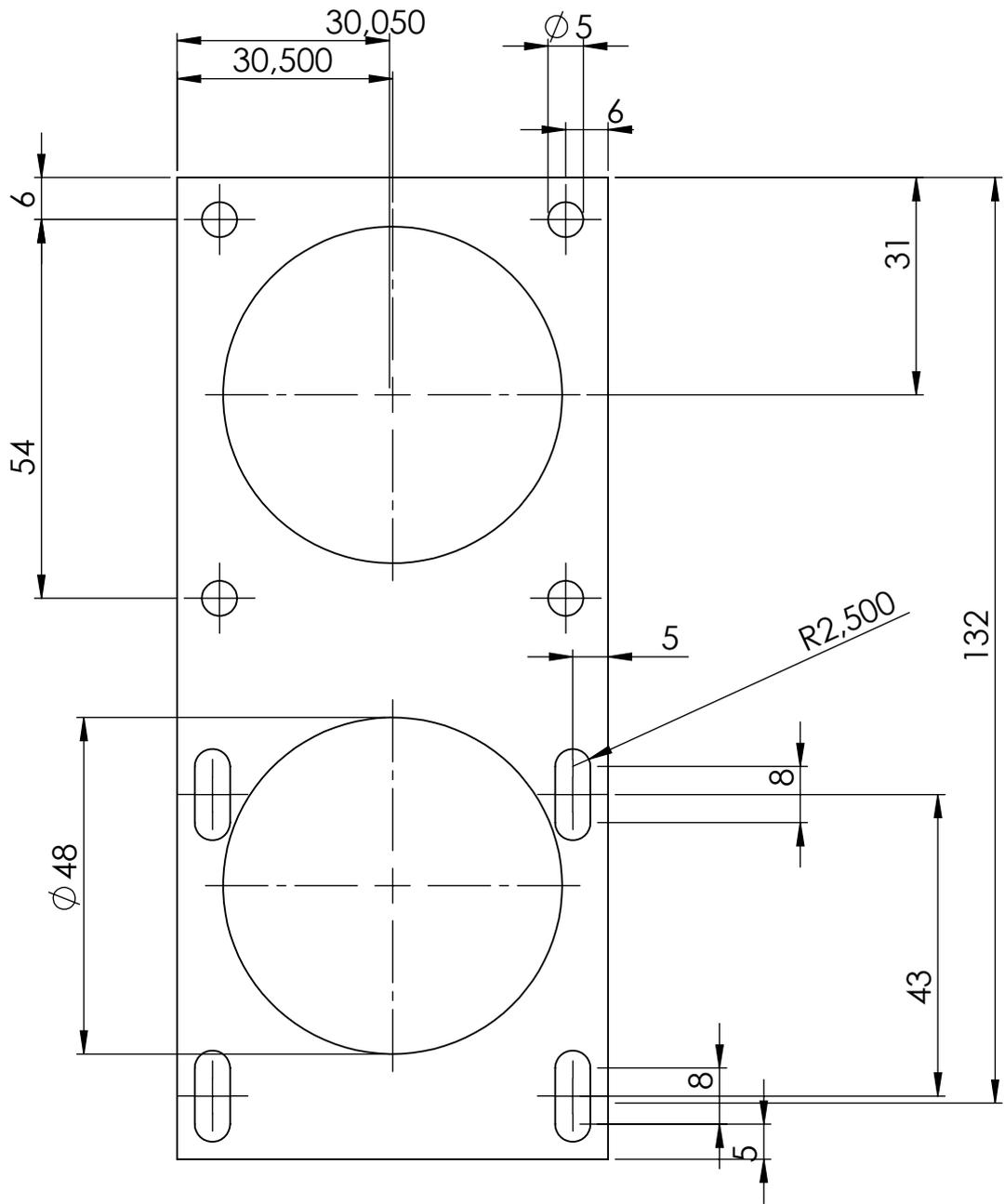
P1

BOUZIANE
FatimaZohra

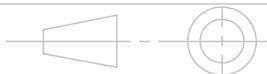
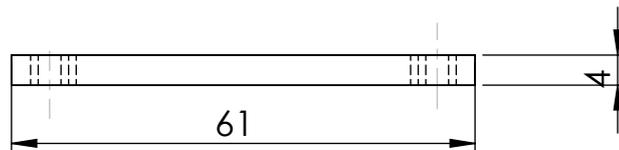
DEPARTEMENT GM

ISM-M2

3.2



Tolérance Gle :0.5



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

ECHELLE 1 :1

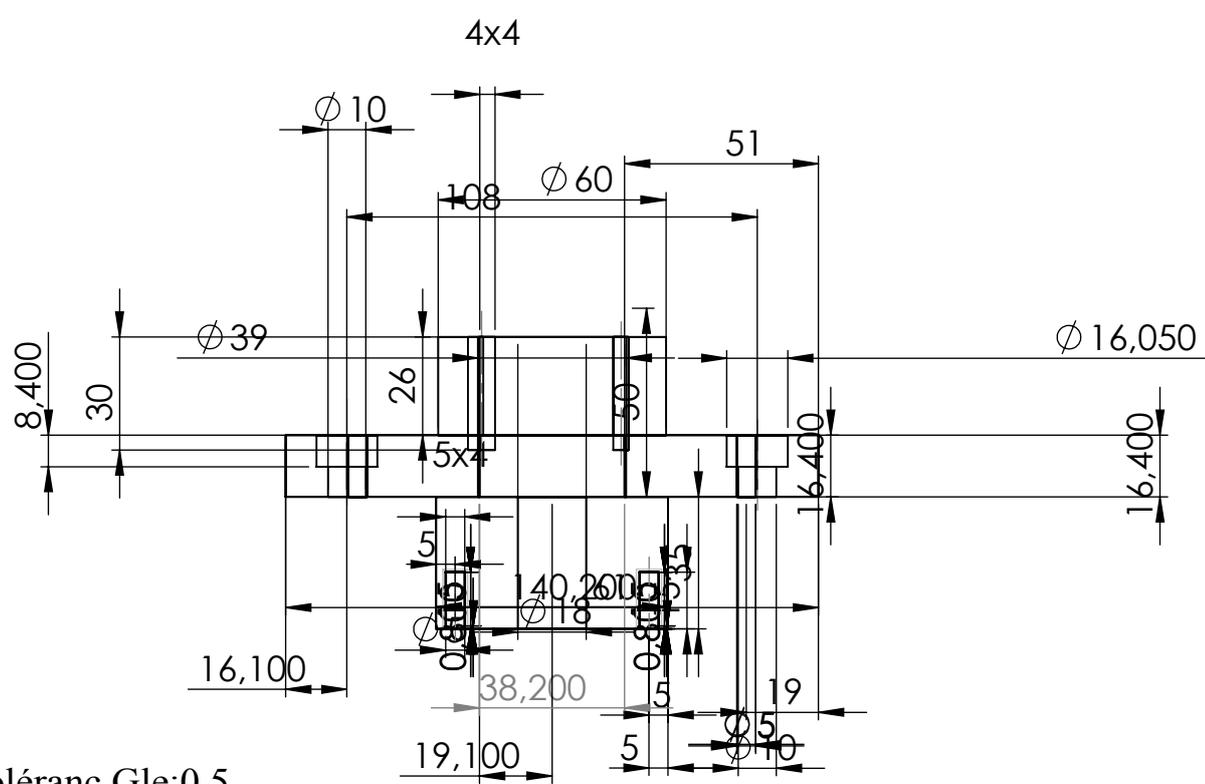
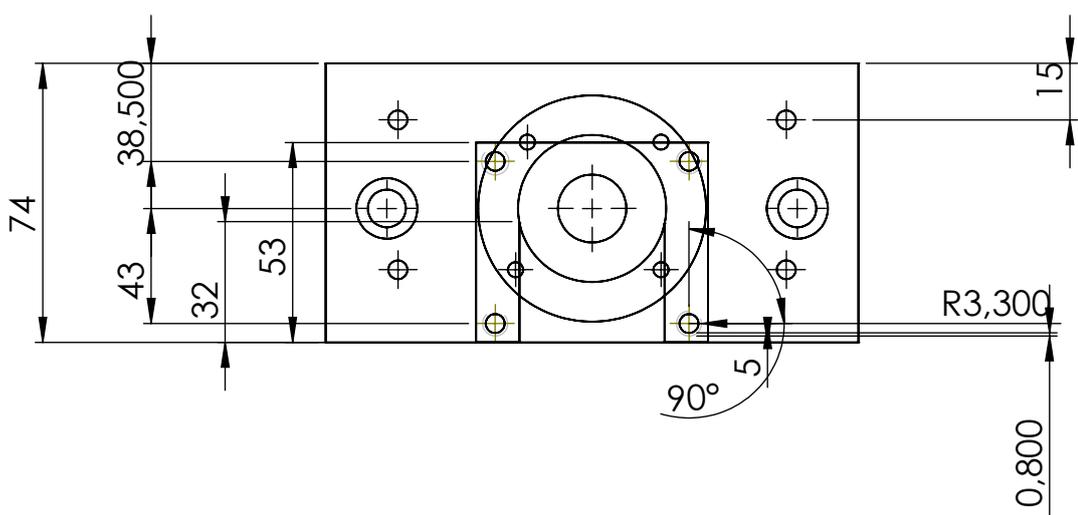
DEPARTEMENT GM

P2

ISM-M2



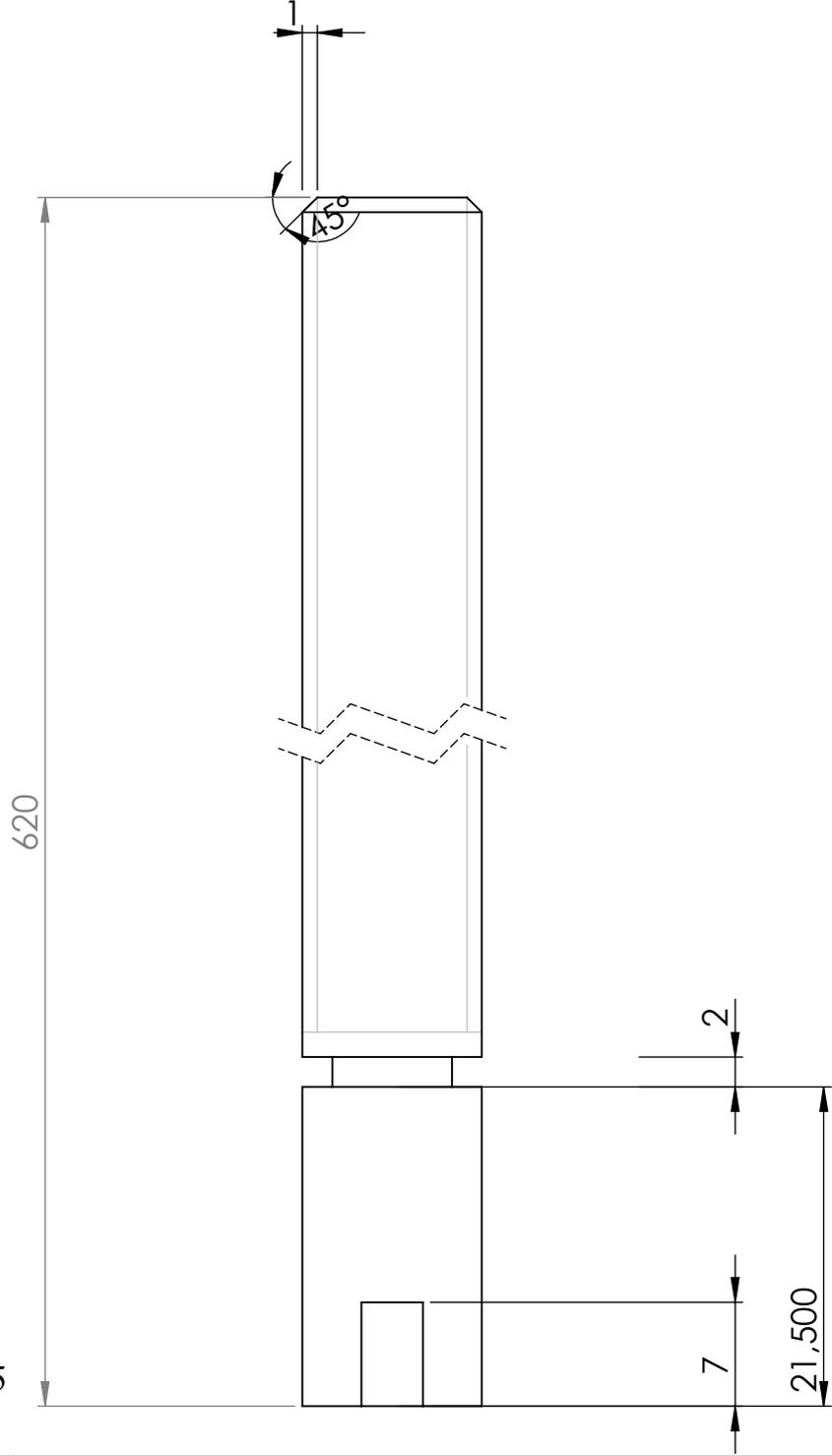
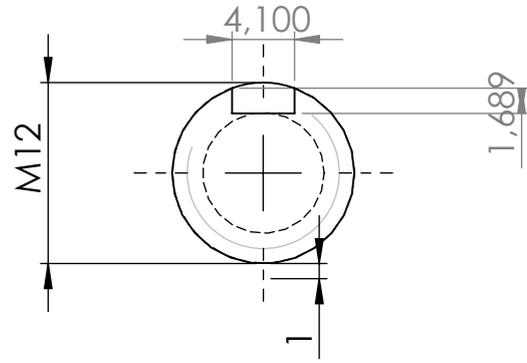
3.2



Toléranc Gle:0.5

	<p>UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN</p>	<p>BOUZIANE FaimaZohra</p>
	<p>P4</p>	<p>DEPARTEMENT GM</p>
<p>ECHELLE 1 : 1</p>		<p>ISM-M2</p>

3.2



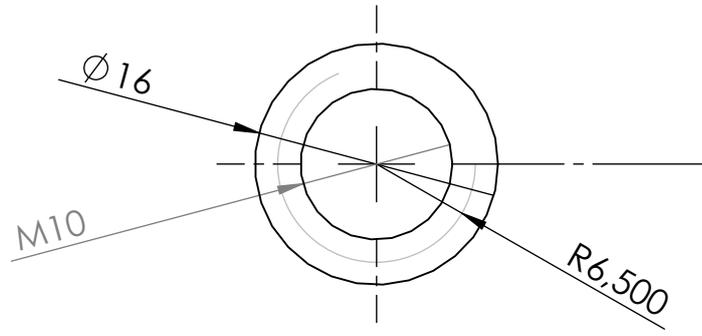
Tolérance Gle:0.5

ECHELLE 3 : 1

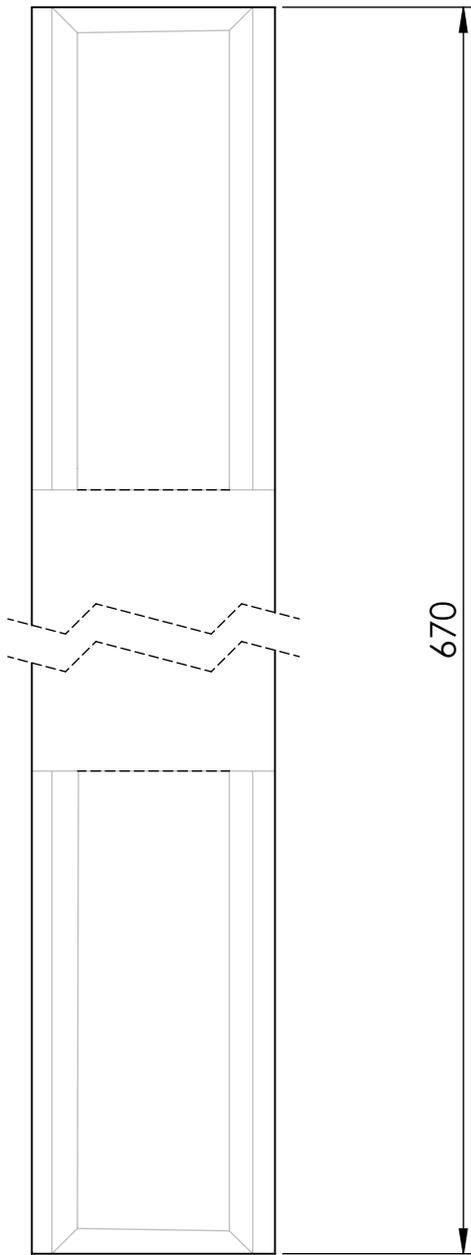
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE FatimaZohra
DEPARTEMENT GM
ISM-M2

p5



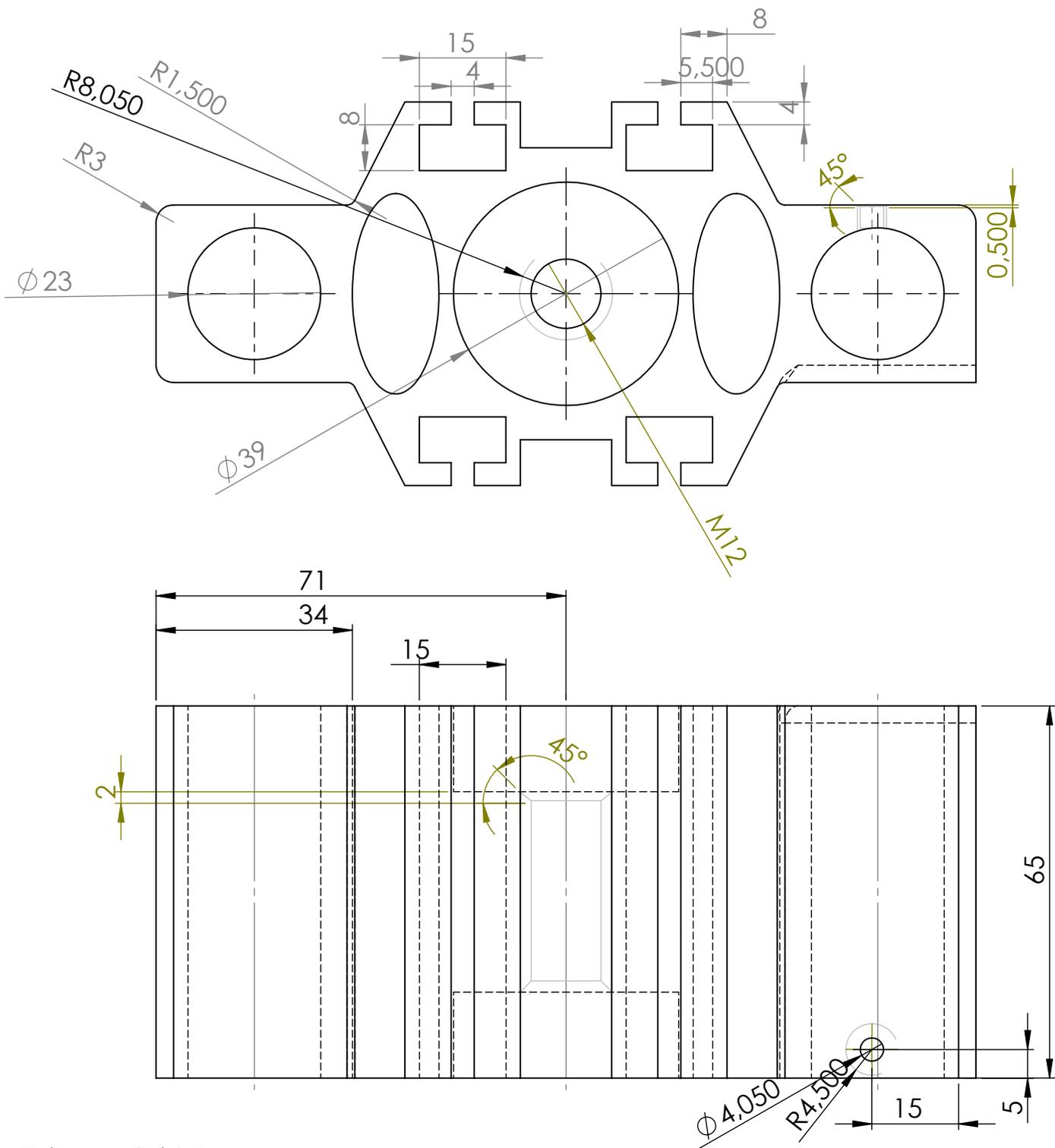
3.2



Tolérance Gle:0.5

	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	BOUZIANE FatimaZohra
ECHELLE 2 :1	P6 	DEPARTEMENT GM
		ISM-M2

3.2

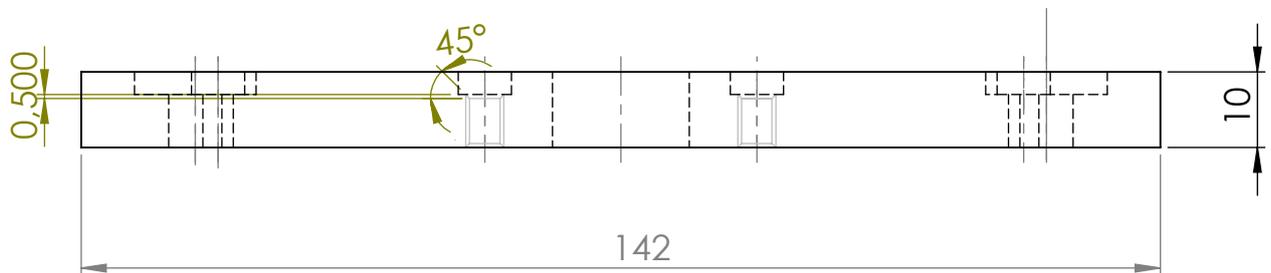
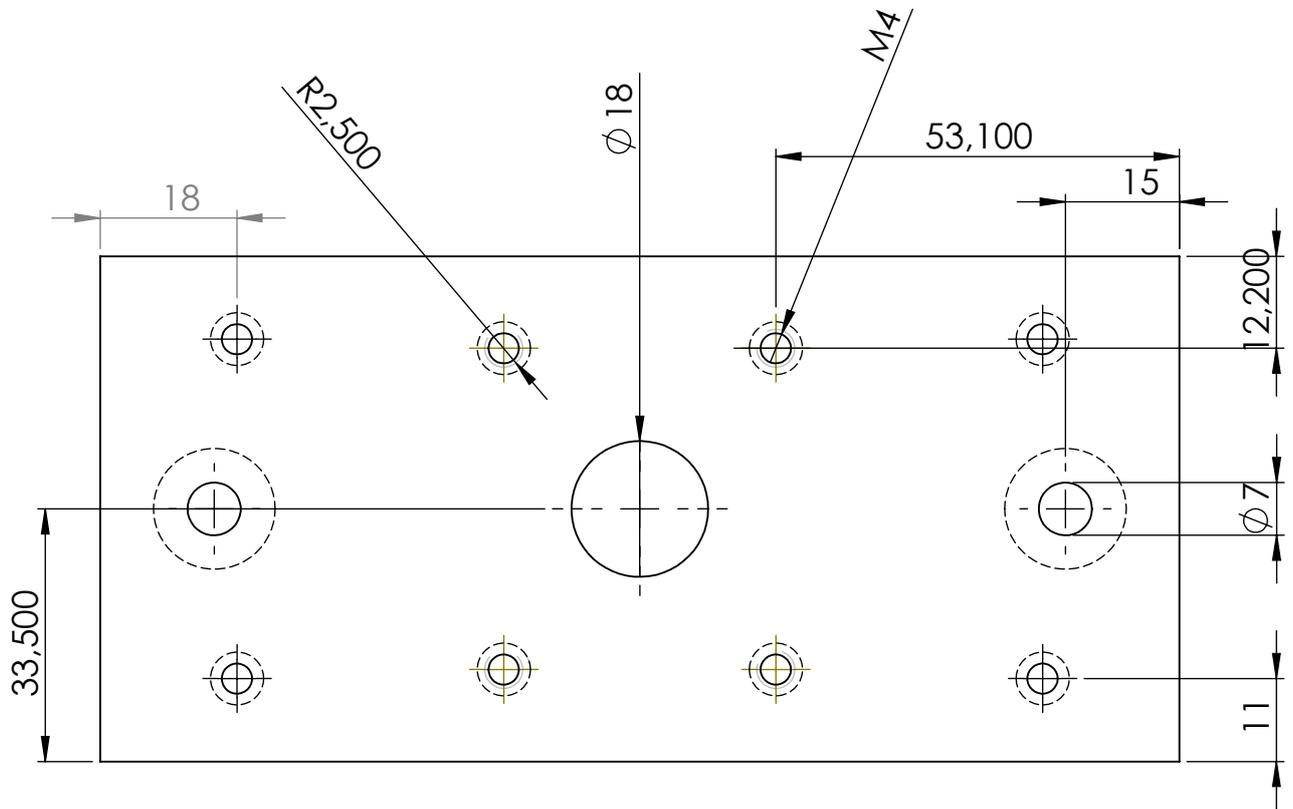


Tolérance Gel:0.5

	<p>UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN</p>	<p>BOUZIANE FatimaZohra</p>
<p>ECHELLE 1 :1</p>	<p>P7</p>	<p>DEPARTEMENT GM</p>
		<p>ISM-M2</p>



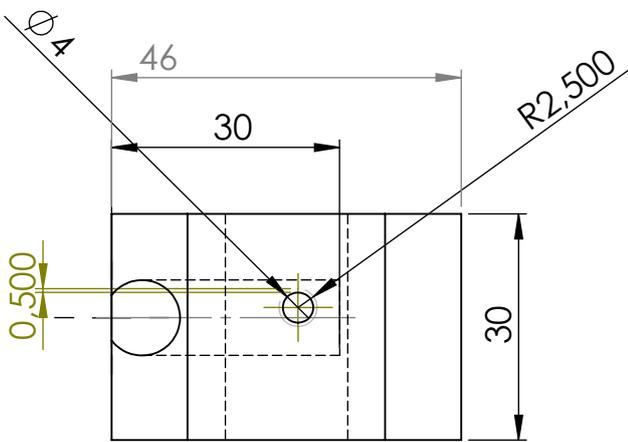
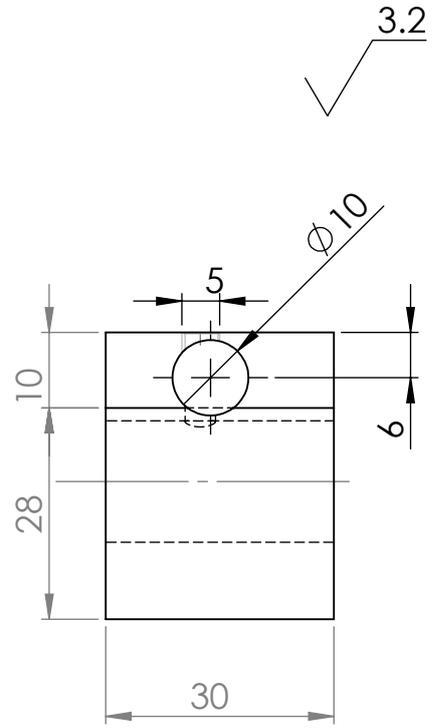
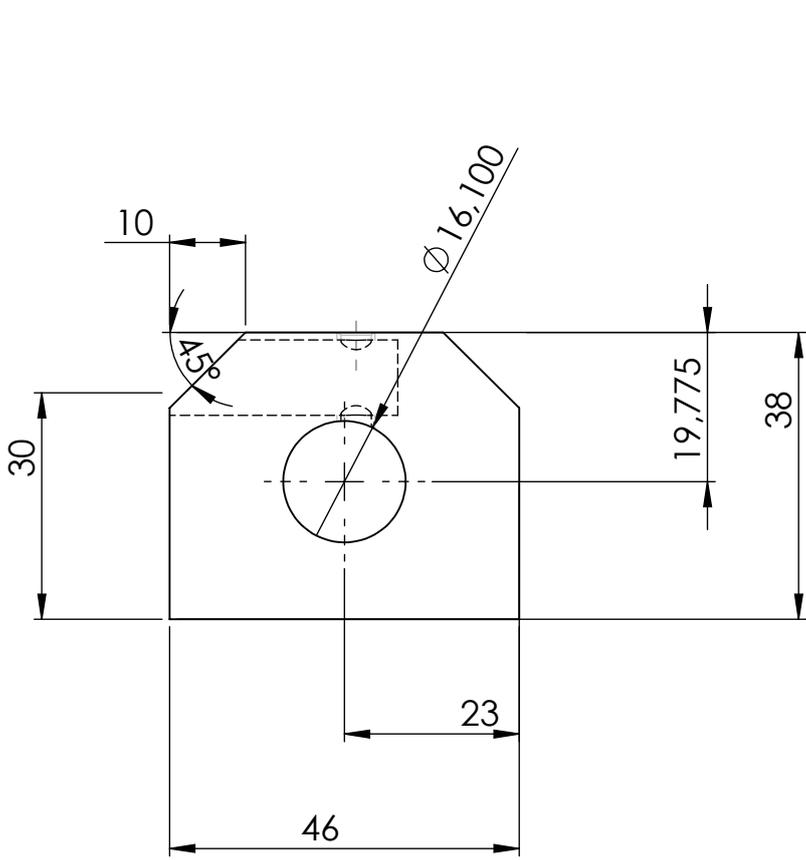
3.2



Tolérance Gle:0.5

	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	BOUZIANE FatimaZohra
ECHELLE 1 :1	P8	DEPARTEMENT GM
		ISM-M2





Tolérance Gle:0.5


ECHELLE 1 : 1

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

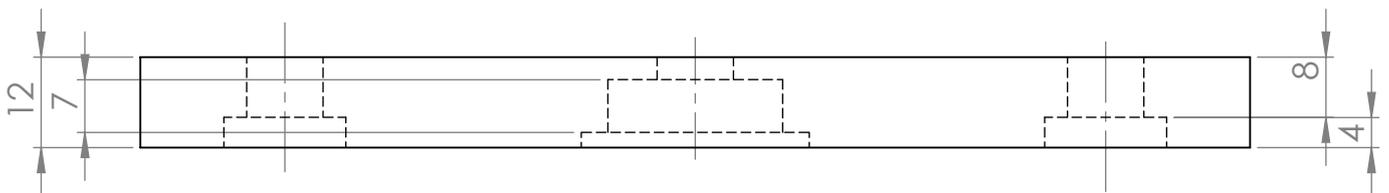
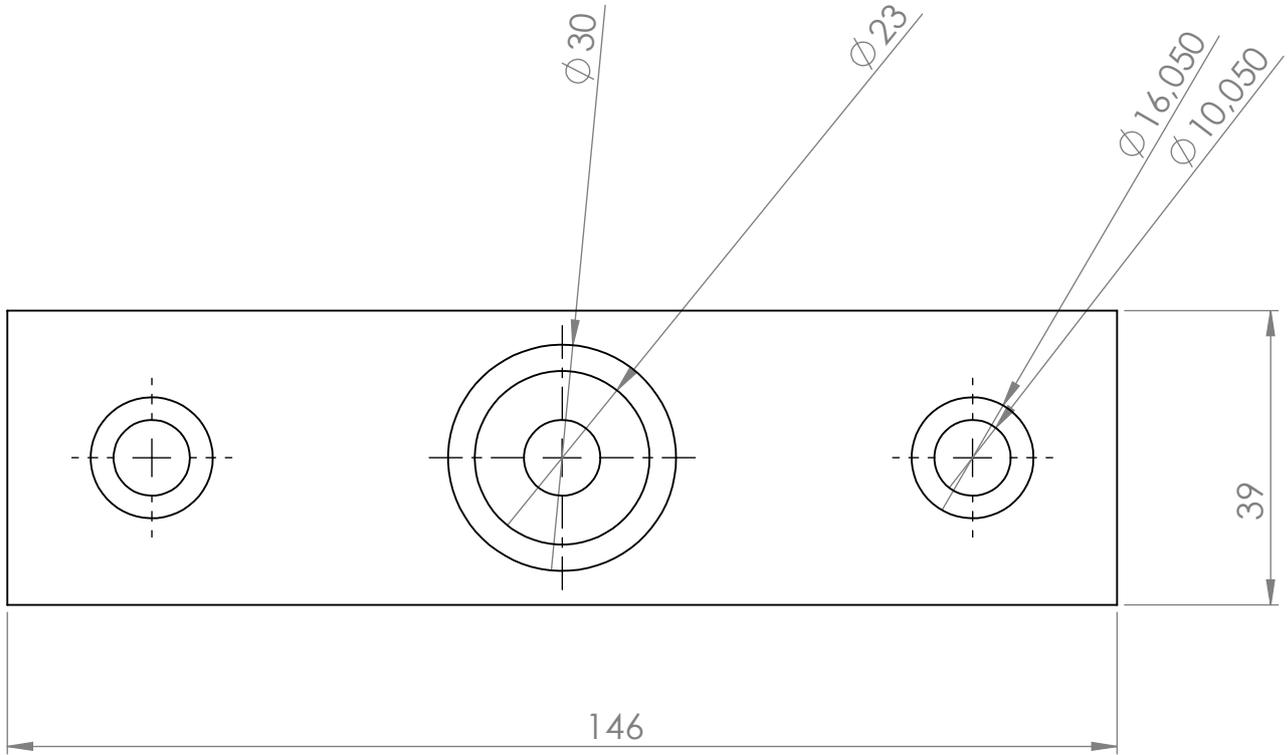
P9

DEPARTEMENT GM

ISM-M2



3.2

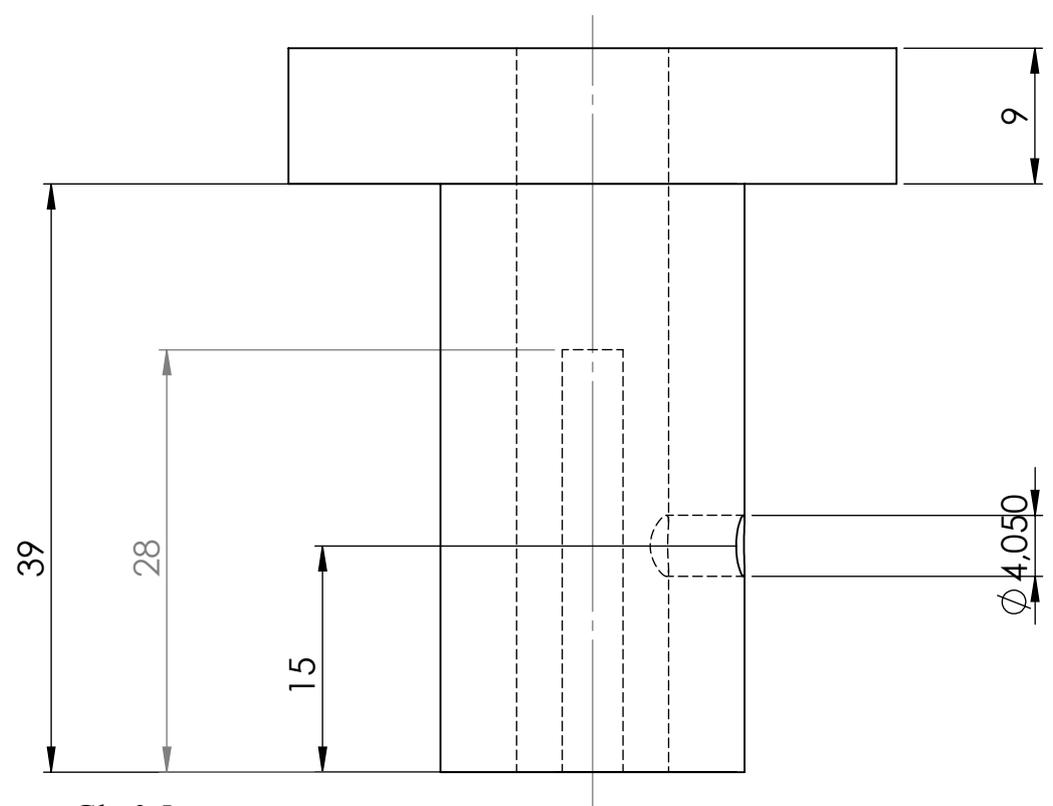
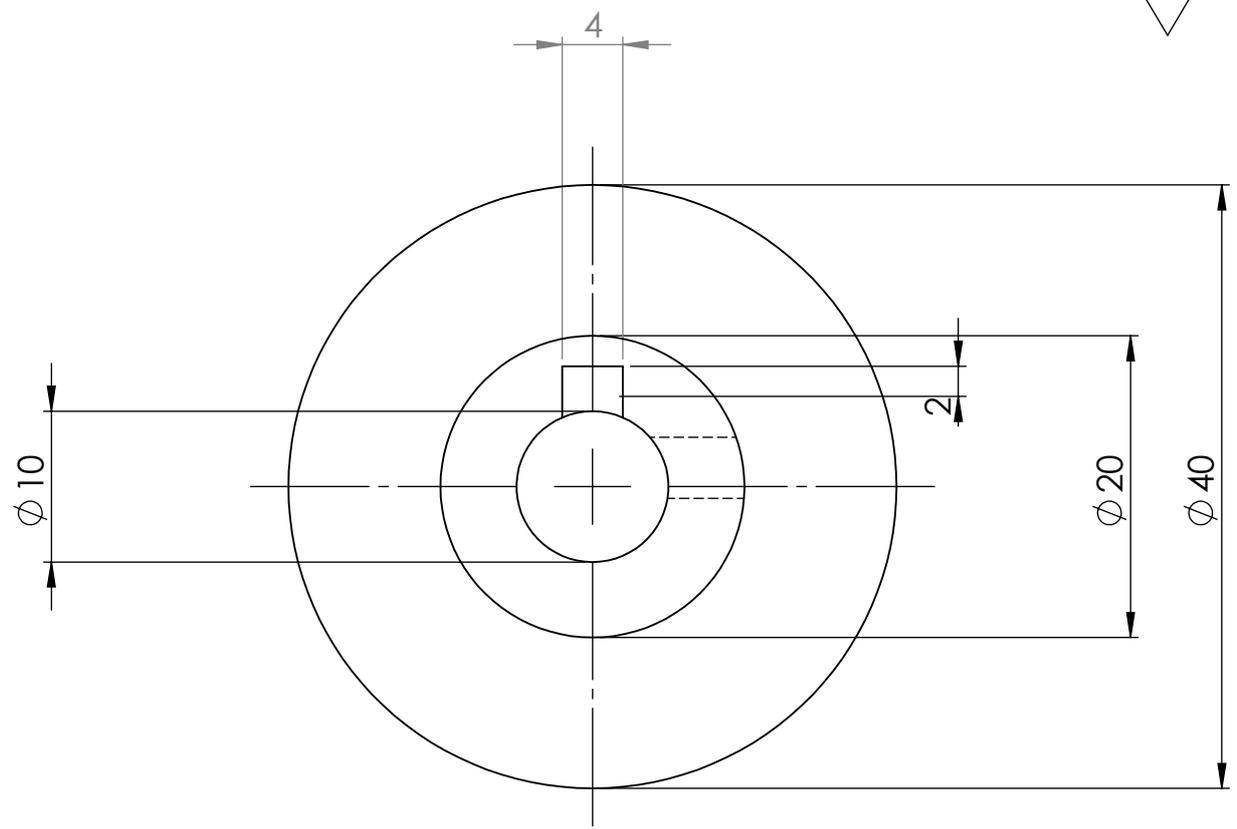


Tolérance Gel:0.5

	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	BOUZIANE Fatimazohra
ECHELLE 1 :1	P10	DEPARTEMENT GM
		ISM-M2



3..2



Tolérance Gle:0.5

ECHELLE 2:1

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

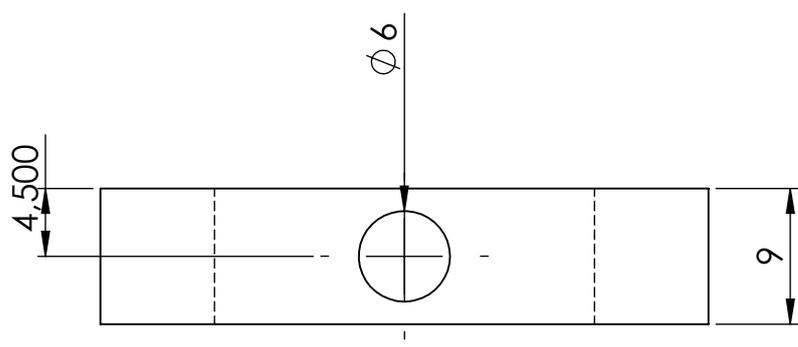
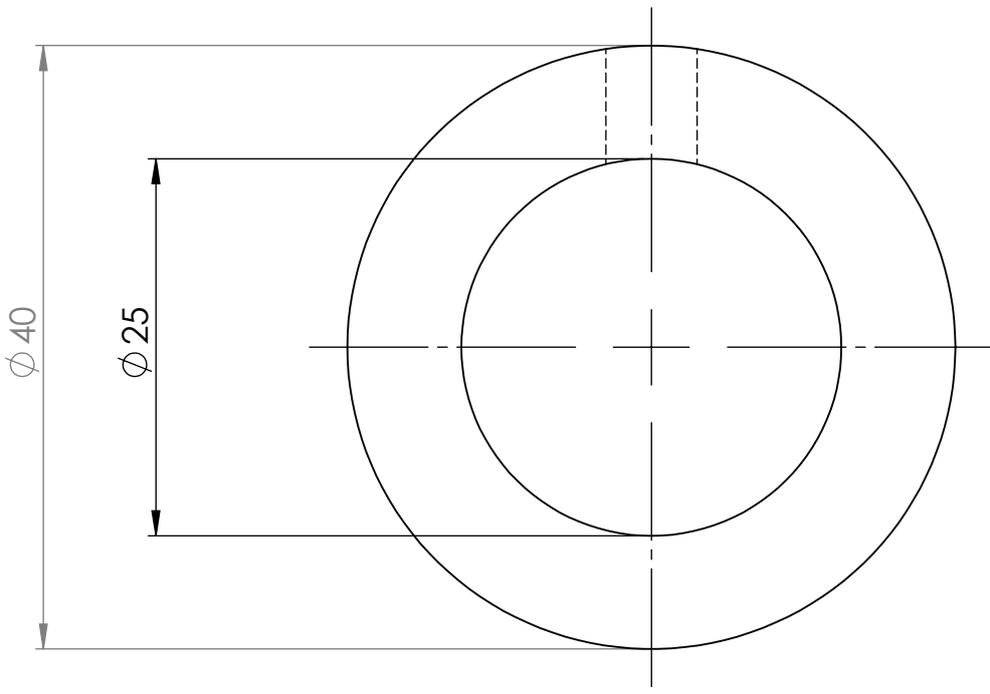
P12

DEPARTEMENT GM

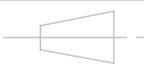
ISM-M2



3.2

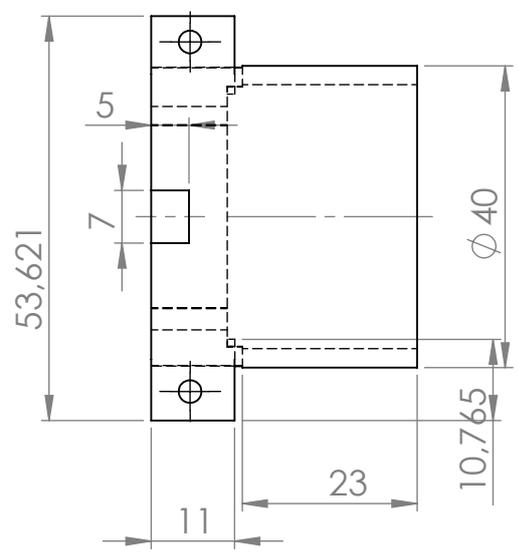
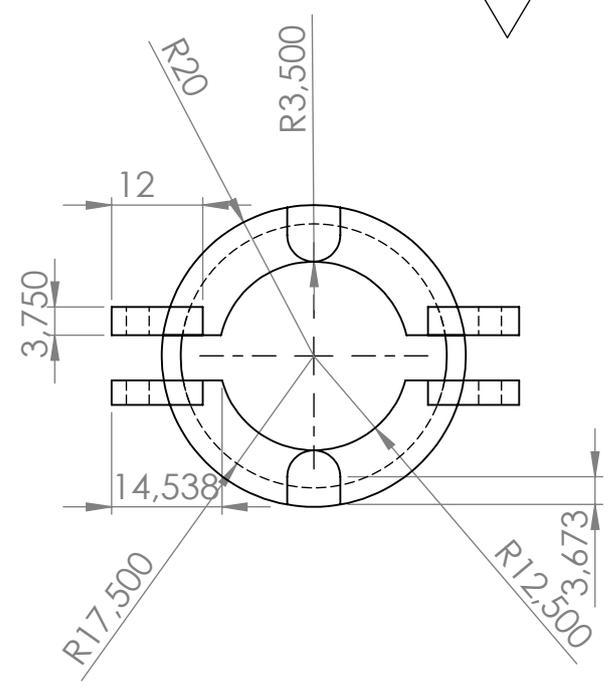
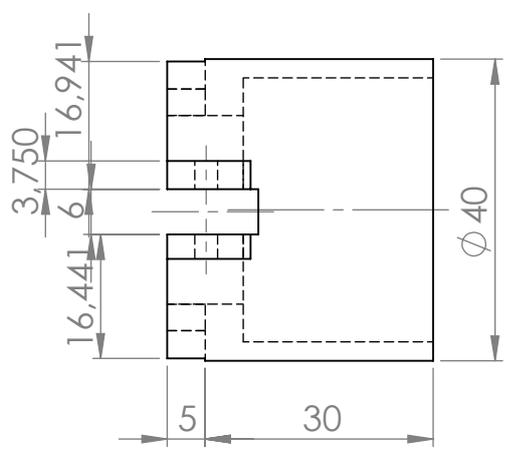


Tolérance Gle:0.5

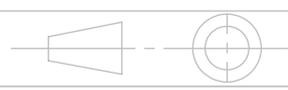
	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	BOUZIANE FatimaZohra
ECHELLE 2 : 1	P13	DEPARTEMENT GM
		ISM-M2



3.2



Tolérance Gle:0.5



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE FatimaZohra

ECHELLE 1 :1

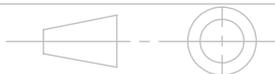
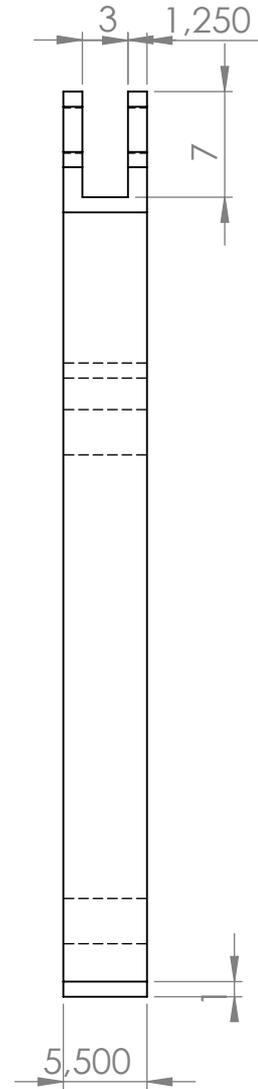
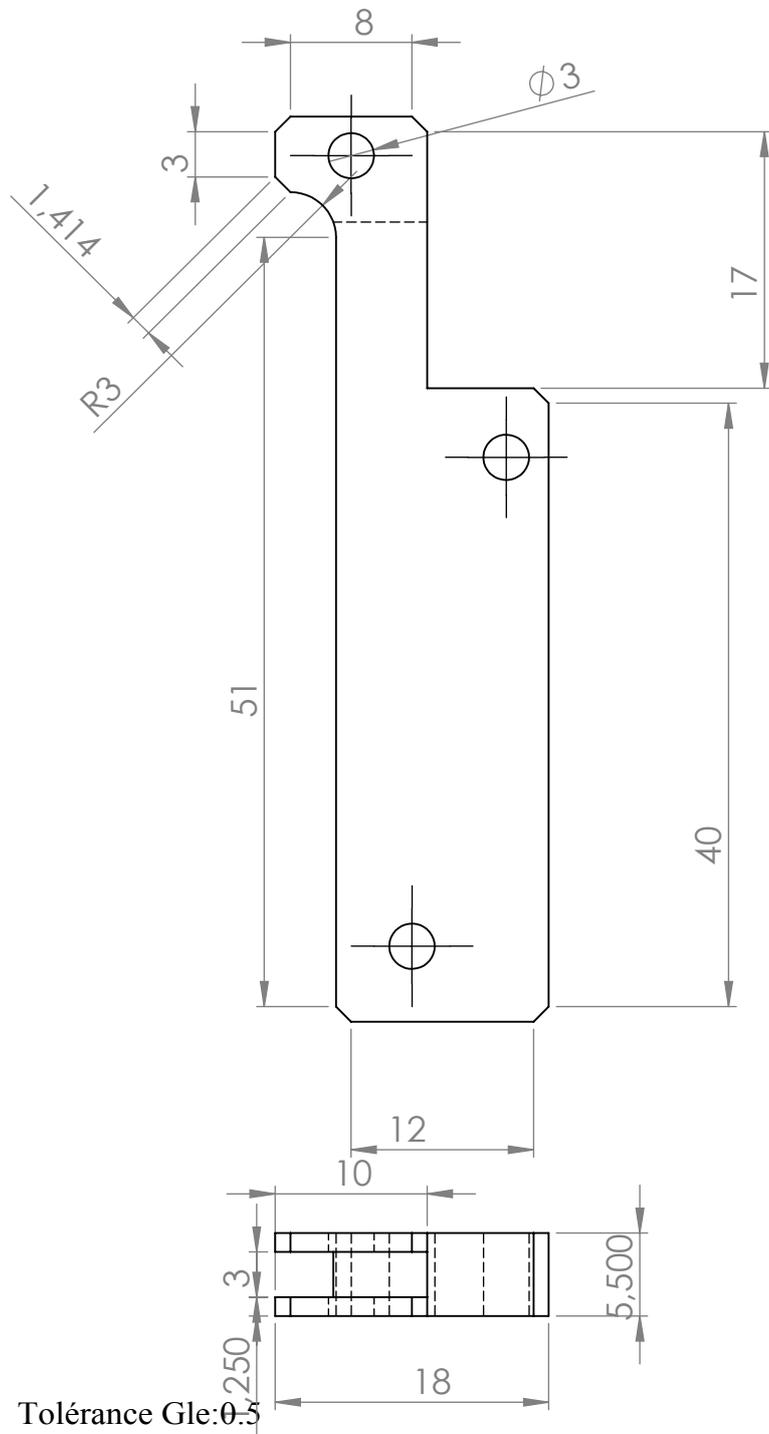
P14

DEPARTEMENT GM

ISM-M2



3.2



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

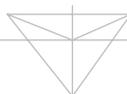
BOUZIANE
FatimaZohra

ECHELLE 2 : 1

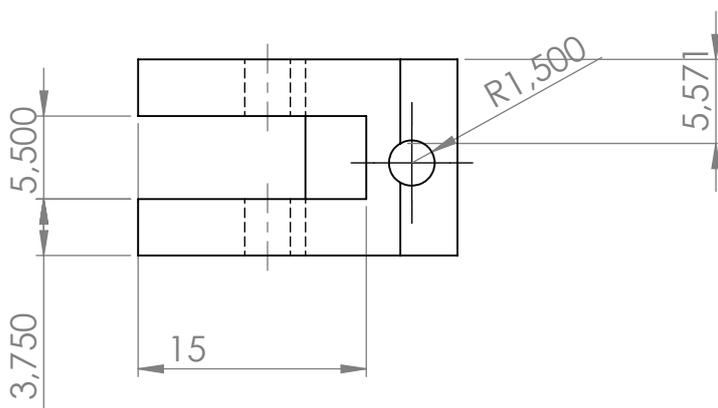
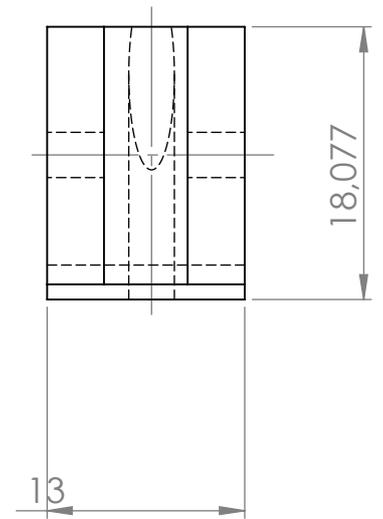
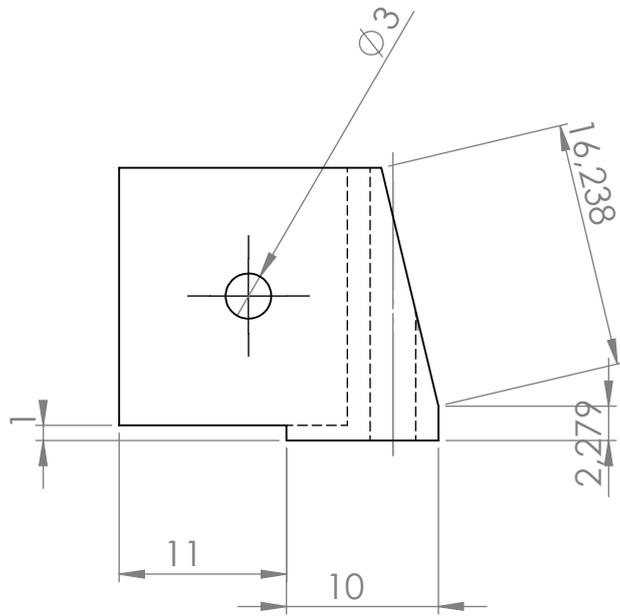
P15

DEPARTEMENT GM

ISM-M2



3.2

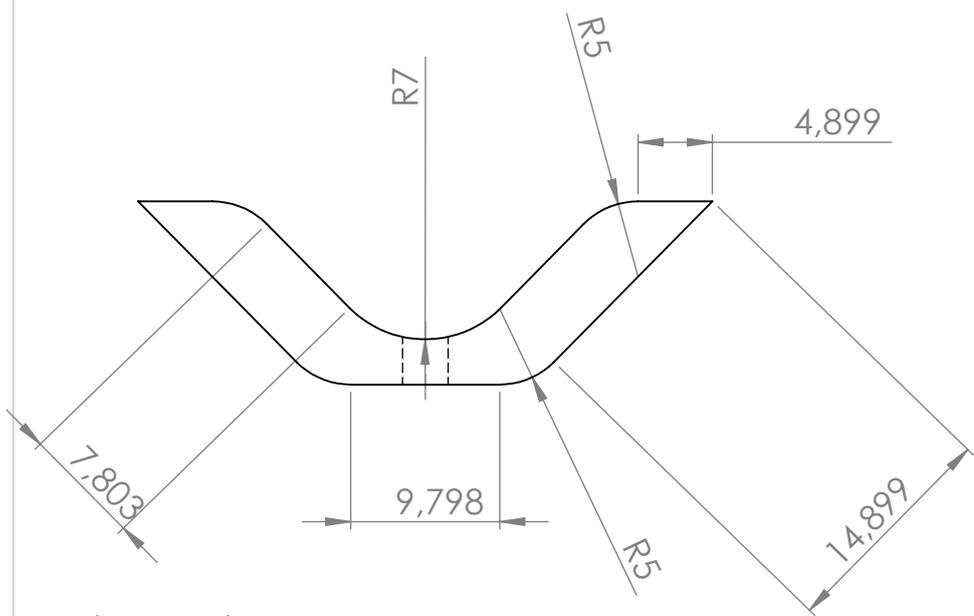
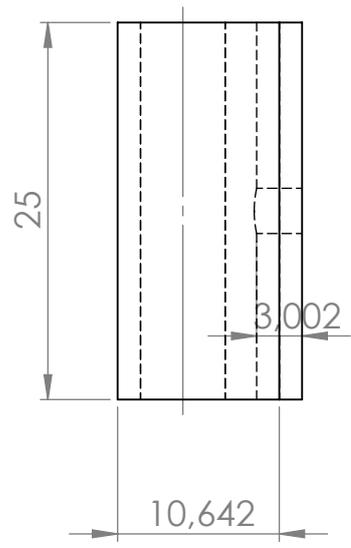
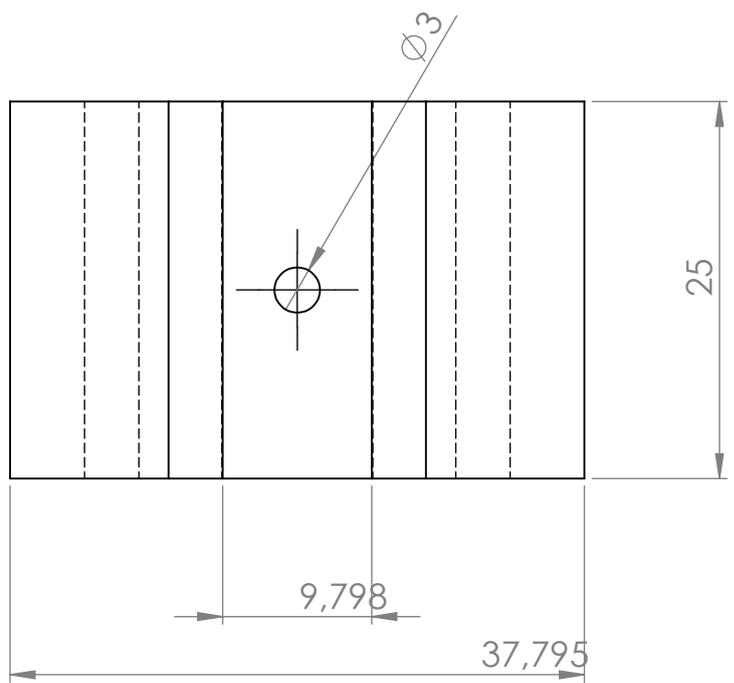


Tolérance Gle:0.5

	<p>UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN</p>	<p>BOUZIANE FatimaZohra</p>
<p>ECHELLE 2 :1</p>	<p>P16</p>	<p>DEPARTEMENT GM</p>
		<p>ISM-M2</p>



3.2



Tolérance Gle:0.5

<p>ECHELLE 2 :1</p>

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

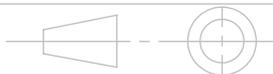
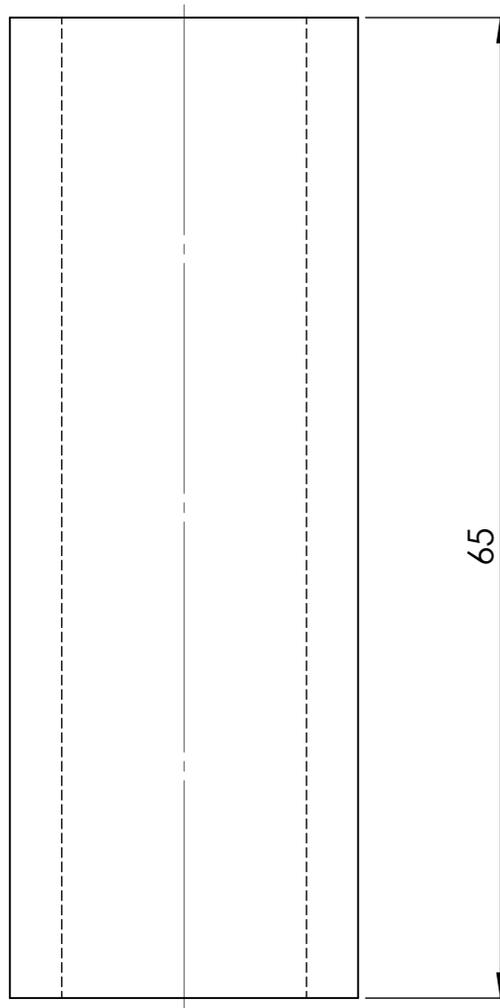
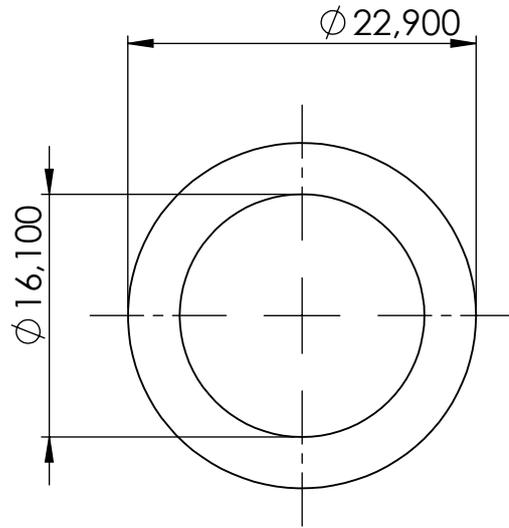
P17

DEPARTEMENT GM

ISM-M2



3.2



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

ECHELLE 2 :1

DEPARTEMENT GM

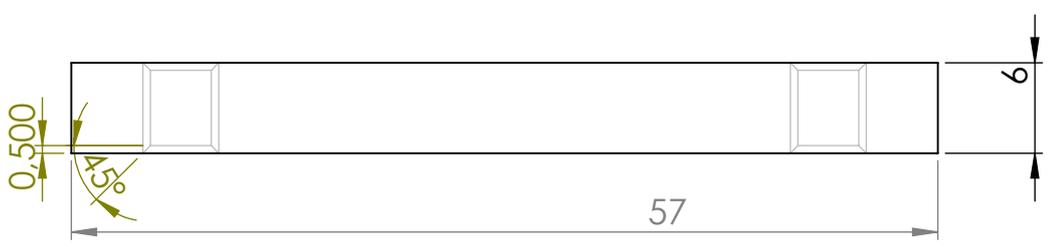
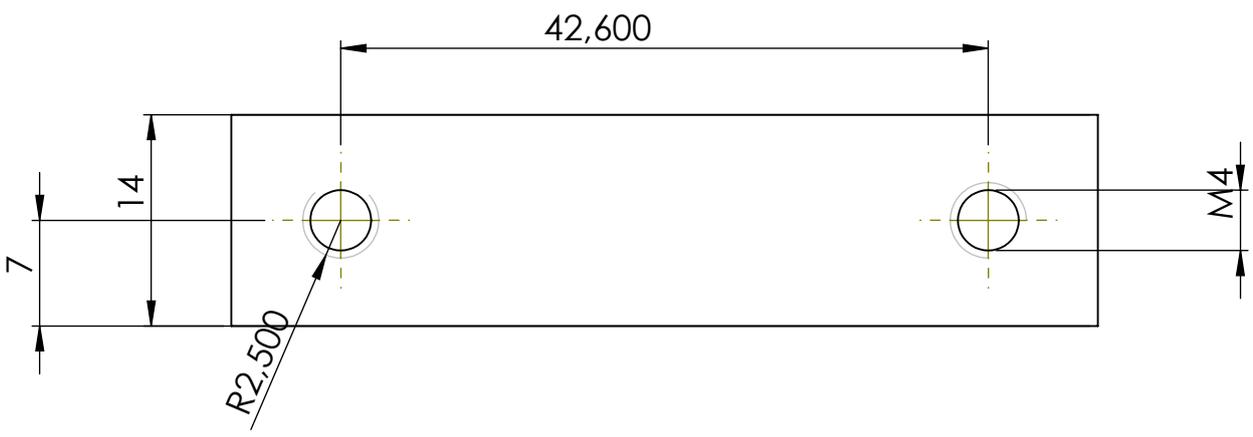
Tolérance Gel:0.5

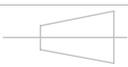
P18

ISM-M2

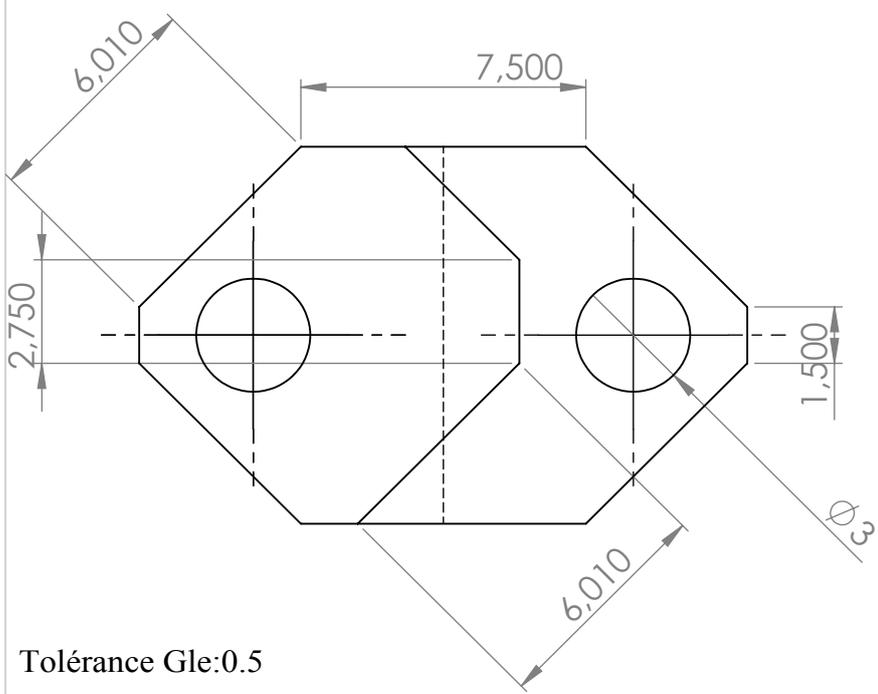
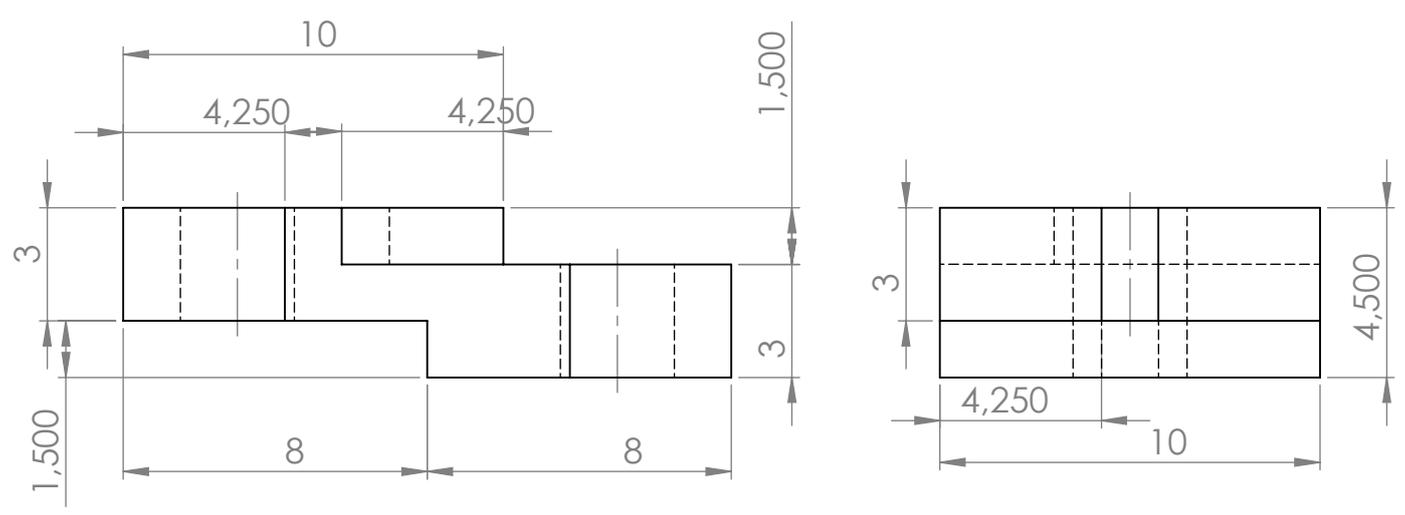


3.2



		UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	BOUZIANE FatimaZohra
ECHELLE 2 :1		P19	DEPARTEMENT GM
Tolérance Gel:0.5			ISM-M2

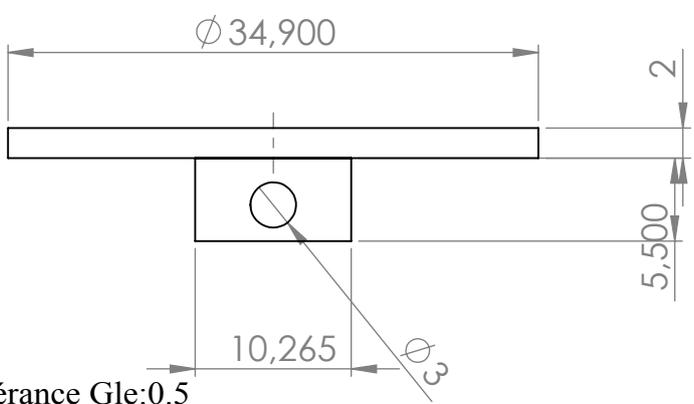
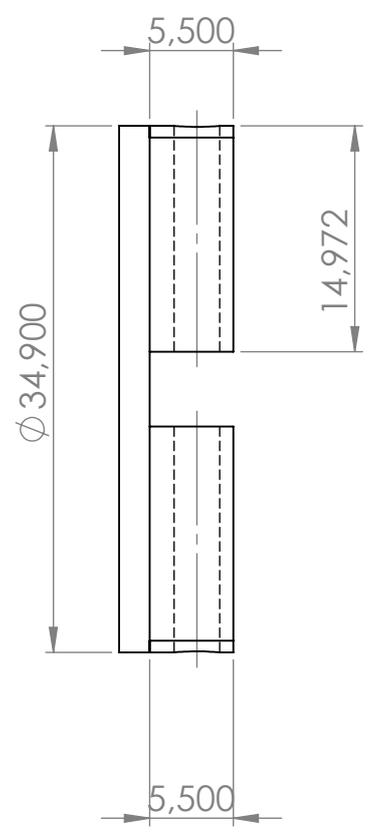
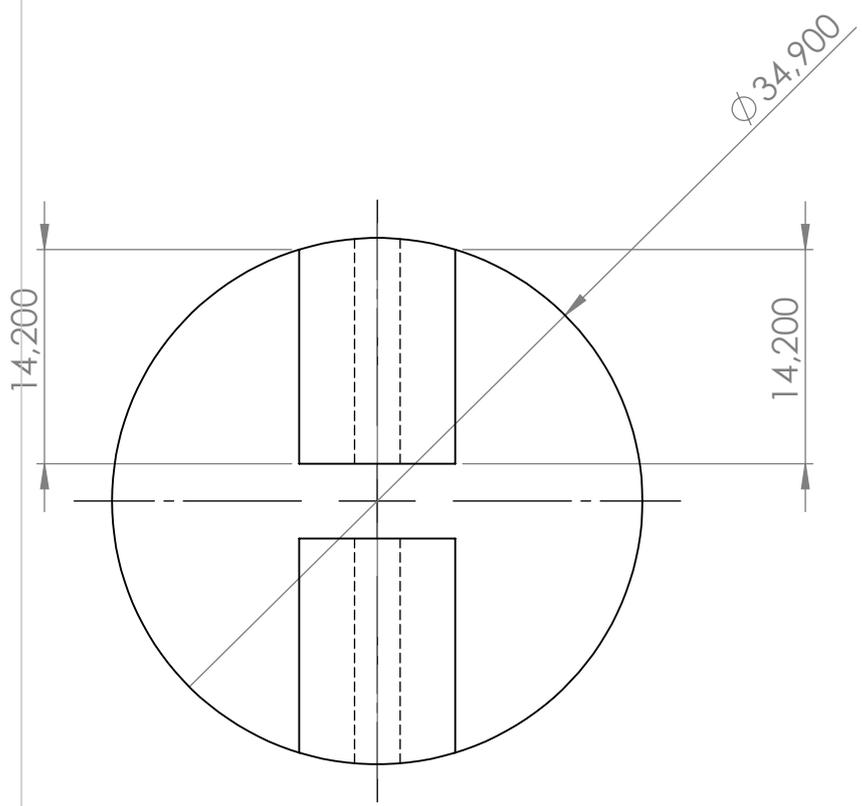




Tolérance Gle:0.5

	<p>UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN</p>	<p>BOUZIANE FatimaZohra</p>
<p>ECHELLE 5 :1</p>	<p>P20</p>	<p>DEPARTEMENT GM</p>
		<p>ISM-M2</p>

3.2



Tolérance Gle:0.5

ECHELLE 2 :1

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

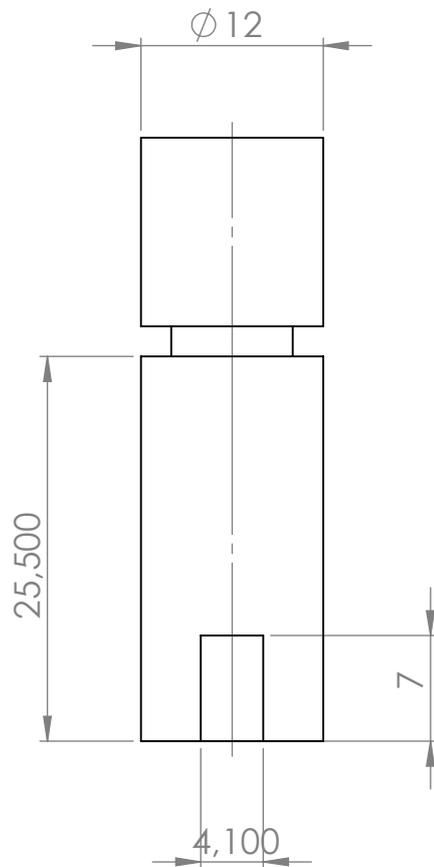
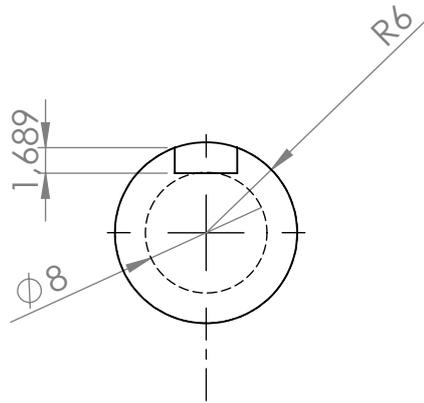
BOUZIANE
FatimaZohra

P21

DEPARTEMENT GM

ISM-M2





Tolérance Gle:0.5

<p>ECHELLE 2:1</p>

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

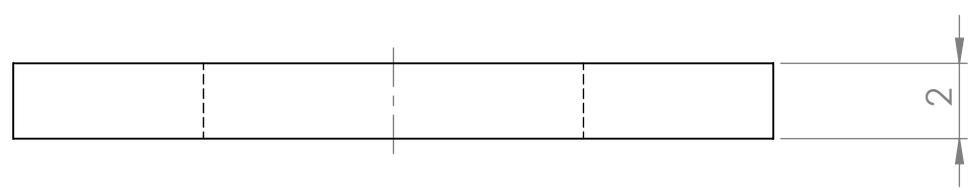
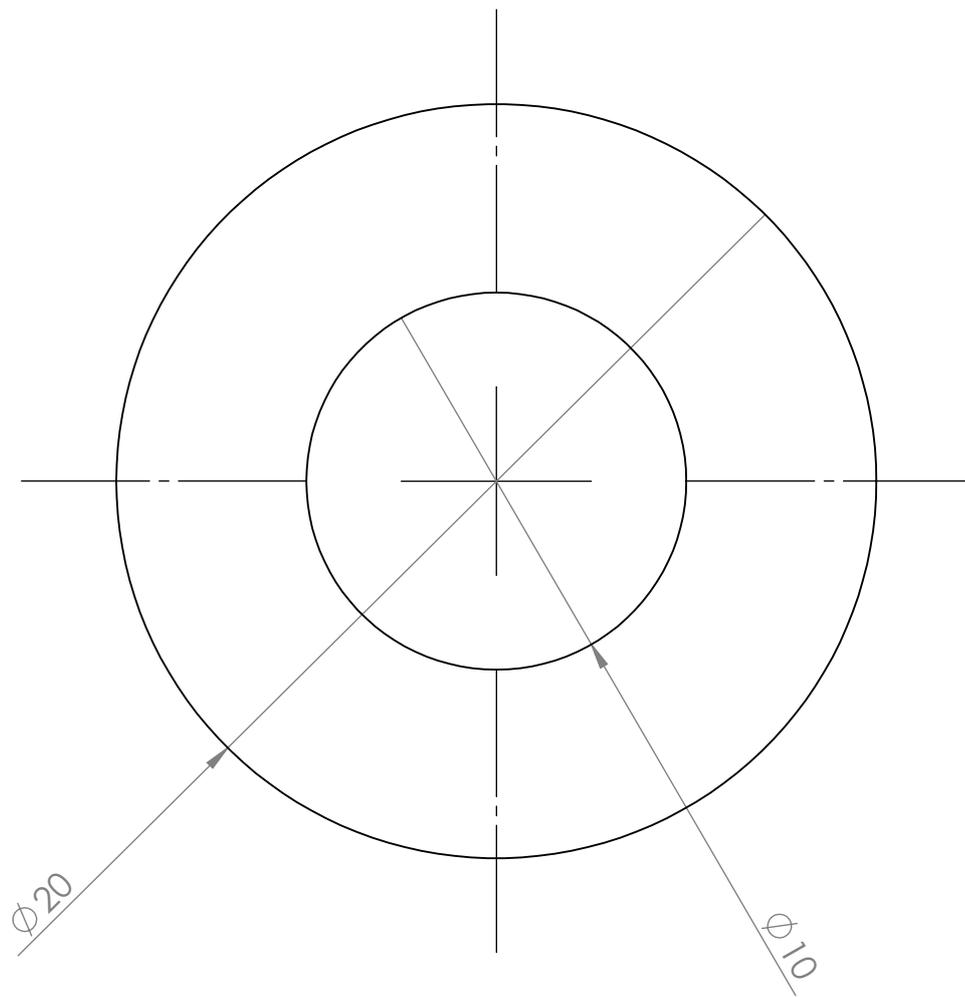
P22

DEPARTEMENT GM

ISM-M2



3.2

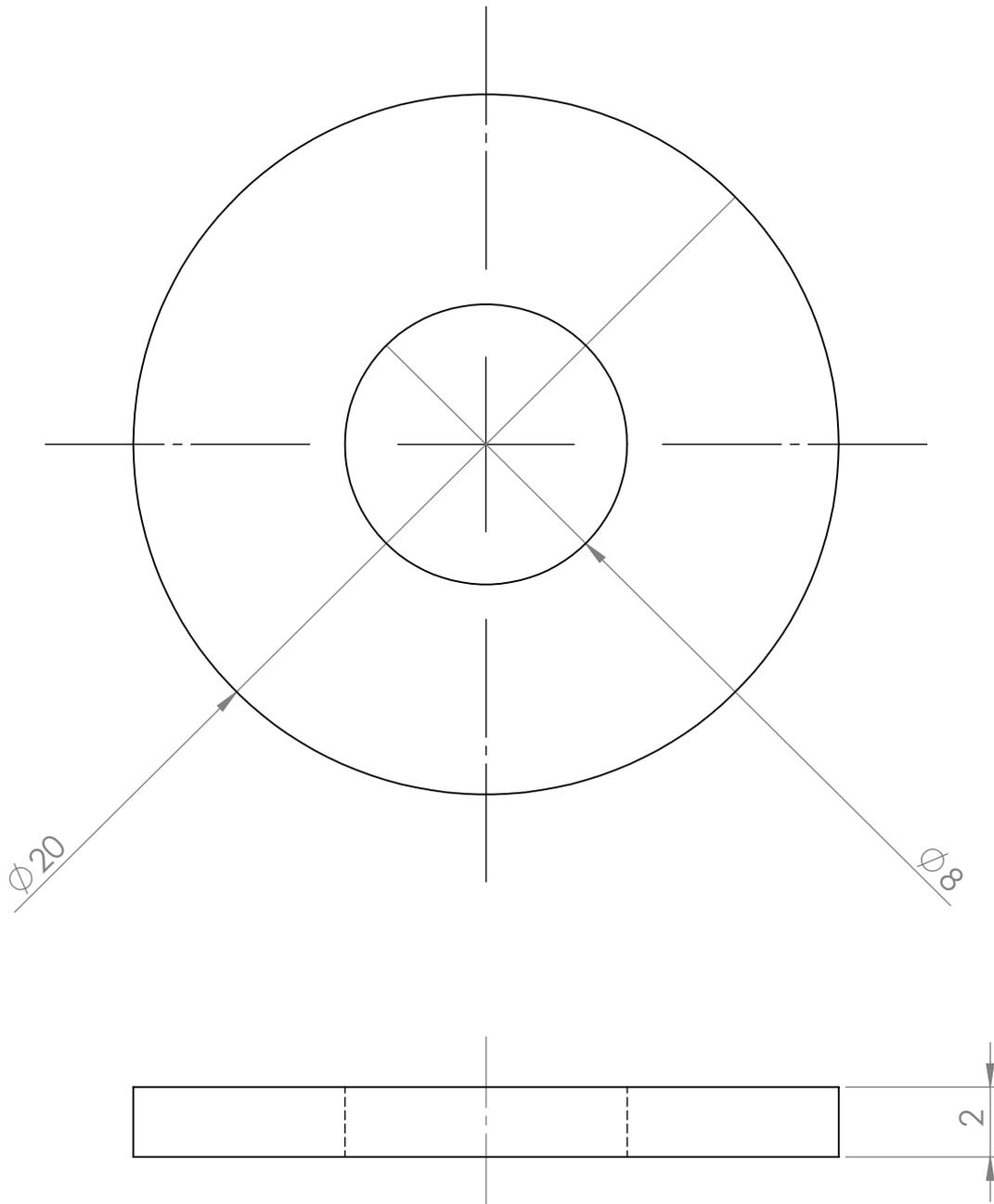


Tolérance Gle:0.5

	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	BOUZIANE FatimaZohra
ECHELLE 5 :1	P23	DEPARTEMENT GM
		ISM-M2



3.2



Tolérance Gle:0.5

ECHELLE 5 :1

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

P24

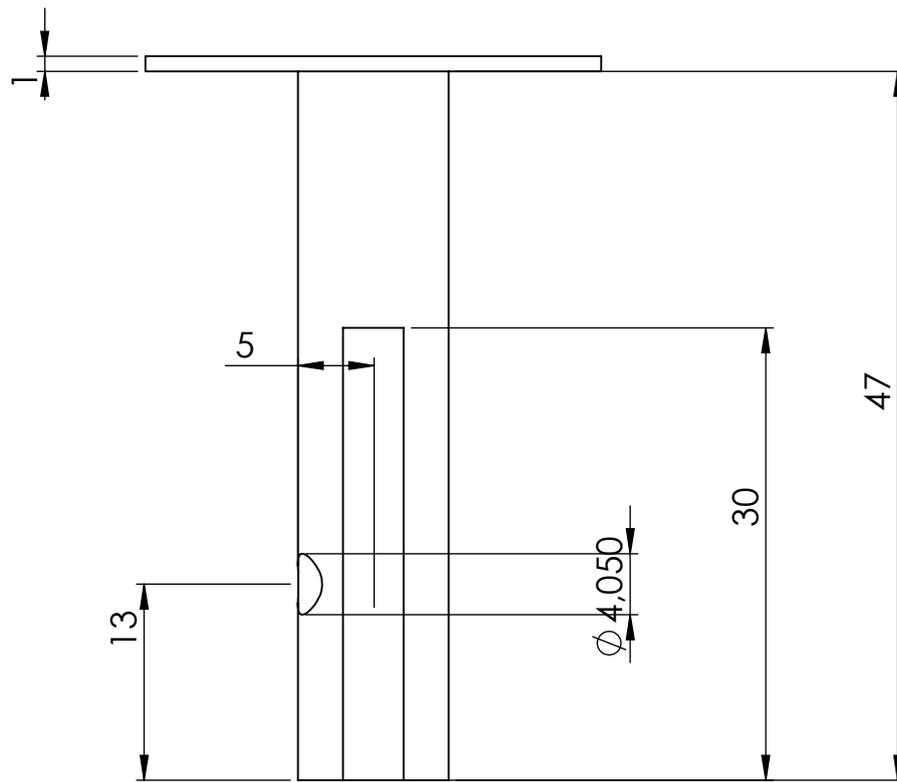
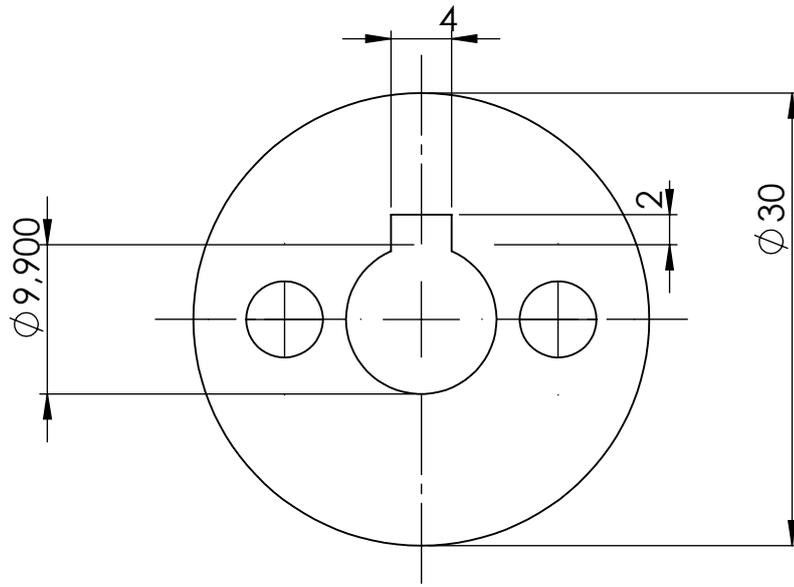
BOUZIANE
FatimaZohra

DEPARTEMENT GM

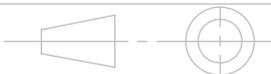
ISM-M2



3.2



Tolérance Gle:0.5



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

BOUZIANE
FatimaZohra

ECHELLE 2 :1

P26

DEPARTEMENT GM

ISM-M2