

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMERRI de TIZI-OUZOU**

**ⵍⵓⵎⵓⵔ ⵎⵎⵎⵔⵉ ⵔⵉⵣⵉⵓⵣⵓ**

**Faculté du Génie de la Construction**

**Département de Génie Mécanique**



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Génie Mécanique**

**Option: Fabrication Mécanique et Productique**

### **THEME**

**Etude et conception d'une cintreuse semi-automatique**

Proposé par :

**M<sup>r</sup>. MOUHAMD**

Dirigé par :

**M<sup>r</sup>. ZIANI**

Rédigé par :

**CHIBANE Said**

**CHELLALI Hanane**

Année Universitaire: 2011/2012



# Remerciements

Nous tenons en premier lieu de remercier dieu tout puissant, de nous avoir aidés et donnés courage pour arriver au terme de ce travail, et notamment nos familles qui nous ont soutenus avec tous les moyens pour notre réussite.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promoteur M<sup>r</sup> ZIANI pour ces conseils et orientations qui nous ont été d'un apport précieux durant l'élaboration de notre projet de fin d'étude, ainsi que tous nos enseignants au long de notre cursus, comme nous tenons également à remercier le personnel de la bibliothèque et nos amis et nos camarades de la promotion, ainsi que tous ce qui nous ont aidé de loin ou de près.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury qui nous ferons l'honneur d'examiner notre travail.

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

- ♣ *Mes chers parents, que dieu les protège.*
- ♣ *Mes frères : Mahrez, Salah et Youcef.*
- ♣ *Mes sœurs : Souhila, Nabila et ma petite ange Melissa*
- ♣ *Ma sœur Sabiha et son marie Kaci et sa fille doudou*
- ♣ *Toute ma famille*
- ♣ *A mes très chers amies: Hayet, Wiza, Saida, Tassadit,  
Farida, Djamila, Hadjira*
- ♣ *A mes très chers amis : Mouloud, Amar, Marzouk, Hamza  
Samir*
- ♣ *A mon très cher binôme Said et sa famille*
- ♣ *A toute la promotion 2011 /2012.*

**HANANE**

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

- ♣ *Mes chers parents, que dieu les protège.*
- ♣ *Mes frères : Nourdine, Yacine, Faycel*
- ♣ *Ma petite sœur Silia*
- ♣ *Ma très chère grande mère*
- ♣ *Toute ma famille*
- ♣ *A mes très chers amis : Mouloud, Amar, Marzouk, Hamza, Samir, Mourad*
- ♣ *A ma très chère binôme Hanane et sa famille*
- ♣ *A toute la promotion 2011 /2012.*

**SAID**

# Sommaire

La liste des figures

La liste des tableaux

La liste des symboles

Introduction1

La représentation de la SNVI2

## Chapitre I : Généralité

Introduction

I.1.Le cintrage.....	6
I.1.1.Définition .....	6
I.1.2 Les différentes méthodes de cintrage.....	7
I.1.2.1. cintrage à la main.....	7
a) Cintrage par flexion.....	7
b) Cintrage par appui en porte à faux .....	8
c) Cintrage à vide .....	8
I.1.2.2 .Cintrage sur machine.....	10
Les différentes machines à cintrer.....	10
a) Machine à cintrer à vérin.....	10
b) Presse à cintrer .....	11
c) Presse à cintrer à trois galets .....	11
d) Cintrage par enroulement et étirage .....	12
e) Cintrage par enroulement et compression.....	13
f) Cintrage sur machines à galets formeurs et sabots d'appui.....	14
I.2. Comportement plastique .....	16
I.2.1. Essai de traction.....	16
I.2.2. Modèles de comportement .....	17

I.3. Retour élastique.....	19
I.3.1. Définition .....	19
I.3.2. Calcul du retour élastique.....	19

## **Chapitre II : Conception**

II.1. Introduction.....	22
II.2. Echantillon de la tige cintrée .....	22
II.3. Ancien montage.....	23
II.4. Nomenclature.....	25
II.5. Principe de fonctionnement .....	25
II.6. Acier de construction au carbone pour traitement thermique (XC38).....	26
II.6.1. Propriétés générales.....	26
II.6.2. Caractéristiques mécaniques.....	26
II.7. Le système proposé.....	27
II.8. Nomenclature.....	29
II.9. Principe de fonctionnement .....	29
II.10. Grafcet.....	30
a) Niveau 1 .....	30
b) Niveau 2 .....	31
II.11. Schéma de puissance et le schéma de commande .....	32
II.11.1. Fonctionnement .....	34

## **Chapitre III : Etude du système proposé**

III.1. Calcul de la longueur développée.....	35
III.2. Calcul des efforts de cintrage .....	36
• Calcul de la réaction en a.....	36
• Le moment d'encastrement.....	37
• Diagramme des efforts tranchant.....	37
• Diagramme des moments fléchissant.....	37
• L'équation de la déformé.....	38

III.2. Calcul dimensionnel des vérins.....	39
III.2.1. Calcul de l'effort théorique .....	39
III.2.1.1. Définition.....	39
a) Pour le vérin (1).....	40
b) Pour le vérin (2).....	40
III.2.2. L'alésage du vérin.....	40
a) Pour le vérin (1).....	41
b) Pour le vérin (2).....	41
III.2.3. Calcul de la pression de service à l'intérieur de la chambre du vérin.....	43
III.2.3.1. Pour le vérin (1).....	43
a) La pression de sortie .....	43
b) La pression de rentrée .....	43
III.2.3.2. Pour le vérin (2).....	44
a) La pression de sortie .....	44
b) La pression de rentrée .....	44
III.2.4. Calcul à la stabilité élastique de la tige du vérin.....	44
III.2.4.1. Résistance au flambage .....	44
III.2.4.2. Calcul de l'élanement.....	45
a) Pour le vérin (1).....	46
b) Pour le vérin (2).....	46
III.3. Dimensionnement de la pièce (12).....	47
III.3.1. Calcul des rayons .....	47
a) Pour $r_1$ .....	48
b) Pour $r_2$ .....	48

## **Chapitre IV : Automatisme**

IV.1. Les vérins pneumatiques .....	49
IV.1.1. Rôle du vérin.....	49
IV.1.2. Constitution d'un vérin .....	49
IV.1.3. Type de vérins....	50
IV.1.3.1. Vérin à simple effet.....	50
❖ Principe de fonctionnement.....	50
IV.1.3.2. Vérin à double effet .....	51
❖ Principe de fonctionnement.....	51
IV.2. Les distributeurs pneumatiques.....	51
IV.2.1. Rôle du distributeur.....	51
IV.2.2. Principe de fonctionnement.....	52
IV.2.3. Distributeur 5/2 .....	52
IV.3. Capteur de position magnétique.....	53
IV.4. Relais.....	54
IV.5. Réducteur de débit unidirectionnel .....	56
IV.6. Compresseur .....	57
IV.7. Electrovanne.....	58

## **Chapitre V : Fabrication assisté par ordinateur**

V.1. Introduction .....	59
V.2. Programmes de fabrication.....	59
V.2.1. Calcul des vitesses de coupe.....	59
• Pour l'ébauche.....	59
• Pour la finition.....	59

V.2.2. Programme de fabrication de la contre forme (1) .....	60
V.2.3. Programme de fabrication de la contre forme (2) .....	70
V.2.3. Programme de fabrication de la forme de cintrage .....	77

## **Chapitre VI : Dessins de définitions**

Conclusion

Référence bibliographique

## Chapitre 1 : Généralités

Figure I.1 : Rayon intérieur et le rayon extérieur après cintrage.....	6
Figure I.2 : Cintrage par flexion .....	7
Figure I.3 : Cintrage par flexion .....	8
Figure I.4 : Cintrage à froid.....	9
Figure I.5 : Cintrage à chaud.....	9
Figure I.6 : Cintrage par machine à vérin.....	10
Figure I.7 : Cintrage par presse.....	11
Figure I.8 : Cintrage sur presse à trois galets .....	12
Figure I.9 : Cintrage par enroulement et étirage .....	13
Figure I.10 : Cintrage par enroulement et compression .....	14
Figure I.11 : Cintrage à galets formeurs et sabots d'appui.....	15
Figure I.12 : Exemple d'éprouvette de traction.....	16
Figure I.13 : Exemple de courbe de traction .....	17
Figure I.14 : Modèles de comportement.....	18
Figure I.15 : Paramètre du retour élastique .....	19
Figure I.16 : Calcul de $\alpha$ en pliage U.....	20

## Chapitre II : Conception

Figure II.1 : Echantillon de tige cintrée.....	22
Figure II.2 : Ancien montage.....	23
Figure II.3 : Détail A .....	24

Figure II.4 : Le système proposé.....	27
Figure II.5 : La vue A.....	28
Figure II.6 : Schéma de puissance.....	32
Figure II.7 : Schéma de commande.....	33

### **Chapitre III : Etude du système proposé**

Figure III.1 : La géométrie de la tige cintrer.....	35
Figure III.2 : Poutre encastree à une extrémité et libre à l'autre.....	45

### **Chapitre IV : Automatismes**

Figure IV.1 : Schéma de transformation de l'énergie.....	49
Figure IV.2 : Représentation des éléments d'un vérin.....	49
Figure IV.3 : Type de vérins.....	50
Figure IV.4 : Vérin simple effet.....	50
Figure IV.5 : Vérin à double effet.....	51
Figure IV.6 : Représentation de deux positions d'un distributeur.....	52
Figure IV.7 : Schématisation d'un distributeur 5/2.....	53
Figure IV.8 : Capteur de position magnétique.....	53
Figure IV.9 : Exemple d'un distributeur volumique.....	57
Figure IV.10 : Exemple d'une électrovanne.....	58

Tableau I.1 : Choix de facteur $K'$ .....	21
Tableau III.1 : Détermination de diamètre de la tige .....	42
Tableau III.2 : Détermination de la course .....	42

$\theta$ : Angle après le retour élastique	K1 : Relais
$\theta_0$ : Angle avant le retour élastique	N: Vitesse de rotation
r : Rayon intérieur après le retour élastique	f: Avance par dent
$r_0$ : Rayon intérieur avant le retour élastique	z : Nombre de dent
K : Coefficient d'amplitude du métal	Vc : Vitesse de coupe
n : Coefficient d'écroutissage du métal	Va : Vitesse d'avance
$A_0$ : Angle intérieur avant le retour élastique	
$L_{dév}$ : Longueur développer	
Mf : Moment de flexion	
$\sigma_{max}$ : Contrainte de déformation maximal	
$\sigma_e$ : Contrainte de déformation	
F' : Poussé théorique	
P : Pression	
$\lambda$ : Elancement de la tige	
i : Rayon de giration	
BP : Bouton poussoir	
DC1 : Début de cours de 1 <sup>er</sup> vérin	
DC2 : Début de cours de 2eme vérin	
V1 <sup>+</sup> : Sortie du vérin 1	
V2 <sup>+</sup> : Sortie du vérin 2	
V1 <sup>-</sup> : Entrer du vérin 1	
V2 <sup>-</sup> : Entrer du vérin 2	
Fc1 : Fin de cours du vérin 1	
Fc2 : Fin de cours du vérin 2	
EV : Electrovanne	



# *Introduction*



*Chapitre*

**I**

*Généralités*



*Chapitre*

**II**

*Conception*



*Chapitre*  
**III**

*Etude du*  
*Système proposé*

*Chapitre*

IV

*Automatisme*

*Chapitre*

V

*Fabrication assisté  
Par ordinateur*



# *Conclusion*





*Référence*

*Bibliographique*



---

*Chapitre*

**VI**

*Dessins de définition*

L'homme a tout le temps essayé de se décharger des tâches fatigantes, répétitives et aliénantes. Il a de ce fait pensé à trouver le moyen adéquat pour confier les tâches les plus pénibles à des machines.

La mise en forme des tubes ou des profilés fait appel à la technique du cintrage à froid. Le procédé consiste en une action de déformation mécanique d'un tube ou d'une barre, suivant un rayon et un angle à l'aide d'un équipement de cintrage.

La mise en place d'un système de production pour produire une quantité suffisante et de bonne qualité, n'est plus jamais nécessaire.

Cette présente étude a pour but de proposer une solution qui consiste à automatiser la cintruse manuelle jusqu'ici utilisée dans l'entreprise pour le cintrage des tiges d'une banquette des camions SNVI.

Dans le but de mener à bien notre objectif, la maîtrise de la situation actuelle s'avère incontournable. Elle porte essentiellement sur l'aspect économique. Nous avons décomposé notre étude en six chapitres distincts et complémentaires qui sont :

- Chapitre I : Généralités sur les différentes méthodes de cintrage et le comportement plastique
- Chapitre II : Portant sur la conception. On présente l'ancien montage et le système que nous avons proposé
- Chapitre III : Etude du système proposé
- Chapitre IV : Automatisme
- Chapitre V : Fabrication assisté par ordinateur
- Chapitre VI : Dessins de définition

Nous terminons enfin ce travail par une conclusion générale.

## 1. Historique :

L'entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) est née par décret 81-342 du 12/12/1981. Elle a hérité des structures, moyens, biens, activité, monopole à l'importation et le personnel détenus ou gérés par la **SO**ciété **NA**tionale de **CO**nstruction **ME**canique (SONACOME) par décret n° 81-345 du 12/12/1981.

La **SO**ciété **NA**tionale de **CO**nstruction **ME**canique (SONACOME) a été créée par ordonnance n° 67-150 du 09/08/1967 ayant pour vocation d'exploiter et de gérer les usines de construction mécanique du secteur public. Son schéma d'organisation regroupe dix divisions dont la DVI future SNVI.

La SONACOME a hérité du patrimoine de la société africaine des automobiles BERLIET (S.A.A.B / S.A). Après sa dissolution par décret n° 73-764 du 01/10/1973 suivant les conventions conclus à ALGER le 24/06/1964 entre l'état Algérien et la S.A.A.B/S.A le 06/08/1964 entre la Caisse Algérienne du Développement (C.A.D) et la S.A.A.B/S.A et le contrat du 30/07/1970 entre la SONACOME et la S.A.A.B/S.A.

L'installation de la société africaine des automobiles BERLIET (S.A.A.B/SA) en Algérie remonte à 1957. Son siège se situe à ALGER immeuble « MAURITANIA ». Elle est dotée d'une usine de montage de véhicules « poids lourds » à 30 KM à l'Est d'ALGER plus exactement à ROUIBA avec des succursales implantées à : HUSSEIN DEY, CONSTANTINE, ORAN et **OUARGLA**.

Le 09/05/1995, transformation de la SNVI en Société Par Action au capital social de 2,2 milliards de dinars.

## 2. Mission de l'entreprise :

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) issue de la restructuration de la SONACOME est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social de :

- La recherche
- Le développement
- L'importation
- La distribution

Elle se spécialise dans le secteur des véhicules industriels et leurs composants dont :

- Les camions
- Les autocars, autobus, minicars, minibus
- Les camions spéciaux
- Le matériel tracté (remorques, semi-remorques, et autres.....)
- Les pièces brutes de fonderie.

D'une manière générale, tous véhicules destinés au transport routier de personnes et marchandises d'une charge utile supérieur à 1,5 tonne.

D'autres parts, la SNVI est chargée d'assurer et de promouvoir les activités d'après vente des véhicules industriels par la mise en place de leurs moyens de maintenance.

### **3. Activité de l'entreprise :**

La SNVI a pour activités principales :

- La recherche
- La production
- La distribution et la maintenance

#### **3.1. Activité étude et recherche:**

Cette activité est assurée par l'Unité d'Etude et Recherche « UER ». Elle a pour missions :

- l'innovation et le lancement de nouveaux produits
- L'amélioration de la qualité et la fiabilité
- L'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies
- La diversification des sources d'approvisionnement

#### **3.2. Activité production :**

Cette activité est assurée par (04) quatre unités opérationnelles qui sont :

- a) **Division Véhicules Industriels (D.V.I)**
- b) **Unité Carrosserie Rouiba (U.C.R)**
- c) **Unité Fonderie Rouïba (U.F.R)**
- d) **Unité Carrosserie Tiaret (U.C.T)**

**a) Division Véhicules Industriels (D.V.I) :**

Cette unité ayant pour activité d'origine, le montage de camions et d'autobus, leurs ventes ainsi que la distribution de pièces de rechange. Elle a été restructurée par la SONACOME pour la fabrication intégrée des camions, autobus et pièces de rechange.

La D.V.I fabrique actuellement (07) sept type de produits de base camions, autobus, autocars. Le taux d'intégration global moyen en usine est de l'ordre de 58%, ce qui nécessite la mise en œuvre d'une technologie variée et complexe au sein des différents centres de fabrication dont les plus importants sont :

- La forge
- L'emboutissage
- L'usinage et traitement thermique
- Le montage

**b) Unité Carrosserie de Rouiba (U.C.R) :**

Mise en production en Septembre 1979, cette unité intégrée initialement au C.V.I/Rouiba, est autonome depuis 1987. Sa fonction est de fabriquer toutes une variété de produits de carrosserie portées ou tractées.

Elle dispose pour cela des ateliers principaux suivants :

- Atelier de débitage
- Atelier de mécanique
- Atelier d'assemblage
- Atelier de montage
- Atelier de peinture

**c) Unité Fonderie Rouiba (U.F.R) :**

Mise en production en 1984, cette unité intégrée à l'origine C.V.I/ROUIBA, est autonome depuis le 01/01/1987. Elle est d'une capacité contractuelle de 10.000 tonnes/an de pièces de brutes de fonderie.

d) **Unité de Carrosserie de Tiaret (U.C.T) :**

Mise en production en 1982, est d'une capacité contractuelle de 9000 carrosserie/an. La carrosserie de Tiaret fabrique essentiellement le matériel tracté et les équipements destinés à faire monter sur des châssis cabine SNVI.

**4. Activité de distribution et maintenance :**

Cette activité est assurée sous les directives de deux (02) directions importantes :

a) **Direction Marketing et Ventes (DMV) :**

Pour améliorer son potentiel de distribution, la SNVI a mis en place une unité gestion produit. Implantée à Rouiba sur le site du complexe, cette unité a pour missions principales :

- Réception et contrôle véhicules.
- Mise en carrosserie des véhicules.
- La préparation de ces véhicules.
- Livraison vers les unités commerciales.
- Gestion des stocks.

b) **Direction Centrales Après Vente (DCAV) :**

L'importante activité de la DCAV, est assurée par onze (11) unités commerciales réparties à travers le territoire national dont notre unité de **Ouargla**.

La DCAV est chargée d'assurer :

- La vente des véhicules neufs
- La vente de pièces de rechange
- Le service après-vente
- La réparation et la rénovation des parcs régionaux de ces produits.

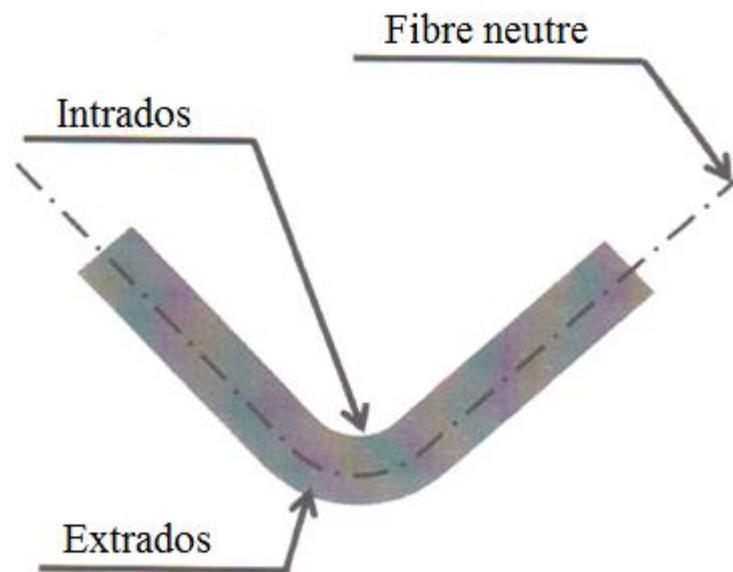
**Introduction :**

Les techniques de mise en forme des matériaux ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées.

C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement les paramètres expérimentaux (composition du matériau, température, pression, vitesse de refroidissement, etc.). Les techniques diffèrent selon les matériaux, et parmi ces techniques on s'intéresse au cintrage

**I.1.Le cintrage :****I.1.1.Définition :**

Le cintrage est un façonnage sans enlèvement de copeaux, à l'aide ou sans l'aide de chaleur, dans lequel une partie de la matière d'œuvre est définitivement portée, tout en conservant autant que possible sa section, de sa position originelle dans un autre sens.



**Figure I.1 : Rayon intérieur et le rayon extérieur après cintrage**

## I.1.2 Les différentes méthodes de cintrage :

### I.1.2.1. cintrage à la main :

Le cintrage à la main donne, généralement, des résultats peu satisfaisants, car il n'est pas guidé et les actions appliquées ne sont pas toujours proportionnelles, ni localisées en fonction de la déformation désirée. De plus, la déformation de la section est libre car aucun support ne permet de la réduire au cours du cintrage.

#### a) Cintrage par flexion :

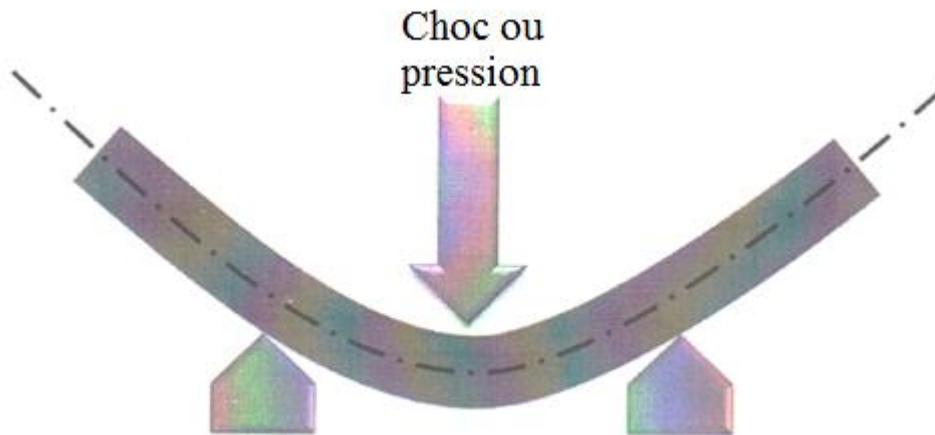
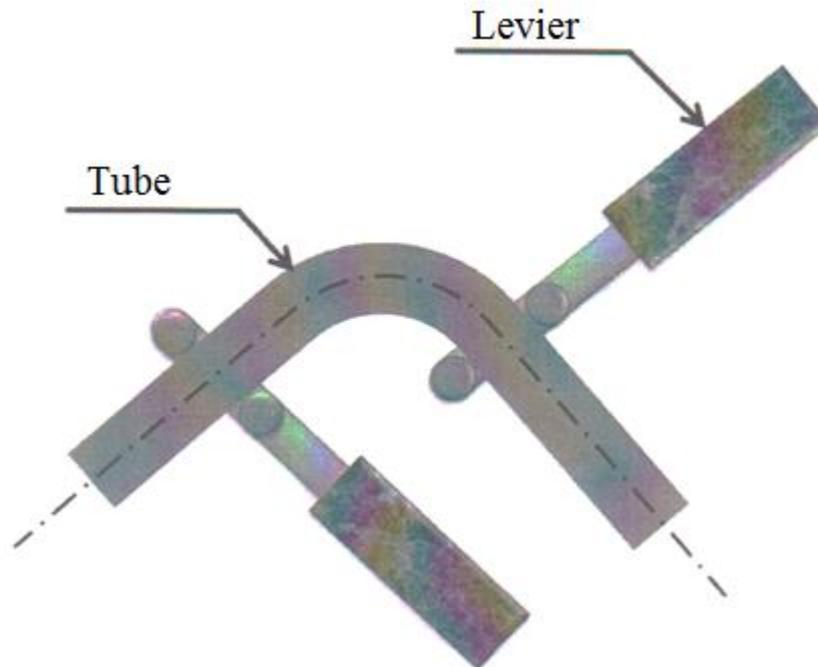


Figure I.2 : Cintrage par flexion

**b) Cintrage par appui en porte à faux :****Figure I.3 : Cintrage par flexion****c) Cintrage à vide**

Le cintrage à vide convient pour les tubes épais sur de grands rayons du fait que le risque d'aplatissement de la section est très élevé. Il se fait à chaud ou à froid selon le matériau utilisé et le genre de cintrage à exécuter.

Le cintrage à froid s'applique aux tubes inoxydables et aux matériaux non ferreux notamment le cuivre, l'aluminium et le plomb. La zone à cintrer doit être portée sur tasseur avant l'application de la force de cintrage. (**Figure I.4**)

A chaud, on cintré surtout les tubes d'acier, vu leur grande résistance à la traction. La zone à cintrer doit être dégagée des tasseaux d'appui. (**Figure I.5**)

Le chauffage se fait au chalumeau ou dans un four, lorsque la température désirée est jugée atteinte le cintrage.

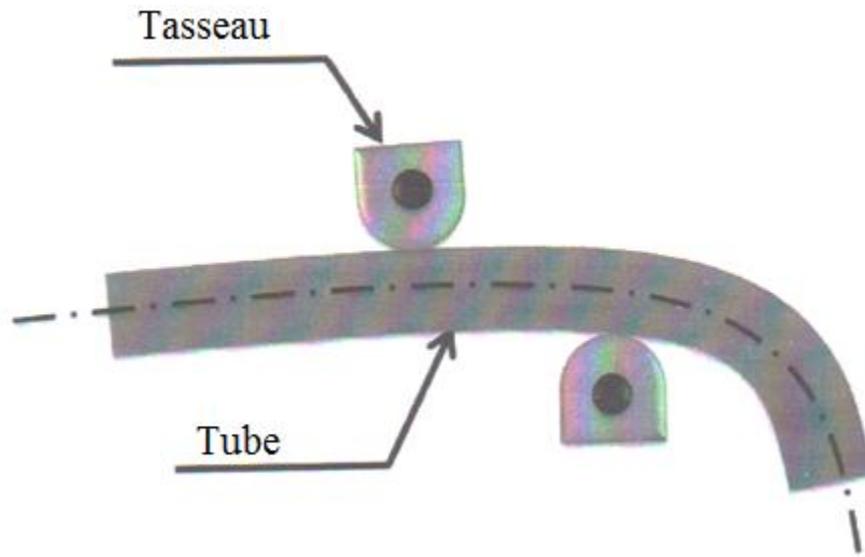


Figure I.4 : Cintrage à froid

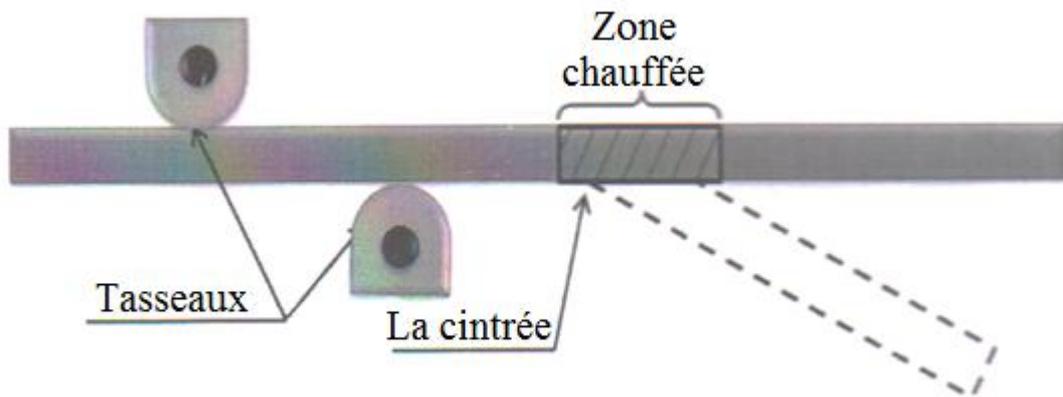


Figure I.5 : Cintrage à chaud

### I.1.2.2 .Cintrage sur machine :

Il nous permet des déformations régulières et progressives, d'autant plus que le matériau à cintrer est constamment guidé dans son déplacement.

#### Les différentes machines à cintrer :

Il existe plusieurs types de machines à cintrer qui diffèrent par leurs modes opératoire.

##### a) Machine à cintrer à vérin :

Le tube ou la tige prenant appui sur deux butées pivotantes est cintré par flexion sous l'action d'un sabot actionné par un piston. (**Figure I.6**). Le sabot cintréur présente une gorge torique qui maintient le tube sur la moitié de la section et s'oppose à l'élargissement du diamètre. L'application des axes butés pivotantes est réglable en fonction des rayons de cintrage à obtenir.

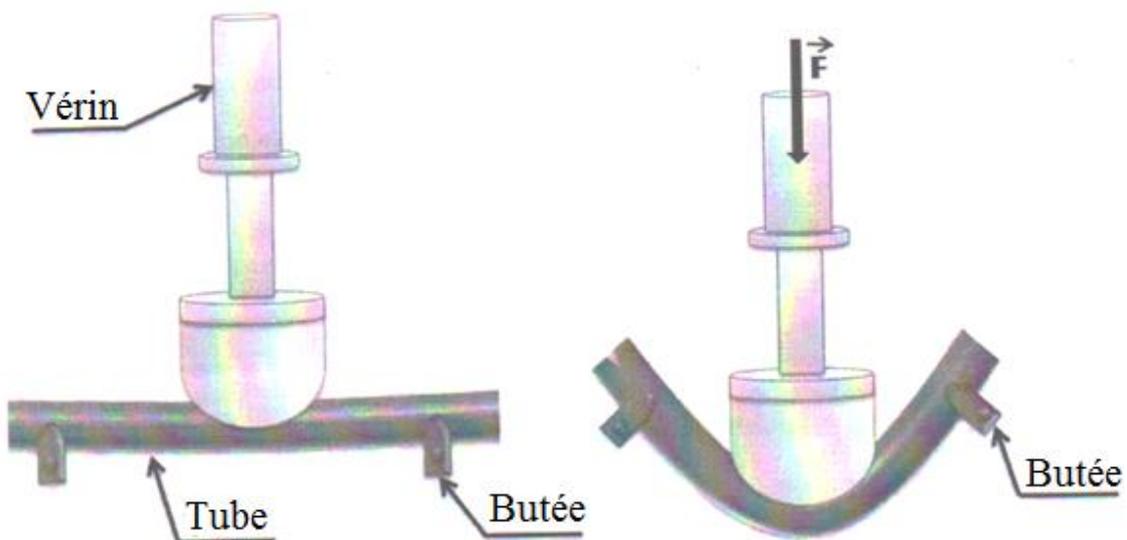
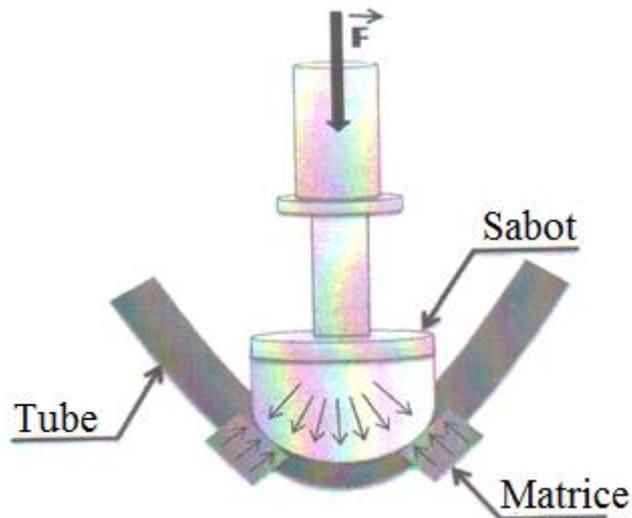


Figure I.6 : Cintrage par machine à vérin

**b) Presse à cintrer :**

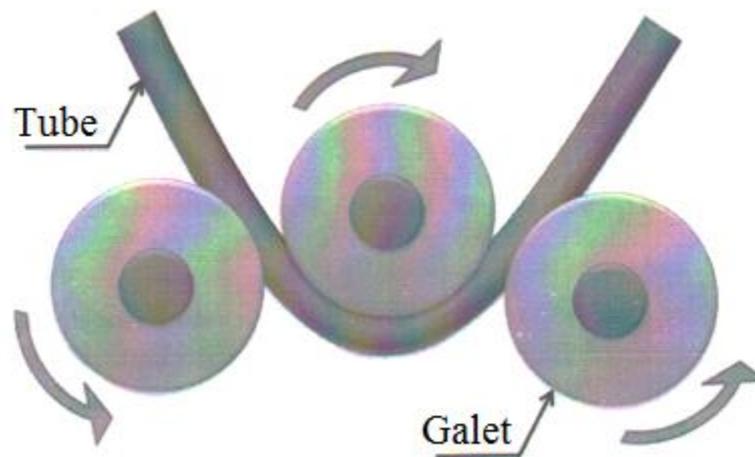
Le principe de la base est le même que celui des machines à vérin. Les matrice d'appui formant les butés, accompagnent la pièce pendant le cintrage en exerçant une pression contre le sabot. Ces machines présentent l'avantage d'être rapides et sont utilisées pour les travaux de série. **(Figure I.7)**



**Figure I.7 : Cintrage par presse**

**c) Presse à cintrer à trois galets :**

La presse à cintrer à trois galets permet de réaliser un cintrage par flexion entre deux appuis. La rotation des galets permet de cintrer en continu sur une longueur illimitée. La pièce est portée dans la gorge des galets juste au point de tangence. Ce procédé convient pour les grands rayons de cintrage, sur de grandes longueurs. Dans la plupart des machines les trois galets sont moteurs. **(Figure I.8)**



**Figure I.8 : Cintrage sur presse à trois galets**

**d) Cintrage par enroulement et étirage :**

Cette méthode est la plus répandue. Elle permet d'exécuter des coudes dans les conditions les plus difficiles. Ces machines sont équipées de trois outils à savoir :

- une forme tournante.
- Une mâchoire ou sabot de blocage.
- Une glissière.

La pièce bloquée énergiquement par un galet central qui comporte une gorge semi torique, alors que la glissière peut être fixe ou mobile. Pour les pièces tubulaires, la glissière fixe provoque un amincissement plus marqué à l'extérieur (Extrados). Inversement, la glissière coulissante augmente les risques de plissage de l'intrados en diminuant l'amincissement de l'extrados. Pour remédier à cela, il convient d'introduire un mandrin à l'intérieur du tube pour qu'il s'oppose à la déformation. **(Figure I.9)**

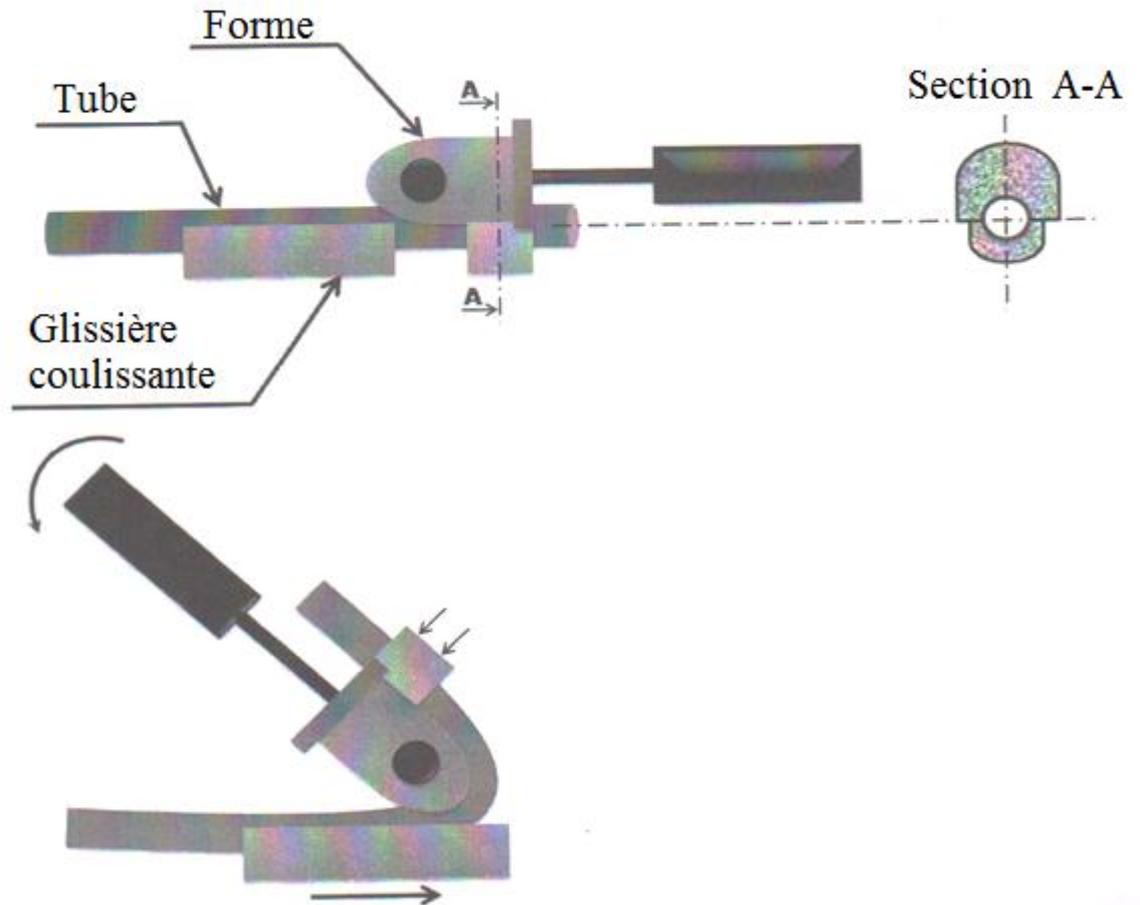


Figure I.9 : Cintrage par enroulement et étirage

e) **Cintrage par enroulement et compression :**

Le principe de ces machines est différent de celui des machines précédentes. En effet, le cintrage n'est pas obtenu par flexion entre deux appuis, le tube est bloqué énergiquement contre une forme fixe qui porte une gorge semi torique dont les dimensions sont identique à celles du tube à cintrer, et un galet cintreur cylindrique qui enroule le tube dans la gorge de la forme.

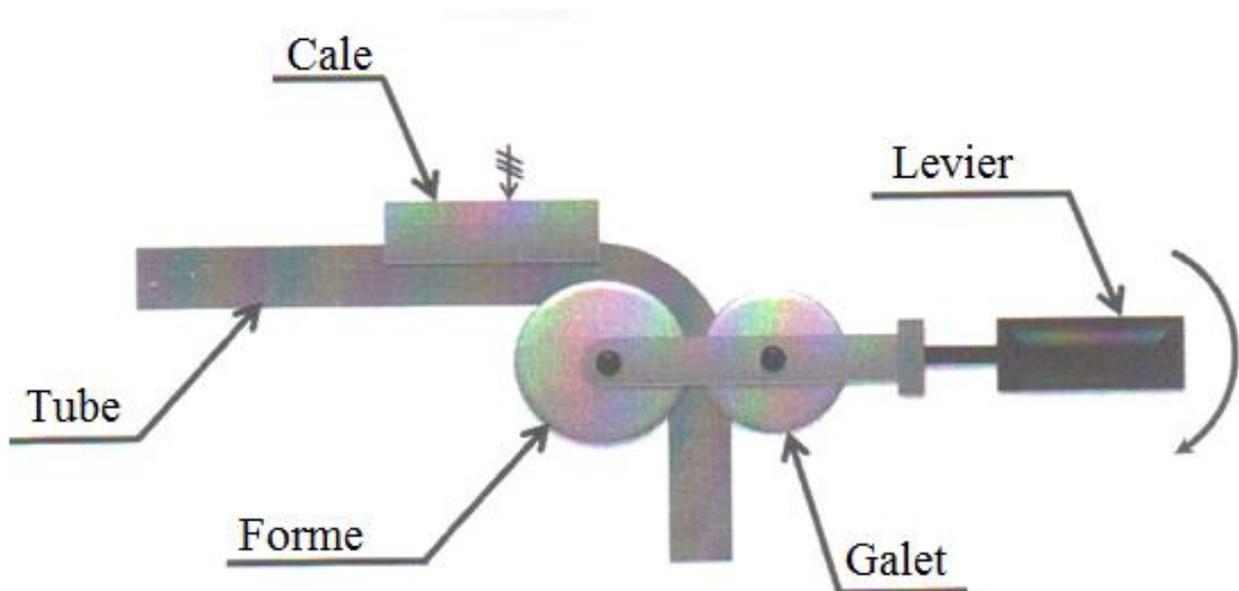


Figure I.10 : Cintrage par enroulement et compression

f) Cintrage sur machines à galets formeurs et sabots d'appui :

La force  $F$  exercée sur le tube est appliquée en porte à faux par rapport aux appuis **a** et **b** (Figure I.11) qui forment des actions de contact durant le cintrage. Le déplacement simultané du galet formeur et des sabots d'appui est prévu. Cette technique produit un maintien global et augmente la précision du résultat obtenu.

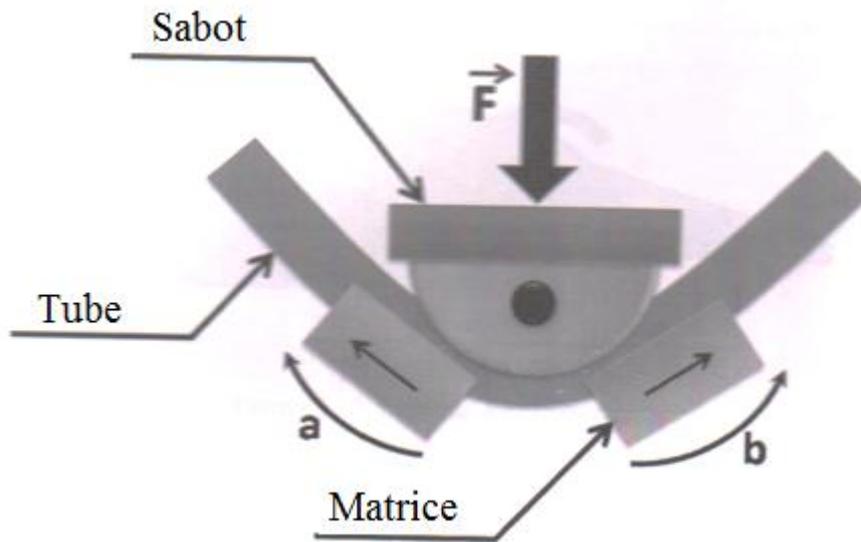


Figure I.11 : Cintrage à galets formeurs et sabots d'appui

**Remarque :**

Pour éviter l'aplatissement durant l'opération de cintrage des tubes, on remplit ces derniers soit :

- Par du sable.
- La résine.
- Ou bien par les alliages à bas point de fusion.

## I.2. Comportement plastique :

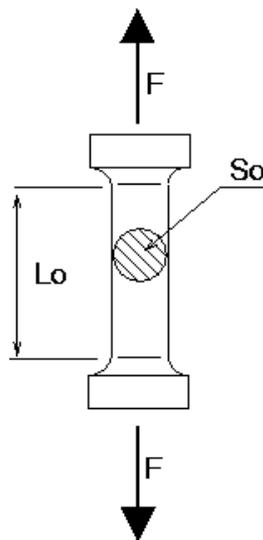
La plasticité est la propriété que certains matériaux ont tendance à présenter de grandes déformations sans rupture. Ces déformations sont permanentes lorsque les contraintes dépassent un seuil dit limite d'écoulement.

On ne peut pas calculer une pièce ni déterminer les charges admissibles sans connaître les caractéristiques du matériau qu'il compte utiliser.

Le but des essais mécaniques est d'obtenir des valeurs des propriétés qui seront utilisables dans les calculs de résistance des matériaux ou permettent d'apprécier le comportement d'un matériau en service.

### I.2.1. Essai de traction :

L'essai de traction consiste en l'application de deux forces opposées sur l'éprouvette qui sont sur le même axe. Les éprouvettes de traction peuvent être prismatique ou cylindrique, est dotée à ses extrémités des têtes qui permettent de l'amarrer aux deux traverses de la machine de traction.



**Figure I.12 : Exemple d'éprouvette de traction**

Durant l'essai, on mesure l'évolution de la force nécessaire pour l'éprouvette, force qui caractérise la résistance unidirectionnelle du matériau à la déformation. On rapporte la force mesurée en fonction de la longueur de l'éprouvette, obtenant ainsi le diagramme de traction.

Afin de pouvoir utiliser les courbes brutes de traction, on doit les modifier pour les résultats obtenus ne soient fonction que de matériau étudié et non de la géométrie de l'éprouvette. Pour ce faire, on rapporte la charge  $F$  à la section initiale  $S_0$  de l'éprouvette pour obtenir la contrainte  $\sigma = \frac{F}{S_0}$ , on rapporte l'allongement  $\Delta L$  à la longueur initial  $L_0$  pour obtenir la déformation  $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$  (Figure I.13)

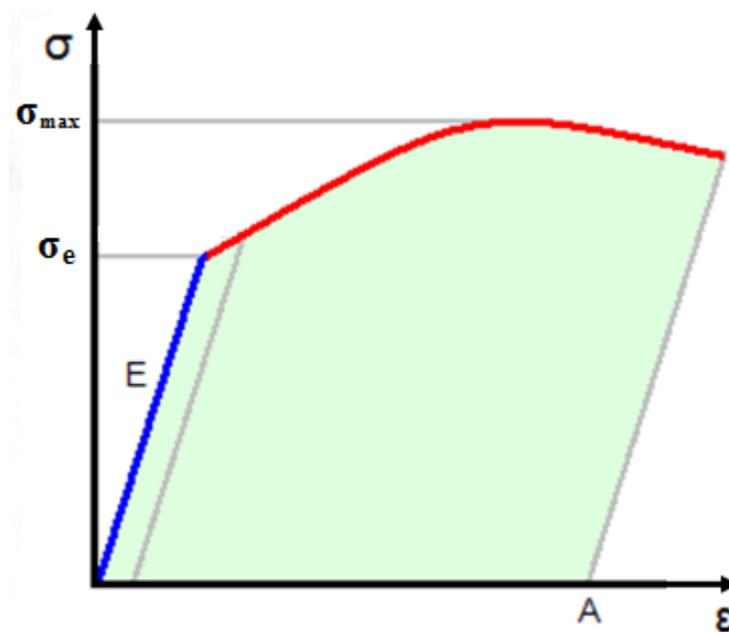


Figure I.13 : Exemple de courbe de traction

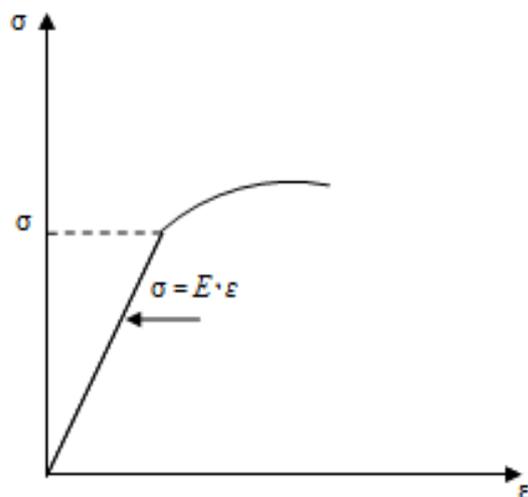
### I.2.2. Modèles de comportement :

On utilise souvent en pratique des modèles simplifiés :

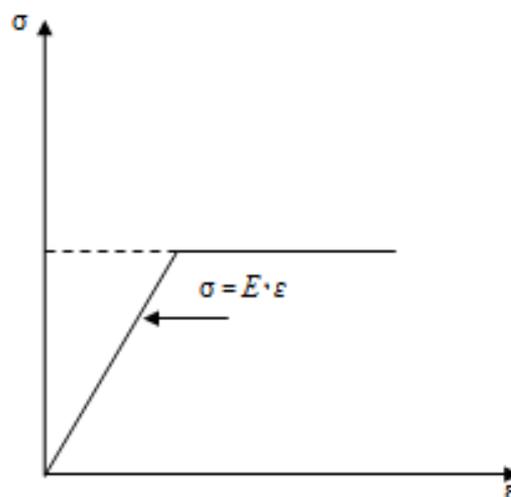
- Modèle élastique écrouissable (EPE) : possède une phase élastique et une phase plastique avec écrouissage.
- Modèle élastique parfaitement plastique (EPP) : sans écrouissage, dans la phase plastique la déformation augmente pour une charge constante.
- Modèle rigide plastique écrouissage (RPE) : la phase élastique est négligée car l'élasticité complique les calculs et apporte de grandes perturbations pour les cas de grandes déformations (mise en forme).

- Modèle rigide parfaitement plastique (RPP) : même remarque que (RPE).

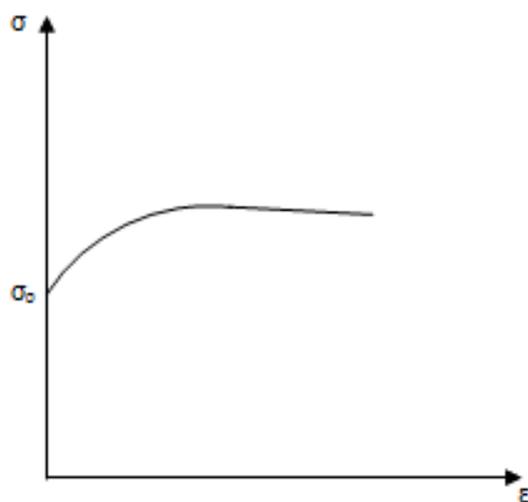
L'ensemble de ces modèles est représenté dans la **figure I.14**.



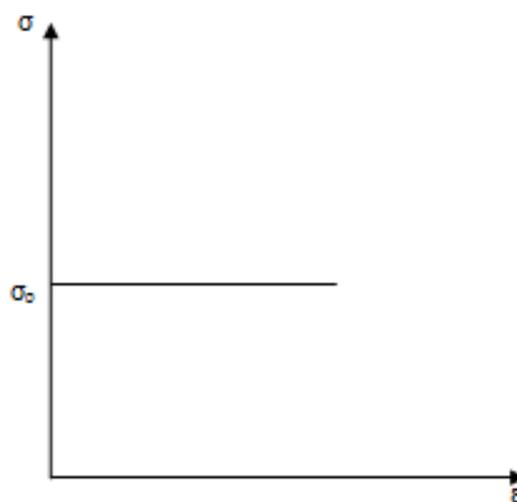
**a** : Elastique plastique écrouissable



**b** : Elastique parfaitement plastique



**c** : Rigide plastique écrouissable



**d** : Rigide parfaitement plastique

**Figure I.14** : Modèles de comportement

### I.3. Retour élastique :

#### I.3.1. Définition :

Pendant le cintrage, la tige est cintré à un angle  $\theta_0$  ; lorsque l'opération se termine, l'angle s'ouvre légèrement jusqu'à une valeur  $\theta$  (Figure I.15). Ce phénomène est appelé retour élastique.

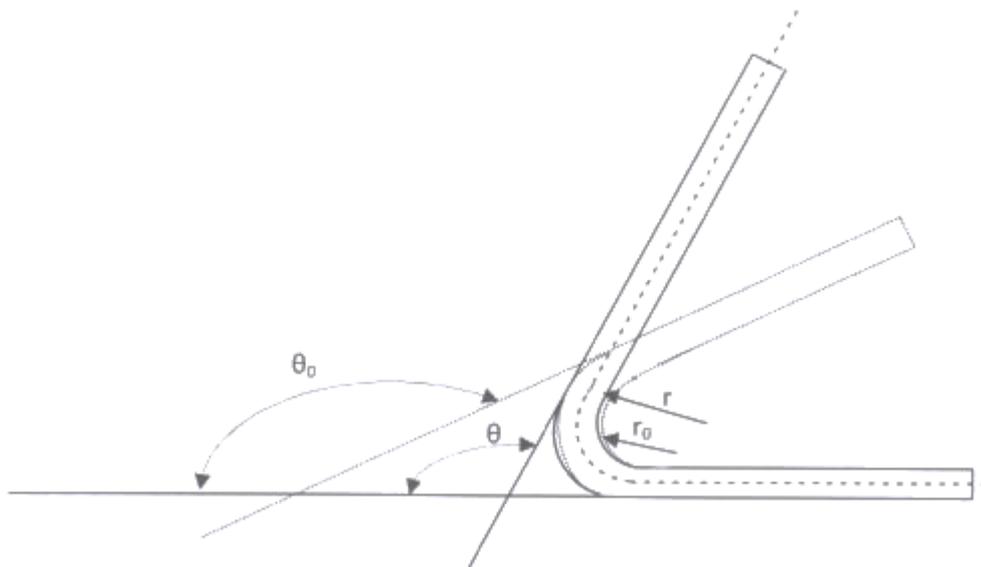


Figure I.15 : Paramètre du retour élastique

#### I.3.2. Calcul du retour élastique :

La connaissance du retour élastique permet de déterminer le rayon de formage initial  $r_0$  nécessaire pour obtenir un rayon donné  $r$  sur la pièce. Pour des rapports rayon/épaisseur inférieurs ou égaux à 10, QUEENER propose la formule suivante pour le retour élastique :

$$\frac{r_m}{r'_m} = 1 - \frac{3k(1 - \nu^2)}{E(n + 2) \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{1+n}{2}}} \left(\frac{2r_m}{e}\right)^{1-n}$$

Avec :

$r_m = r_0 + \frac{e}{2}$  : Rayon moyen avant retour élastique.

$r'_m = r + \frac{e}{2}$  : Rayon moyen après retour élastique.

$e$  : En pliage c'est l'épaisseur de la tôle et en cintrage c'est le diamètre de la tige

$n$  : Coefficient d'érouissage du métal (daN/mm<sup>2</sup>). Pour la plupart des aciers  $n$  varie entre 0.1 et 0.25

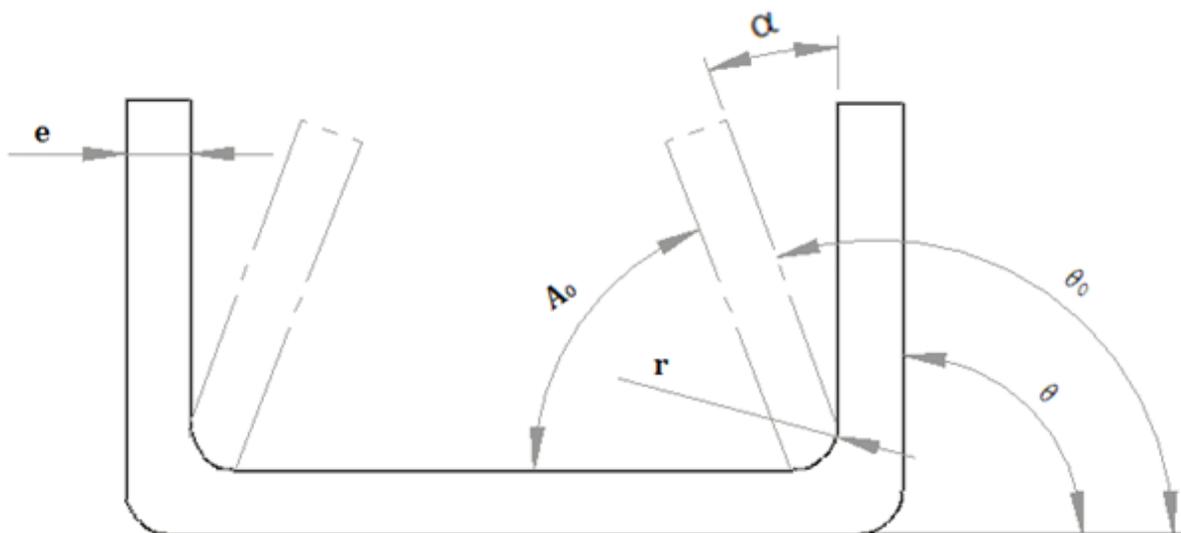
$k$  : Coefficient d'amplitude du métal (daN/mm<sup>2</sup>) (loi d'érouissage  $\sigma = k \varepsilon^n$ )

$\nu$  : Coefficient de poisson.

$$\frac{r_m}{r'_m} = \frac{\theta}{\theta_0} = K'$$

$K'$  : Facteur de retour élastique (Rapport entre la forme de la pièce finie et la forme de l'outil)

**Calcul de  $K'$  en pliage U :**



**Figure I.16 : Calcul de  $\alpha$  en pliage U**

Métal plié	Facteur K'									
	$\frac{r}{e} = 1$	$\frac{r}{e} = 1,2$	$\frac{r}{e} = 1,6$	$\frac{r}{e} = 1,8$	$\frac{r}{e} = 2$	$\frac{r}{e} = 2,5$	$\frac{r}{e} = 3$	$\frac{r}{e} = 4$	$\frac{r}{e} = 8$	$\frac{r}{e} = 10$
<b>Aluminium</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>	<b>0,86</b>	<b>0,81</b>
<b>Acier mi-dur</b>	<b>0,92</b>	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>	<b>0,9</b>	<b>0,89</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>0,85</b>	<b>0,79</b>	<b>0,75</b>
<b>Acier inox dur</b>	<b>0,9</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>0,87</b>	<b>0,86</b>	<b>0,86</b>	<b>0,85</b>	<b>0,84</b>	<b>0,75</b>	<b>0,72</b>

Tableau I.1 : Choix de facteur K'

### II.1. Introduction :

SolidWorks est un logiciel propriétaire de conception assistée par ordinateur 3D fonctionnant sous Windows. 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. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle.

### II.2. Echantillon de tige cintrée :

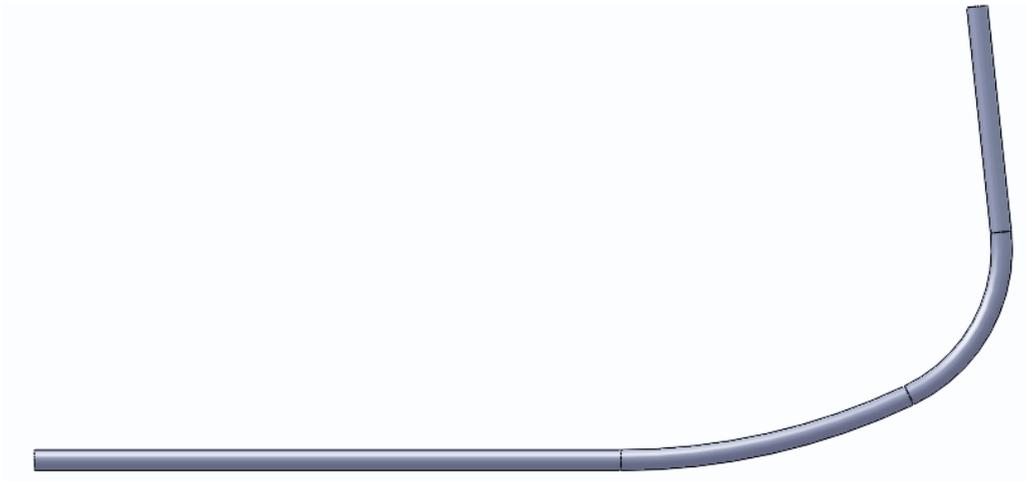


Figure II.1 : Echantillon de tige cintrée

II.3. Ancien montage :

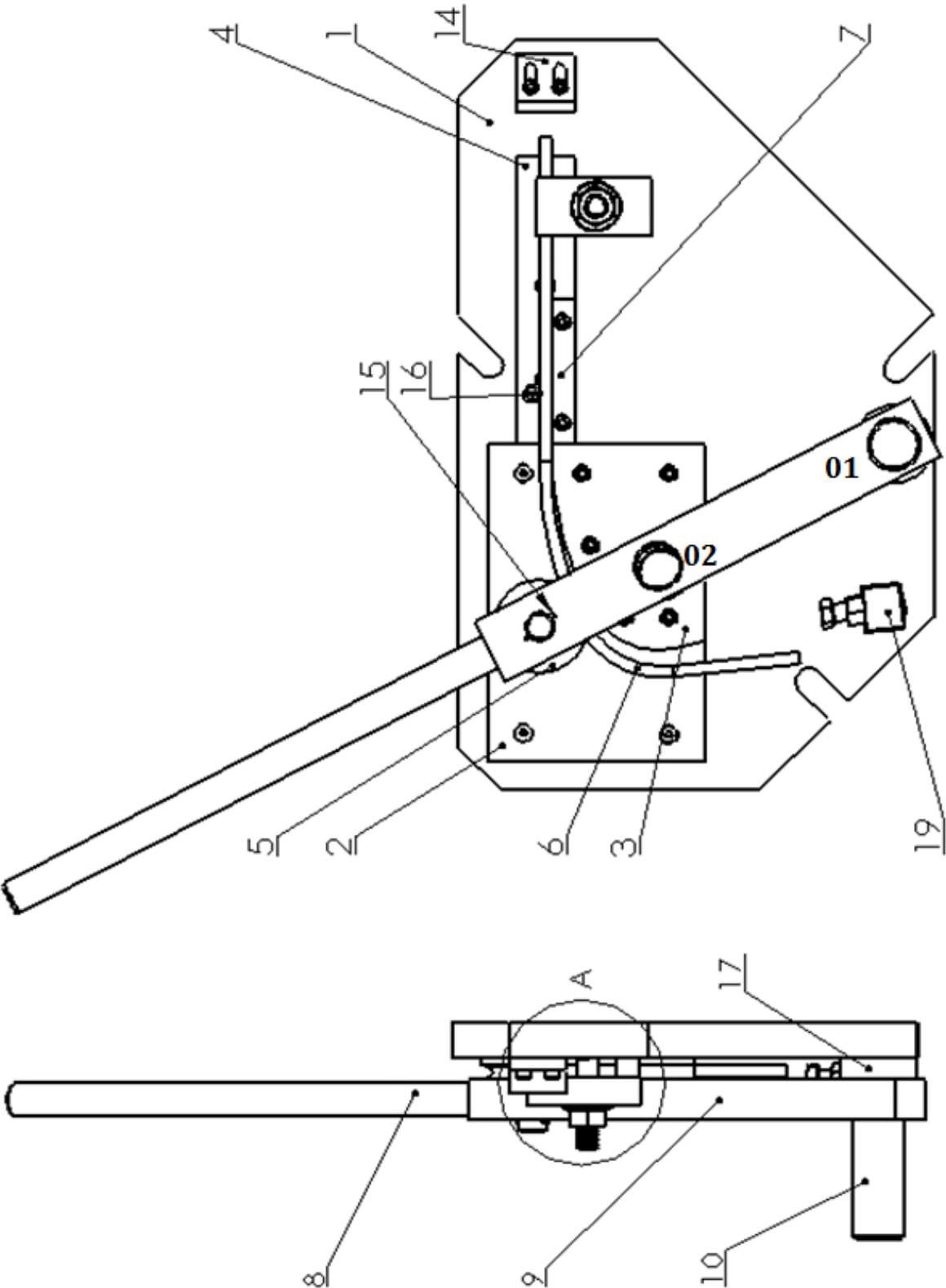


Figure II.2 : Ancien montage

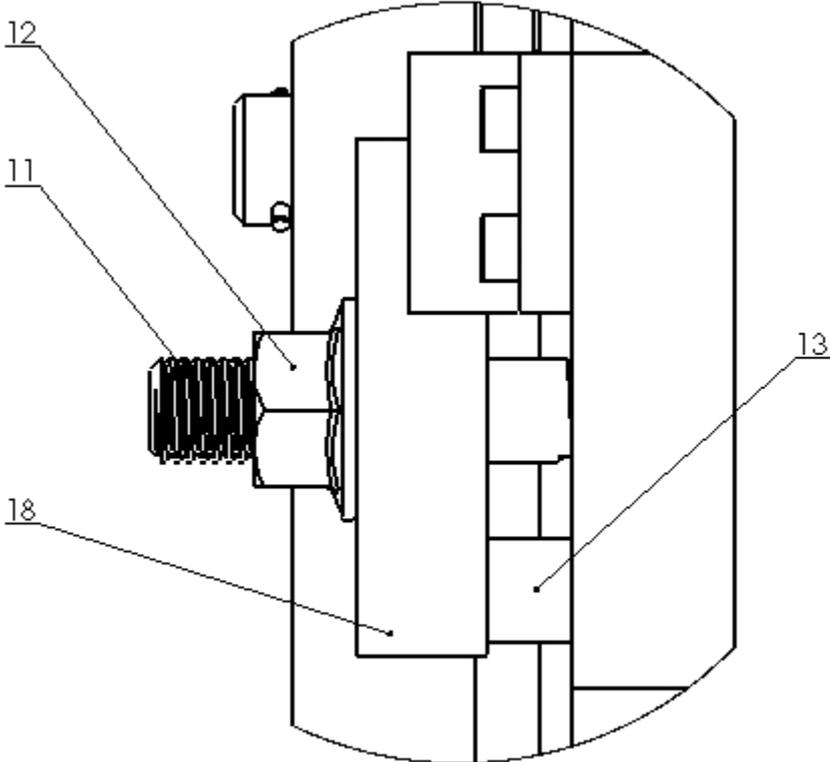


Figure II.3 : Détail A

**II.4.Nomenclature :**

1. Corps
2. Plaque d'usure
3. Forme de cintrage
4. Règle
5. Galet
6. La pièce cintrée
7. Bride de guidage
8. Bras
9. Bride pivotante
10. Broche
11. Goujon
12. Ecrous
13. Appui de bride
14. Butée (3)
15. Goupille
16. Butée (1)
17. Coussinet
18. Bride
19. Butée (2)

**II.5. Principe de fonctionnement :**

Le montage représenté sur les figures (II.1) et (II. 2) ; nous permet d'obtenir des tiges cintrées en deux rayons comme le montre la pièce (6). Durant le cintrage la tige est serrée et maintenue entre le galet (5) et la forme de cintrage. La disposition du galet (5) est réglable et dépend du rayon de la tige à cintrer ; pour réaliser le grand rayon la broche (10) doit être en position (01) et pour le petit rayon en position (02). Le mouvement de cintrage est assuré par le bras (8), ce dernier est monté sur la bride pivotante (9). Le dispositif de fixation de la pièce est composé de bride (18), appui de bride (13), goujon (11) et l'écrou (12).

**❖ Matière :**

La pièce à cintrer et la plupart des éléments de ce montage sont en XC38.

**II.6. Acier de construction au carbone pour traitement thermique (XC38) :****II.6.1. Propriétés générales :**

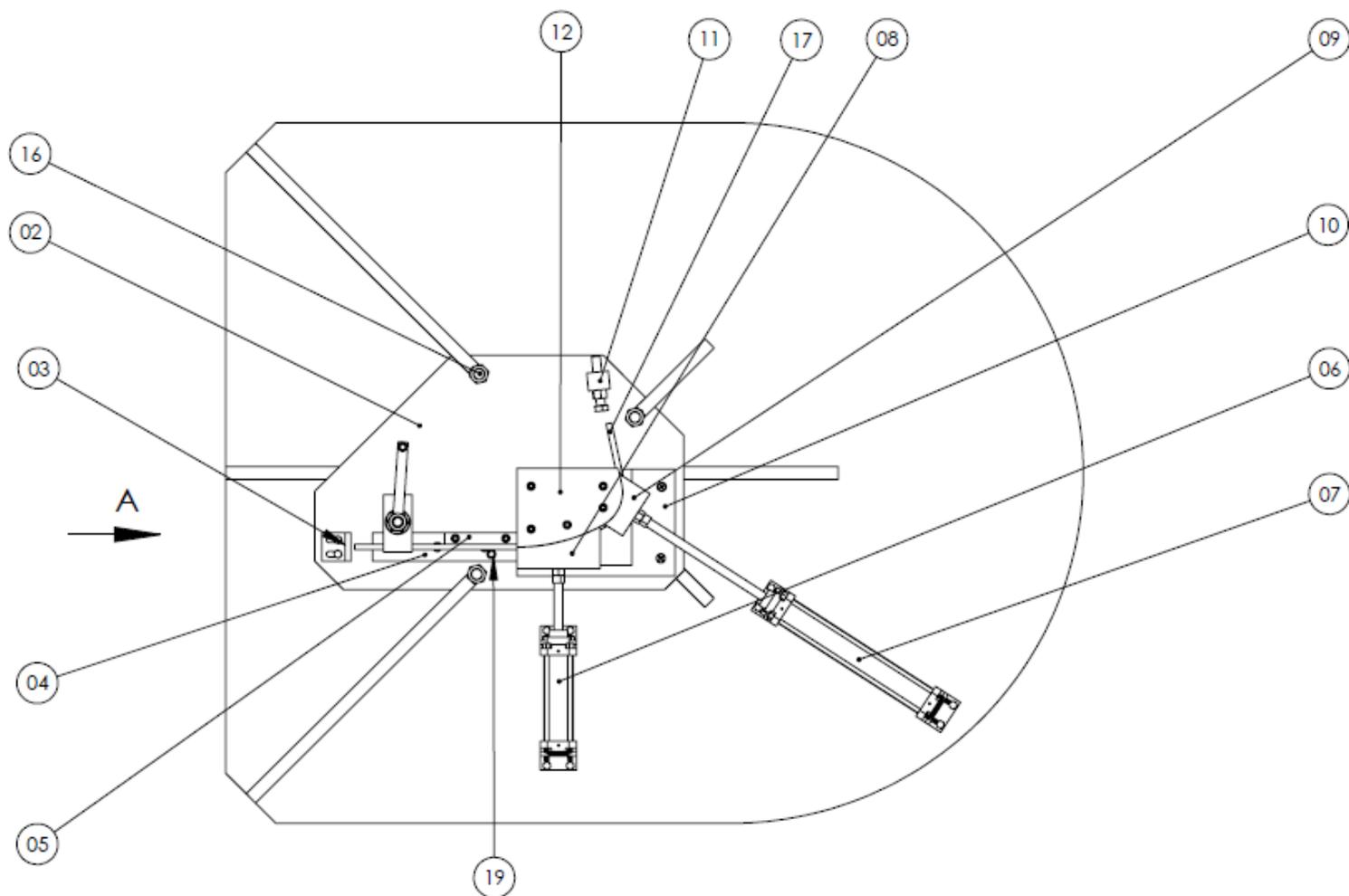
Cet acier peut être utilisé :

- **A l'état naturel:** Recuit ou normalisé pour la réalisation par usinage de pièces de toutes dimensions nécessitant des caractéristiques mécaniques moyennes. L'état normalisé permet d'obtenir une meilleure homogénéité de structure et de caractéristiques mécaniques.
- **A l'état trempé revenu :** Par trempé à l'eau pour des pièces de petites et moyennes dimensions, à caractéristiques mécaniques élevées, mais n'exigeant pas une forte pénétration de trempé.

**II.6.2. Caractéristiques mécaniques :**

- Module du Young, **E: 200 (GPa)**
- Coefficient de Poisson  **$\nu$ : 0.3 (ratio)**
- Limite élastique,  **$\sigma_e$ : 380 à 430 (Mpa)**
- Résistance du matériau,  **$\sigma_{max}$ : 600 à 780 (Mpa)**
- Allongement, **A : 17 à 19 (%)**

**II.7. Le système proposé :**



**Figure II.4 : Le système proposé**

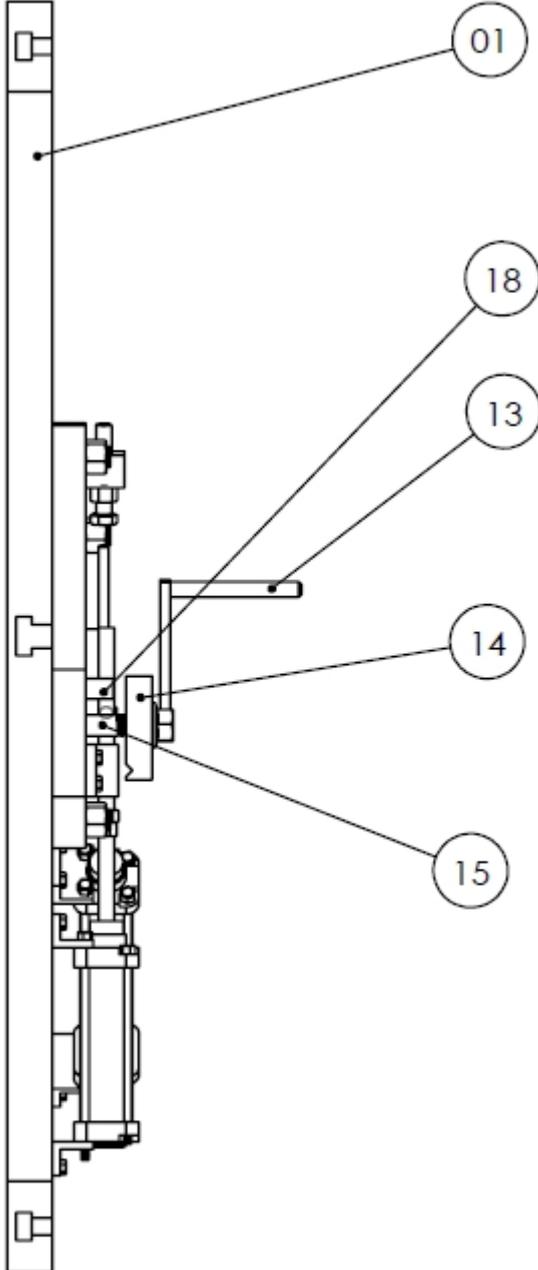


Figure II.5 : La vue A

**II.8.Nomenclature :**

1. Table
2. Corps
3. Butée réglable
4. Règle
5. Bride de guidage
6. Vérin pneumatique(1)
7. Vérin pneumatique (2)
8. Contre forme (1)
9. Contre forme (2)
10. Plaque d'usure
11. Butée (2)
12. Forme de cintrage
13. Ecrou
14. Bride
15. Goujon
16. Ecrou
17. La tige cintrée
18. Appui de bride
19. Butée (1)

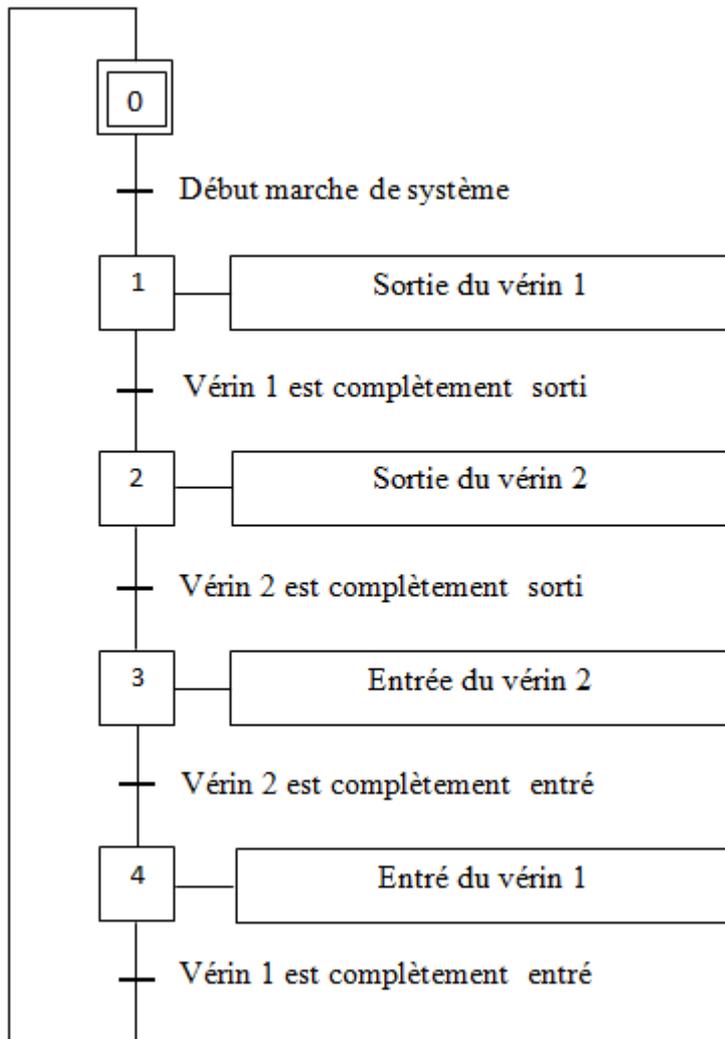
**II.9. Principe de fonctionnement :**

Le système se compose de deux bloc : bloc de cintrage et bloc de maintien

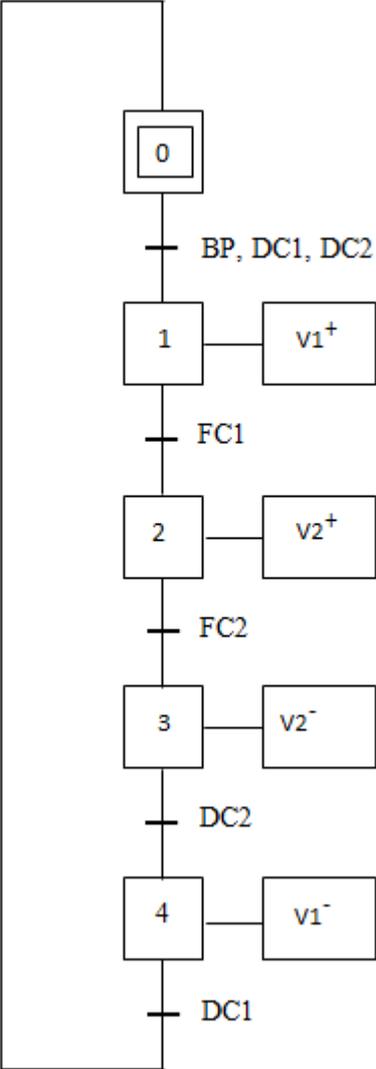
Bloc de cintrage comporte deux vérins pneumatiques (6) et (7), qui assurent l'avance des deux contre formes (8) et (9). La tige à cintrer (17) est maintenue entre la forme de cintrage (12) et les deux contre formes (8) et (9). Le changement des tiges se fait manuellement en les posant sur la règle (4), placées sur la butée réglable (03) et serrées par la bride (14) et l'écrou (13).

**II.10. Grafset :**

Grafset est un organigramme spécialisé, avec graphisme et règles particulières, utilisé pour décrire le cycle logique des systèmes automatisés séquentiels.

**a) Niveau 1 :**

**b) Niveau 2 :**



### II.11. Schéma de puissance et le schéma de commande :

Pour faire ces schémas nous avons utilisés un logiciel appelé « FluidSIM ». FluidSIM est un outil de simulation servant à l'acquisition des connaissances de base des pneumatique, il permet d'une part les dessins de plans schématiques ; d'autre part il est en mesure à la base de la description des composants physiques de réaliser une simulation expressive des montages décrits.

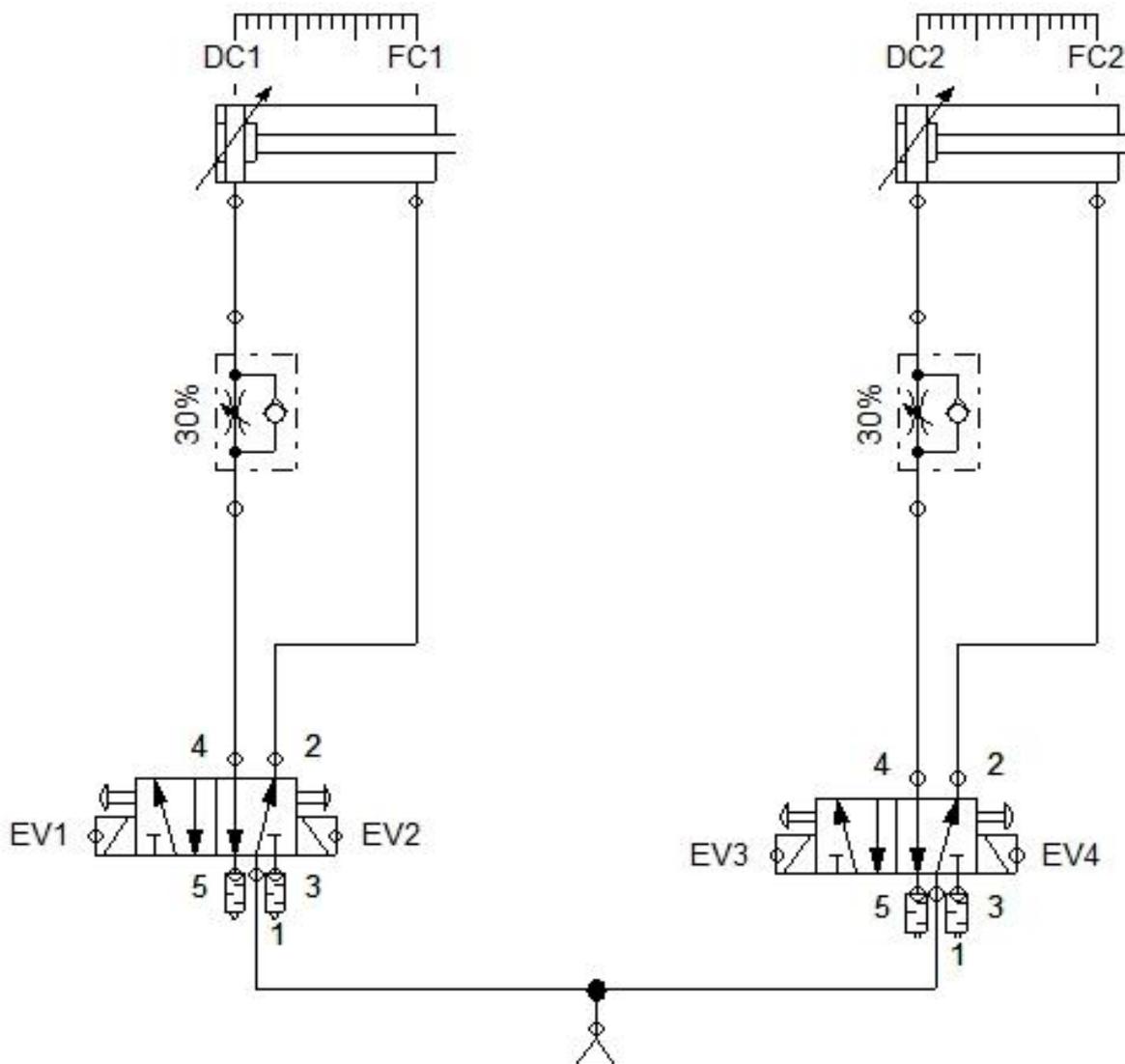


Figure II.7 : Schéma de puissance

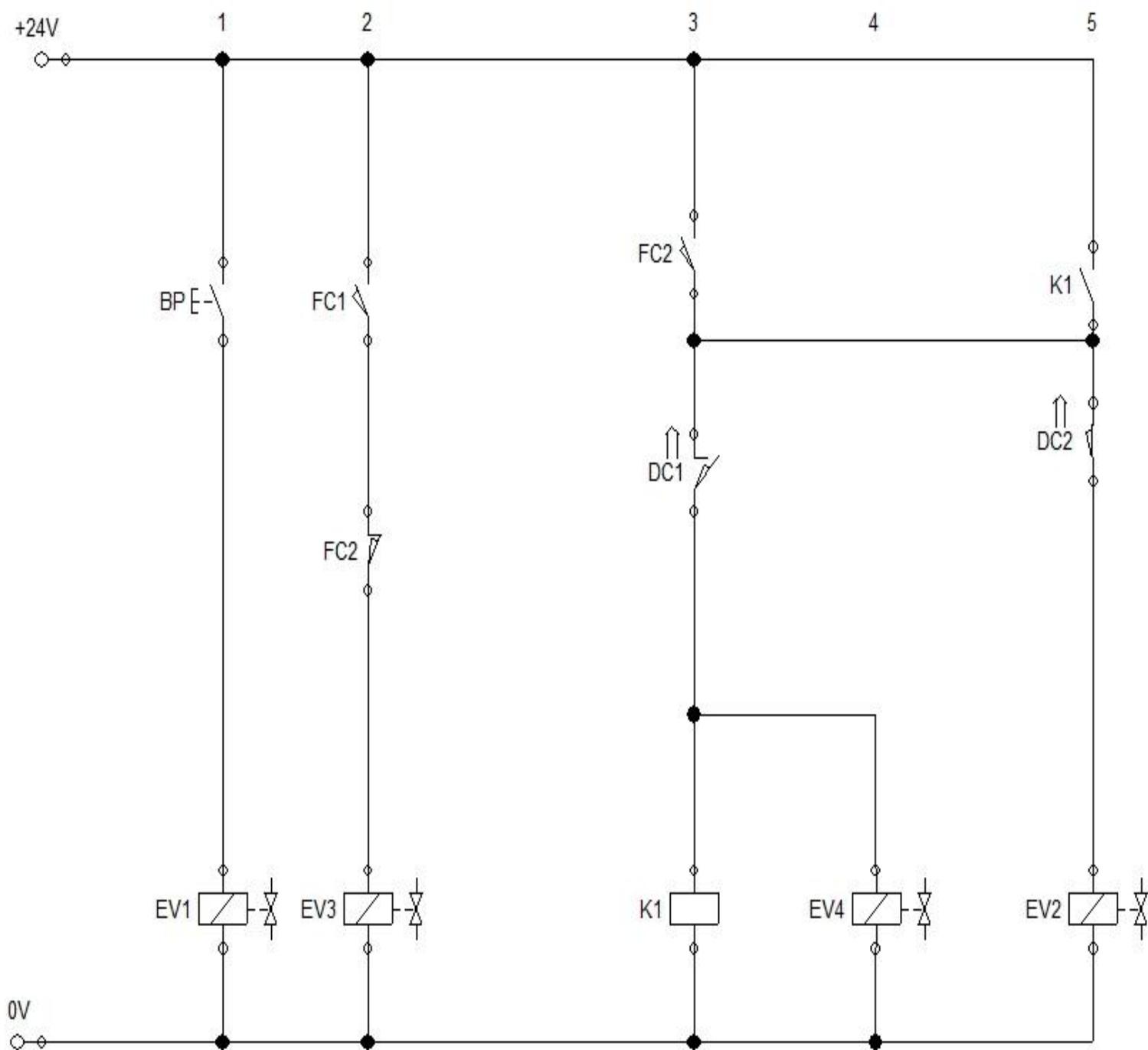


Figure II.8 : Schéma de commande

**II.6.1. Fonctionnement :**

Au repos : DC1 et DC2 sont activés

En appuyant sur le bouton poussoir (BP) on aura l'activation de l'électrovanne (EV1) qui engendre la sortie du vérin (6). Une fois le vérin (6) est complètement sortie, il active le capteur de position de fin de course (FC1) qui active l'électrovanne (EV3), ce qui impose la sortie du vérin (7), à sa limite il active le capteur de position de fin de course (FC2), à son tour active l'électrovanne (EV4) ce qui implique la rentrer du vérin (7). Le retour du vérin (7) à la position initiale engendre l'activation de l'électrovanne (EV2). Le vérin (6) retourne à la position initiale.

### III.1. Calcul de la longueur développée :

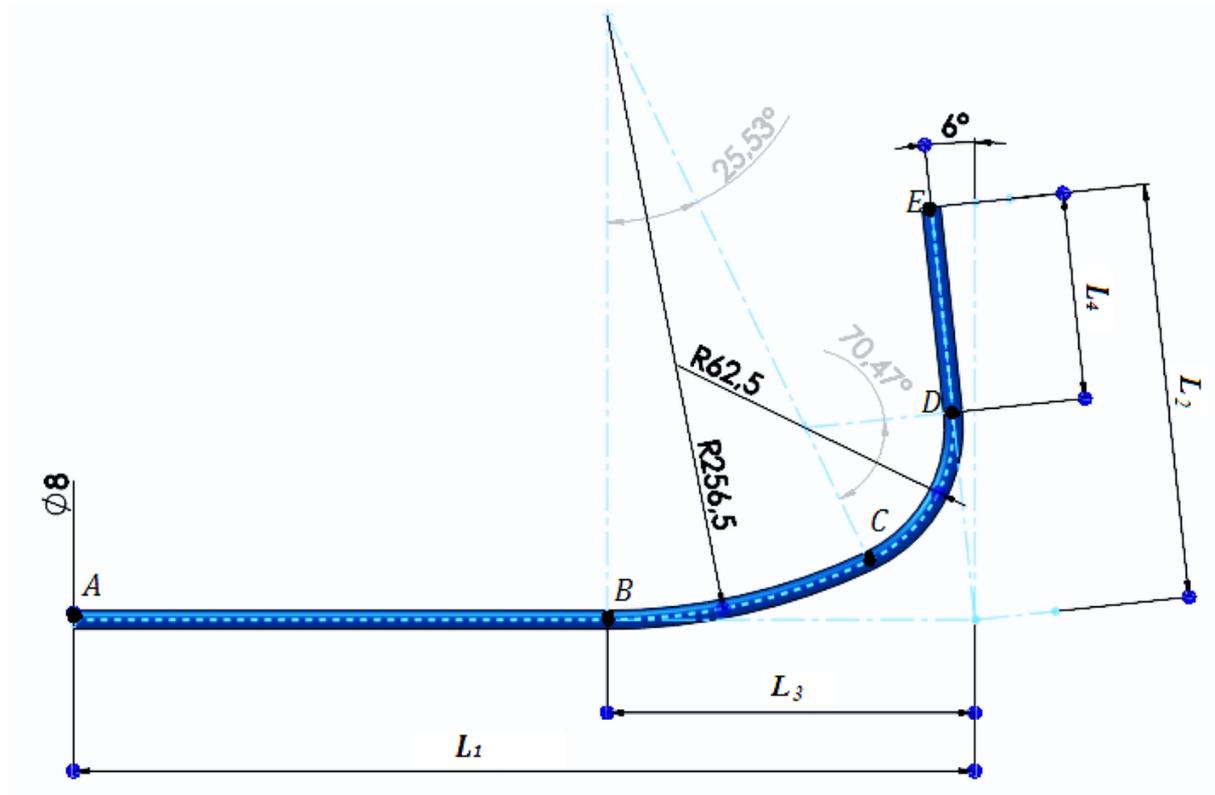


Figure III.1 : La géométrie de la tige à cintrer

Avec :

$$R_1 = 256.5 \text{ mm} ; R_2 = 62.5 \text{ mm}$$

$$L_1 = 380 \text{ mm} ; L_2 = 176 \text{ mm} ; L_3 = 155 \text{ mm} ; L_4 = 87.5 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 25.53^\circ = 0.445 \text{ rd} ; \theta_2 = 70.47^\circ = 1.229 \text{ rd}$$

$$L_{dév} = AB + BC + CD + DE$$

$$AB = L_1 - L_3 = 380 - 155 = 225 \text{ mm}$$

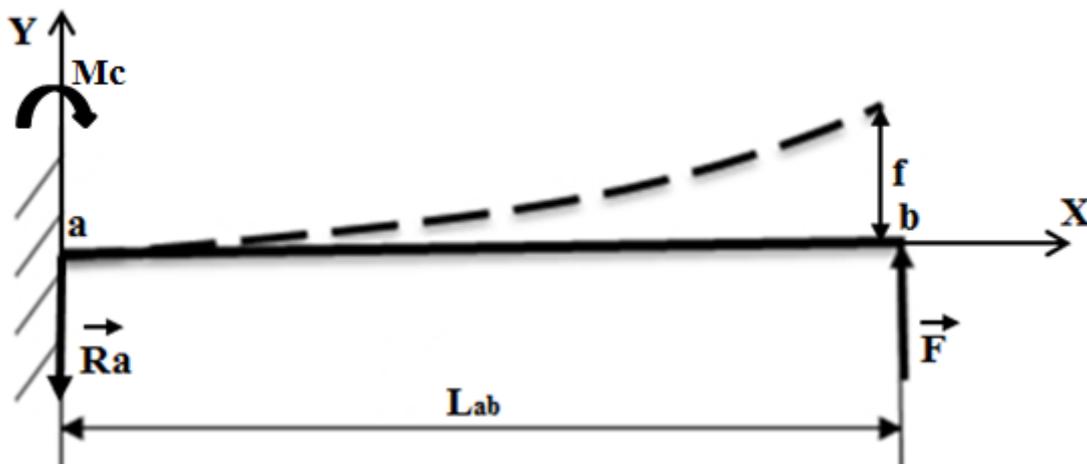
$$BC = R_1 \times \theta_1 = 256.5 \times 0.445 = 114.14 \text{ mm}$$

$$CD = R_2 \times \theta_2 = 62.5 \times 1.229 = 76.81 \text{ mm}$$

$$DE = 87.5 \text{ mm}$$

$$L_{dév} = 225 + 114.14 + 76.81 + 87.5 = \mathbf{503.45 \text{ mm}}$$

**III.2. Calcul des efforts de cintrage :**



- Calcul de la réaction en a :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \dots\dots\dots (1)$$

La projection de l'équation (1) sur oy :

$$-Ra + F = 0$$

$$\mathbf{Ra = F}$$

• **Le moment d'encastrement (Mc):**

Le moment d'encastrement est calculé par la relation suivante:

$$M_c = F \cdot L_{ab} \dots\dots\dots (2)$$

Avec :

F : Force de cintrage (N)

L<sub>ab</sub> : Longueur de la tige à cintrer

• **Diagramme des efforts tranchant (T):**

$$0 \leq x \leq L_{ab}$$

$$T = -R_a$$

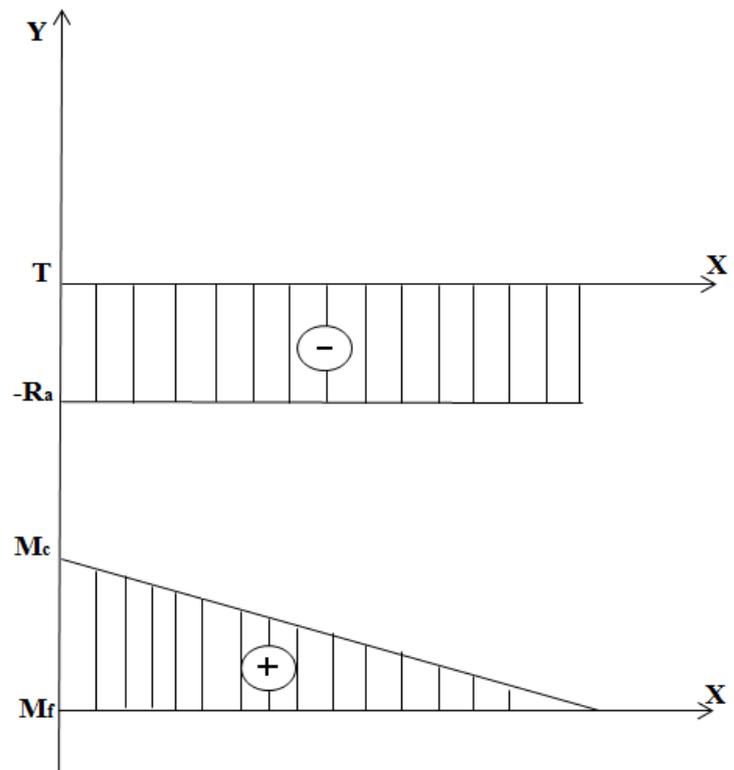
• **Diagramme des moments fléchissant (M<sub>f</sub>):**

$$0 \leq x \leq L_{ab}$$

$$M_f = M_c - R_a \cdot x$$

Pour :  $x = 0 \longrightarrow M_f = M_c$

Pour :  $x = L_{ab} \longrightarrow M_f = 0$



- L'équation de la déformé :

$$EIY'' = -M_f \dots \dots \dots (3)$$

Avec :

I : Le moment d'inertie

$$EIY'' = R_a \cdot x - M_c$$

$$EIY'' = F \cdot x - M_c = F \cdot x - F \cdot L_{ab}$$

$$Y'' = \frac{F}{EI} \cdot x - \frac{FL_{ab}}{EI}$$

$$Y' = \frac{F}{2EI} \cdot x^2 - \frac{FL_{ab}}{EI} \cdot x + C_1$$

$$Y = \frac{F}{6EI} \cdot x^3 - \frac{FL_{ab}}{2EI} \cdot x^2 + C_1 \cdot x + C_2$$

$C_1$  et  $C_2$  sont des constantes, sont déterminés par les conditions aux limites.

❖ 1<sup>er</sup> condition :

à  $x = 0$ ,  $Y(0) = 0$   $\longrightarrow$  pas de déplacement

$\longrightarrow C_2 = 0$

❖ 2<sup>eme</sup> condition :

à  $x = 0$ ,  $Y'(0) = 0$   $\longrightarrow$  pas de rotation

$\longrightarrow C_1 = 0$

D'où :

$$Y = \frac{F}{6EI} \cdot x^3 - \frac{FL_{ab}}{2EI} \cdot x^2$$

à  $x = L_{ab}$  :

$$Y(L_{ab}) = \frac{FL^3}{6EI} - \frac{FL^3}{2EI}$$

$$Y(L_{ab}) = \left| -\frac{2FL^3}{6EI} \right| = \frac{2FL^3}{6EI}$$

On pose :  $Y(L_{ab}) = f$  (flèche maximale)

$$F = \frac{3f.E.I}{L^3}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = 200$$

**AN :**

❖ **L'effort nécessaire pour réaliser le premier rayon :**

$$f = 30\text{mm}; L_{ab} = 260\text{mm}$$

$$F_1 = 205\text{N}$$

❖ **L'effort nécessaire pour réaliser le deuxième rayon :**

$$f = 20\text{mm}; L_{ab} = 170\text{mm}$$

$$F_2 = 488\text{N}$$

## III.2. Calcul dimensionnel des vérins :

### III.2.1. Calcul de l'effort théorique :

#### III.2.1.1. Définition :

Le rapport entre l'effort à vaincre  $F$  et la poussée théorique  $F'$  du vérin est appelée (taux de charge). Afin d'augmenter la durée de vie du vérin, et pour vaincre les efforts de frottement ; il est important que sa poussée théorique soit supérieure à l'effort maximal  $F$ .

Le taux de charge est donné par la relation suivante :

$$T = \frac{F}{F'} \dots\dots\dots (4)$$

Avec :

T : Taux de charge

- Le taux de charge étant le rapport entre la charge réelle à déplacer et l'effort dynamique disponible sur la tige du vérin. Ce rendement prend en compte les frottements, ainsi que la contrepression d'échappement dans le cas des vérins à double effet. En cas d'application statique (bridage) et pour les vérins simple effet, la contrepression est nulle. L'appréciation du taux de charge pour les deux types de vérins varie selon les constructeurs qui préconisent une valeur comprise entre **0.5 et 0.8%**. Le taux de charge utilisé dans notre cas est de **0.7%**

$$F' = \frac{F}{T}$$

AN :

a) Pour le vérin (1) :

$$F' = \frac{205}{0,7}$$

$$F' = 292,85\text{N}$$

b) Pour le vérin (2) :

$$F' = \frac{488}{0,7}$$

$$F' = 697,14\text{ N}$$

### III.2.2. L'alésage du vérin :

Le diamètre du piston est déterminé en fonction de l'effort exercé pour une pression d'alimentation donnée :

$$D = \sqrt{\frac{4S(\text{cm}^2)}{\pi}} \dots\dots\dots (5)$$

Avec :

S : Section du piston (cm<sup>2</sup>)

D : Diamètre du piston (cm)

$$F = P \times S \times T \dots \dots \dots (6)$$

Avec :

P : La pression (bar)

- La pression d'utilisation (bar) étant la pression relative (ou manométrique) disponible à l'entrée de l'installation. Si le réseau est soumis à des variations de pression, il faut considérer la pression la plus faible. La pression de **6 bars** est considérée comme référence pour indiquer les caractéristiques de débits, c'est pourquoi de nombreux constructeurs donnent les caractéristiques de leurs produits à cette pression.

**a) Pour le vérin (1) :**

$$S = \frac{F_1}{P.T}$$

**AN:**

$$S = 5,69 \text{ cm}^2$$

$$D = 26,92 \text{ mm}$$

On prend  $D = 32 \text{ mm}$  (Normalisé).

D'après le **tableau (III.1)** le diamètre de la tige est de **12 mm**.

**b) Pour le vérin (2) :**

$$S = \frac{F_2}{P.T}$$

**AN:**

$$S = 13,55 \text{ cm}^2$$

$$D = 39,5 \text{ mm}$$

On prend  $D = 40 \text{ mm}$  (Normalisé)

D'après le **tableau (III.1)** le diamètre de la tige est de **14 mm**

Diamètre du piston (mm)	Diamètre de tige (mm)	Direction de l'action	Section du piston (cm <sup>2</sup> )	Diamètre du piston (mm)	Diamètre de tige (mm)	Direction de l'action	Section du piston (cm <sup>2</sup> )
8	4	Sortie	0.503	32	12	Sortie	8.04
		entrée	0.377			entrée	6.91
10	4	Sortie	0.785	40	14	Sortie	12.57
		Entrée	0.660			Entrée	11.07
12	6	Sortie	1.131	40	16	Sortie	12.57
		Entrée	0.848			Entrée	10.56
16	6	Sortie	2.011	50	20	Sortie	19.63
		Entrée	1.728			Entrée	16.49
20	8	Sortie	3.14	63	20	Sortie	31.17
		Entrée	2.64			Entrée	28.03
25	10	Sortie	4.91	80	25	Sortie	50.27
		Entrée	4.12			Entrée	45.36
32	12	Sortie	8.04	100	30	Sortie	78.53
		Entrée	6.91			Entrée	71.47

Tableau III.1 : Détermination de diamètre de la tige

D	Course
16	5 à 160
20	
25	5 à 200
32	
40	5 à 250
50	
63	10 à 630

Tableau III.2 : Détermination de la course

**III.2.3. Calcul de la pression de service à l'intérieur de la chambre du vérin :**

$$F' = P \cdot S \dots\dots\dots (7)$$

Avec :

S : Section du piston sur laquelle la pression s'applique

**III.2.3.1. Pour le vérin (1) :**

$$P = \frac{F'}{S}$$

a) La pression de sortie :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \dots\dots\dots (8)$$

AN :

$$S = 8,038 \text{ cm}^2$$

$$P = 3,643 \text{ bar}$$

b) La pression de rentrée :

$$S = S_{\text{piston}} - S_{\text{tige}} = \frac{\pi D_{\text{piston}}^2}{4} - \frac{\pi D_{\text{tige}}^2}{4} \dots\dots\dots (9)$$

AN:

$$S = 6,907 \text{ cm}^2$$

$$P = 4,239 \text{ bar}$$

**III.2.3.2. Pour le vérin (2):**

$$P = \frac{F'}{S}$$

a) La pression de sortie :

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

AN :

$$S = 12,56\text{cm}^2$$

$$P = 5,550\text{bar}$$

b) La pression de rentrée :

AN:

$$S = 11,02\text{cm}^2$$

$$P = 6,32 \text{ bar}$$

**III.2.4. Calcul à la stabilité élastique de la tige du vérin:****III.2.4.1. Résistance au flambage :**

On dit qu'il y a flambage pour une poutre quand elle se déforme sous l'action de deux forces axiales opposées. C'est un phénomène qui se produit très brutalement pour une certaine valeur de la charge qu'on appelle charge critique. Pour une charge inférieure à la charge critique, la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement dû à la compression. Puis, lorsque la charge atteint la valeur critique la poutre se plie, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement. C'est un phénomène d'instabilité.

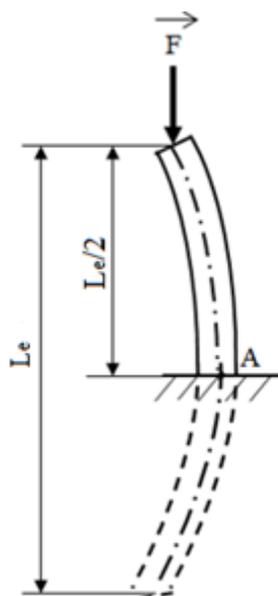


Figure III.2 : Poutre encastree à une extremité et libre à l'autre

III.2.4.2. Calcul de l'elancement :

L'elancement est donne par la formule suivante :

$$\lambda = \frac{\mu L}{i} \dots\dots\dots (10)$$

Avec :

$\lambda$  : Elancement de la tige

$i$  : Rayon de giration

$\mu$  : Encastrement libre ( $\mu = 2$ ) dans le cas d'une poutre encastree - libre

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{et} \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\longrightarrow i = \sqrt{\frac{d^2}{16}}$$

**AN:**

**a) Pour le vérin (1) :**

$$i = 3$$

$$\lambda = 43,33$$

**b) Pour le vérin (2) :**

$$i = 4$$

$$\lambda = 95$$

On vérifie la stabilité élastique de la tige comme suit :

Si  $\lambda > \lambda_{\text{lim}}$  : Risque de flambement.

Si  $\lambda < \lambda_{\text{lim}}$  : La stabilité élastique est vérifiée.

❖ **Calcul de l'élancement limite  $\lambda_{\text{lim}}$  :**

L'élancement limite est donné par la formule suivante :

$$\lambda_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{E\pi^2}{\sigma_0}}$$

**AN:**

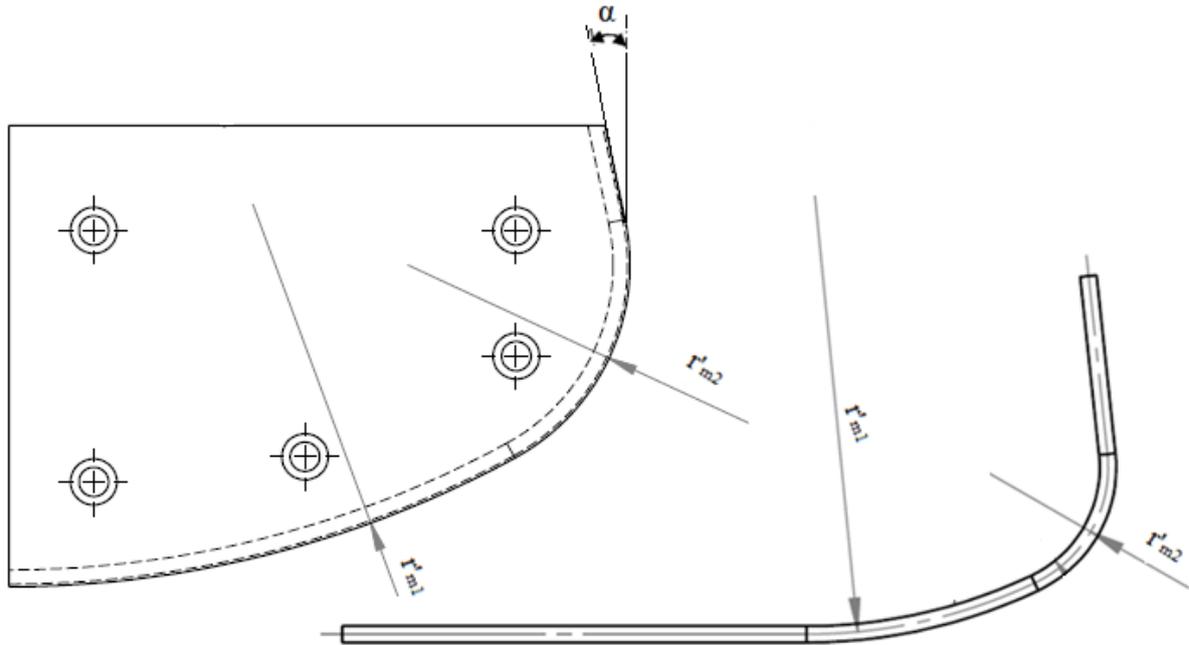
$$\sigma_0 = 190 \text{ N/mm (Acier inoxydable)}$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 102$$

$\lambda < \lambda_{\text{lim}}$  : La stabilité élastique est vérifiée.

**III.3. Dimensionnement de la pièce (12):**

**III.3.1. Calcul des rayons :**



$$\frac{r_m}{r'_m} = 1 - \frac{3k(1-\nu^2)}{E(n+2)\left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{1+n}{2}}} \left(\frac{2r_m}{e}\right)^{1-n} \dots\dots\dots(11)$$

Avec :

$$r'_{m1} = 256,5 \text{ mm}$$

$$r'_{m2} = 62,5 \text{ mm}$$

$$k = 600 \text{ N/mm}^2$$

$$n = 0,18$$

$$E = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$e = 8 \text{ mm}$  (en cintrage en prend le diamètre)

**AN:**

Après développement de l'équation (11), on obtient :

**a) Pour  $r_1$  :**

$$r_{m1} = 239,78\text{m}$$

**b) Pour  $r_2$  :**

$$r_{m2} = 58,42\text{mm}$$

## IV.1. Les vérins pneumatiques :

### IV.1.1. Rôle du vérin :

Le vérin pneumatique fait partie des actionneurs pneumatiques. L'énergie mécanique est produite sous forme d'un mouvement permettant de provoquer un déplacement ou de créer une force.



Figure IV.1 : Schéma de transformation de l'énergie

### IV.1.2. Constitution d'un vérin :

Quelque soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments.

Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps. Ce dernier est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés les orifices d'alimentation en air comprimé.

Les espaces vides qui peuvent être remplis d'air comprimé s'appellent les chambres

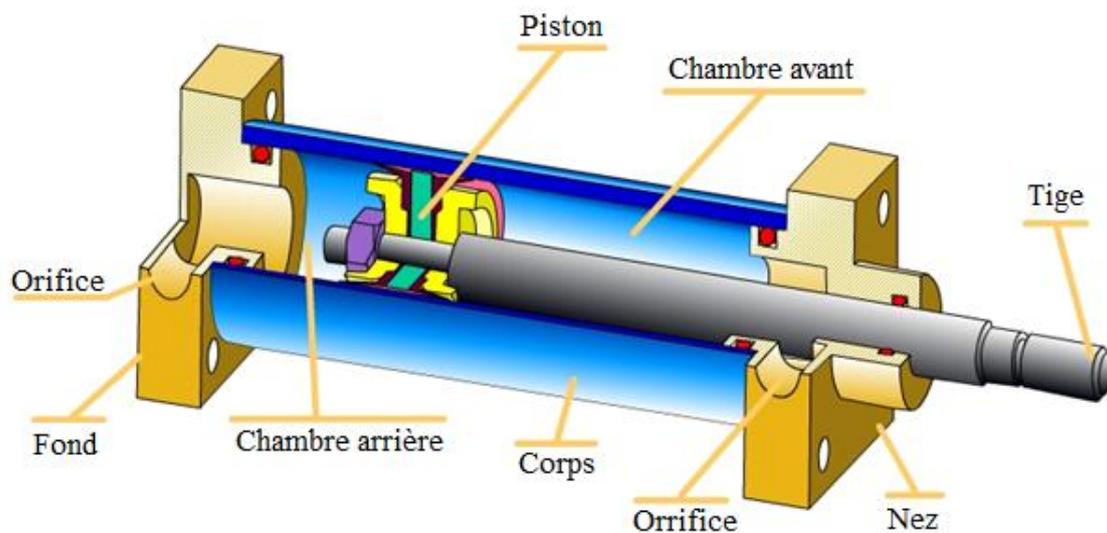


Figure IV.2 : représentation des éléments d'un vérin

### IV.1.3. Type de vérins :

Il existe deux types de vérins pneumatiques : vérin simple effet et vérin double effet

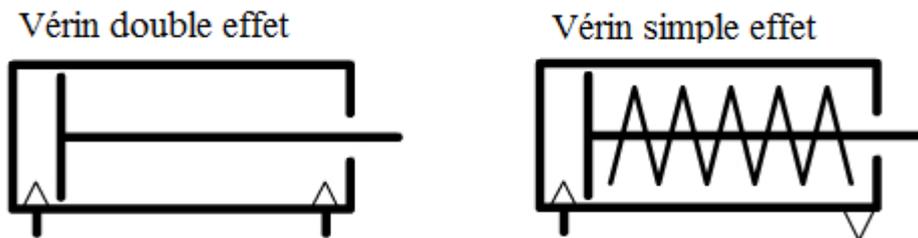


Figure IV.3 : Type de vérins

#### IV.1.3.1. Vérin à simple effet :

##### ❖ Principe de fonctionnement

Un des deux mouvements de la tige est obtenu à l'aide d'un ressort de rappel qui se comprime lorsque s'effectue l'autre mouvement.

La position obtenue lorsque le ressort se détend (en absence d'air comprimé dans l'autre chambre) s'appelle la position repos.

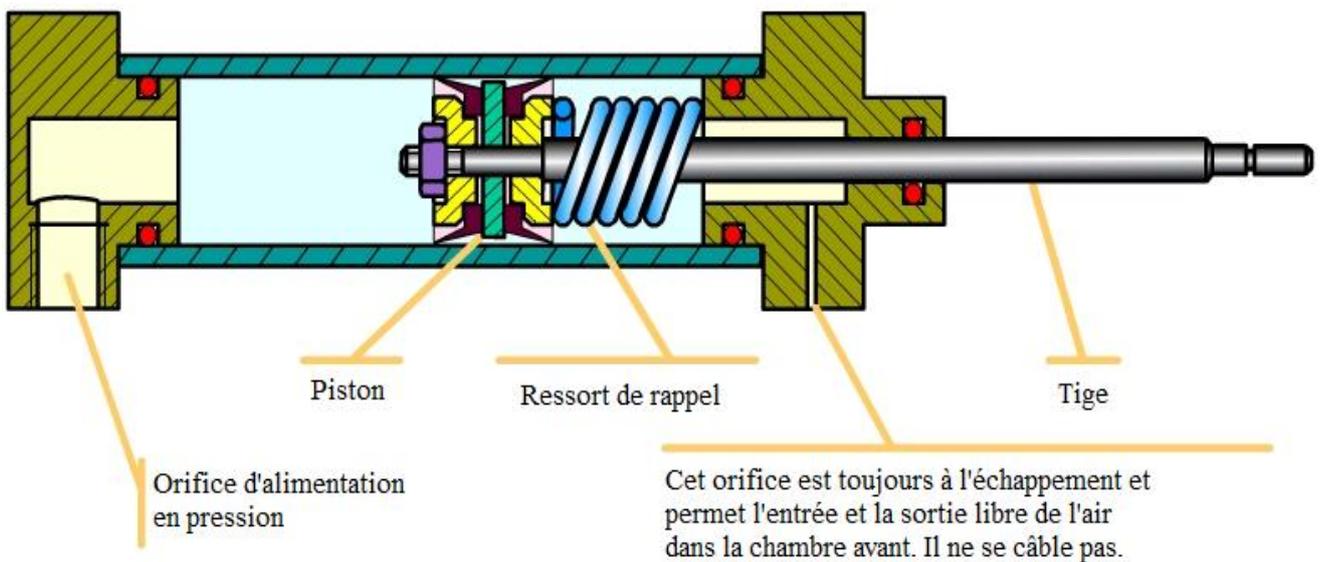


Figure IV.4 : Vérin simple effet

### IV.1.3.2. Vérin à double effet :

#### ❖ Principe de fonctionnement :

C'est l'air comprimé qui, pousse sur le piston, la tige se déplace. L'air présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué du corps du vérin. Le mouvement contraire est obtenu en inversant le sens de déplacement de l'air comprimé.

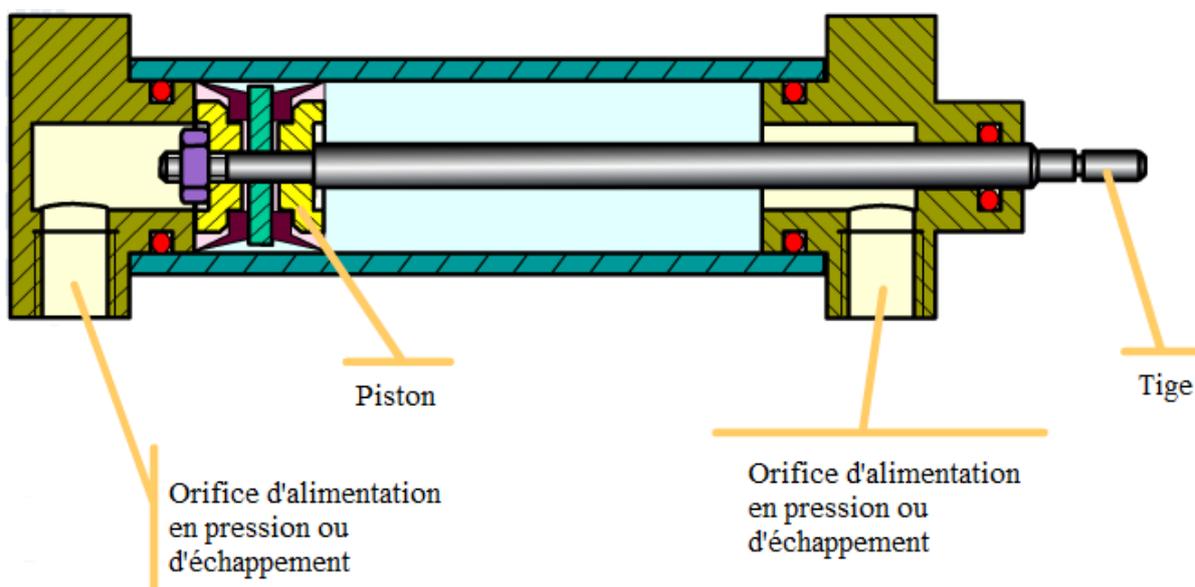


Figure IV.5 : Vérin à double effet

## IV.2. Les distributeurs pneumatiques :

### IV.2.1. Rôle du distributeur :

Les chambres d'un vérin en fonctionnement, doivent être alternativement mises à la pression et à l'échappement. Il n'est pas question de modifier les branchements des différents tuyaux.

Le distributeur aura pour rôle de réaliser les deux configurations possibles de branchements, en fonction d'un signal de commande extérieur.

#### IV.2.2. Principe de fonctionnement :

Schématiquement, un distributeur sera constitué d'un tiroir percé de canalisations. Ce tiroir pourra occuper (en glissant) deux positions différentes à l'intérieur du corps.

Le corps est lui-même percé d'orifices qui sont mis en communication deux à deux selon la position occupée par le tiroir.

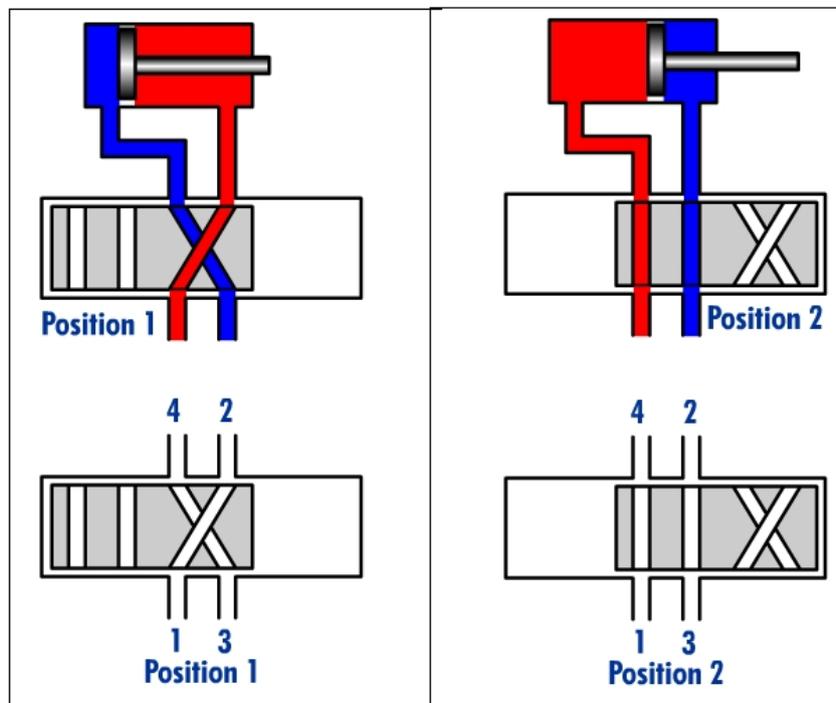
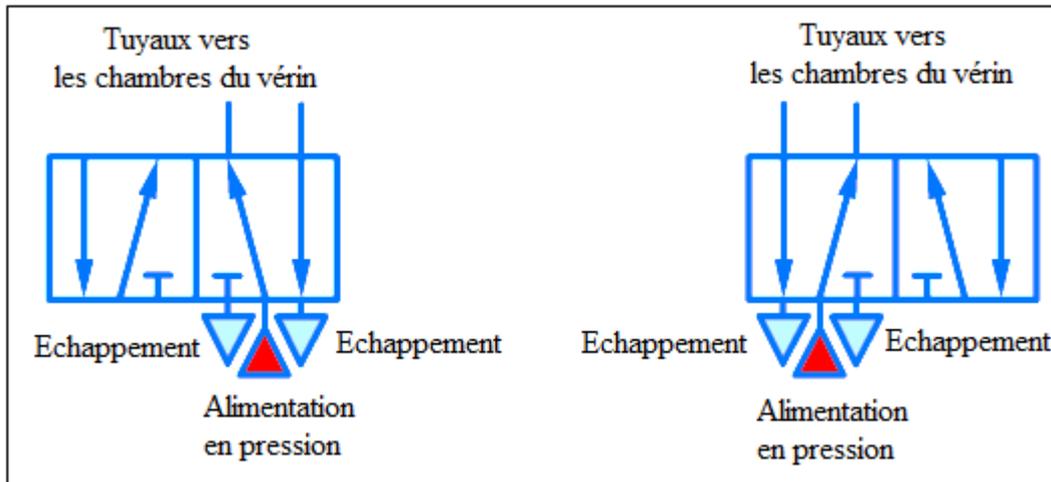


Figure IV.6 : Représentation de deux positions d'un distributeur

#### IV.2.3. Distributeur 5/2 :

Le distributeur 5/2 est utilisé par les vérins doubles effet au même titre qu'un distributeur 4/2.

Le 5/2 possède un orifice d'échappement par chambre du vérin.

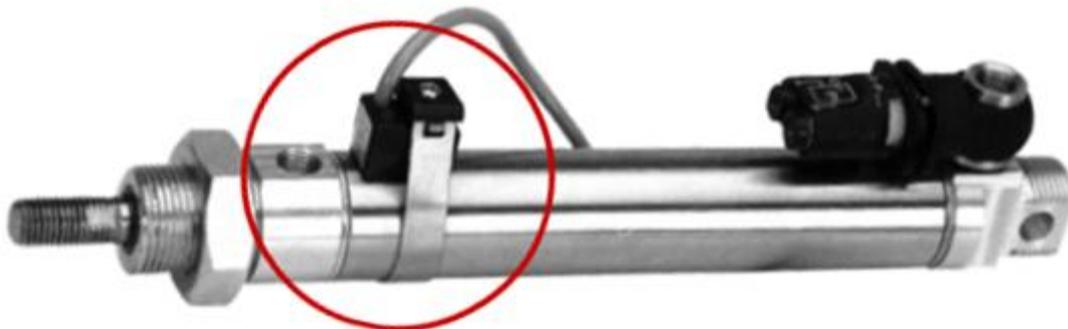


**Figure IV.7 : Schématisation d'un distributeur 5/2**

### IV.3. Capteur de position magnétique :

Les capteurs de position sont de plus en plus employés dans les systèmes automatisés

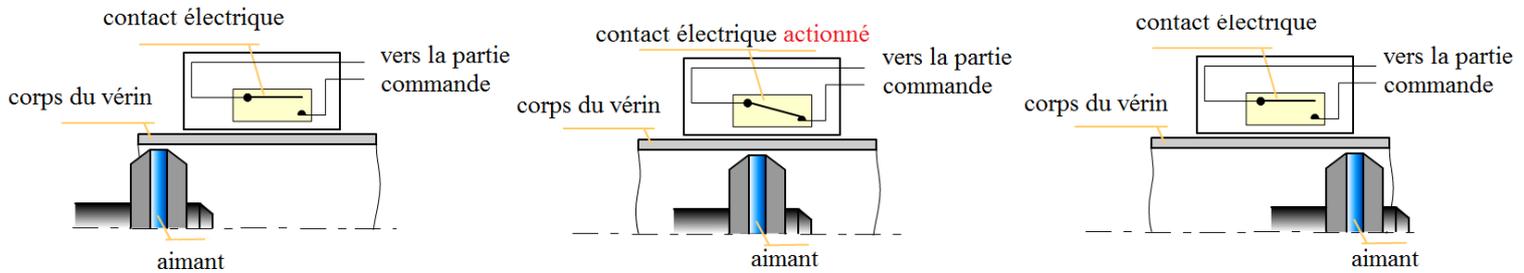
Ils sont directement fixés sur le corps d'un vérin dont le piston comporte un aimant (gain de place et simplicité d'utilisation).



**Figure IV.8 : Capteur de position magnétique**

Lorsque l'aimant passe à proximité du capteur, le contact électrique se ferme et l'information est donnée à la partie commande.

Lorsque l'aimant s'éloigne du capteur, le contact s'ouvre et le circuit n'est plus établi.



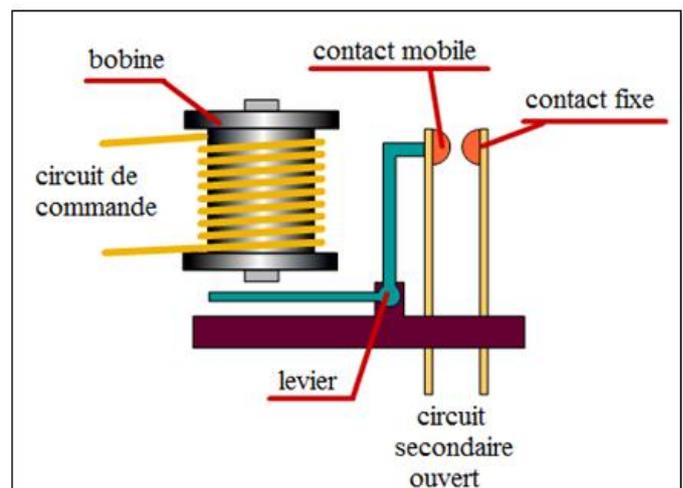
#### IV.4. Relais :

Le relais électromagnétique est un constituant de la famille des préactionneurs.

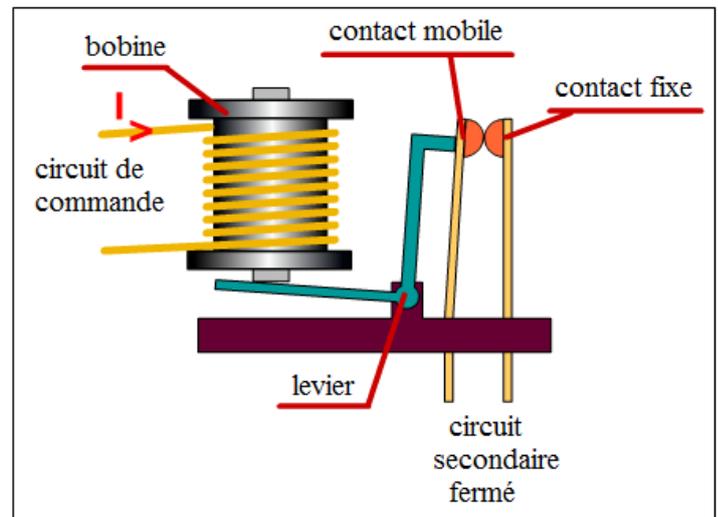
Il permet d'établir la commutation d'un circuit en fonction d'un signal extérieur.

Le circuit commuté peut être un circuit de commande ou un circuit de puissance alimentant un actionneur électrique.

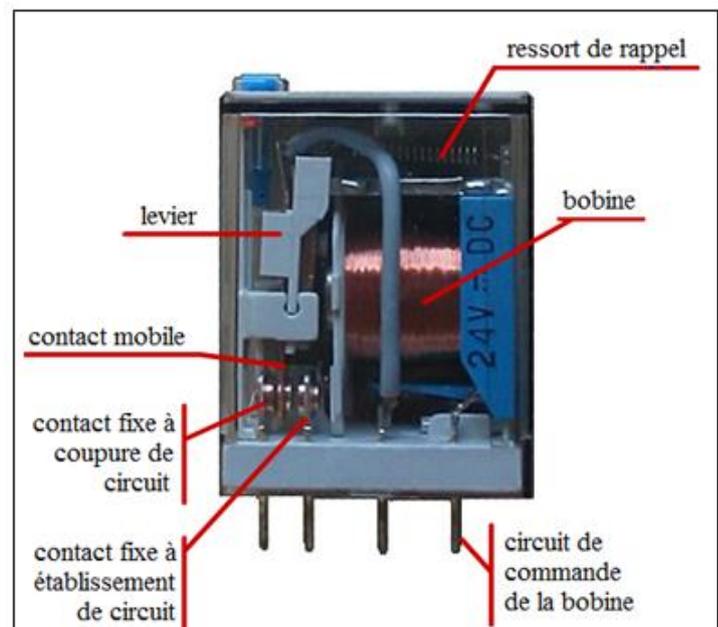
Sur cet exemple, le relais dispose d'un seul contact à établissement de circuit. Tant que la bobine n'est pas alimentée le contact est ouvert.



Lorsque la bobine est alimentée, elle se comporte comme un électro-aimant et attire le levier. Le contact mobile est poussé par le levier vers le contact fixe. Le circuit secondaire est alors fermé.



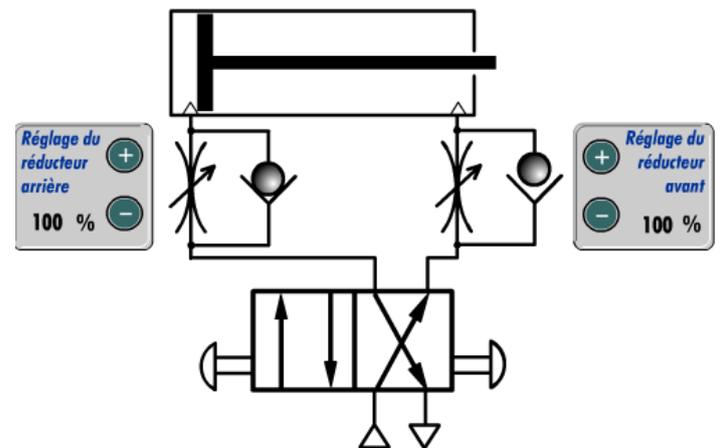
Les relais électromagnétiques sont équipés de plusieurs séries de contacts à établissement et à coupure de circuit.



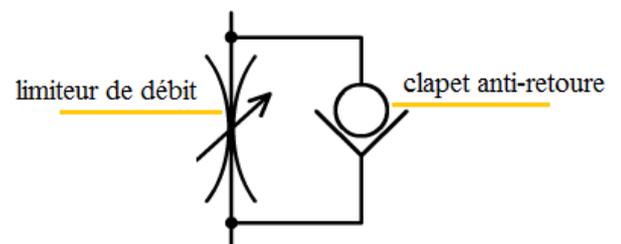
### IV.5. Réducteur de débit unidirectionnel :

Le vérin est équipé d'un réducteur de débit unidirectionnel pour chaque orifice. Chaque mouvement aura donc sa propre vitesse d'exécution.

Les réducteurs de débit sont réglables avec un taux d'ouverture pouvant aller de 0% (canalisation fermée) à 100% (canalisation totalement ouverte).

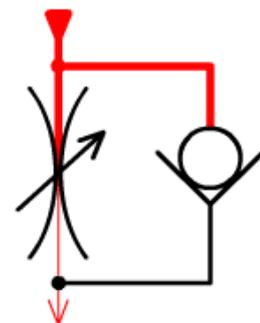


Un réducteur de débit unidirectionnel est constitué de l'association d'un clapet anti-retour et d'une restriction réglable (limiteur de débit).

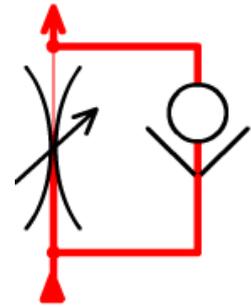


Grâce au clapet anti-retour, le réducteur de débit unidirectionnel permet d'obtenir deux débits différents selon le sens de passage d'air :

La pression plaque la bille sur son siège et l'air ne peut poursuivre son chemin qu'en passant par la restriction. Dans ce sens, le débit est réduit.



La pression pousse la bille qui s'écarte de son siège et l'air peut poursuivre son chemin par la canalisation la plus large. Dans ce sens, le débit est maximum.



#### IV.6. Compresseur :

Pour produire l'air comprimé, on utilise des compresseurs qui augmentent la pression de l'air.

Une quantité d'air est enfermée dans une enceinte dont le volume est diminué pour augmenter la pression. On distingue les compresseurs alternatifs (à piston ou à membrane) et les compresseurs à piston rotatif (multicellulaires à palettes ou hélicoïdaux).

Ces compresseurs permettent d'atteindre des pressions élevées avec un débit moyen.

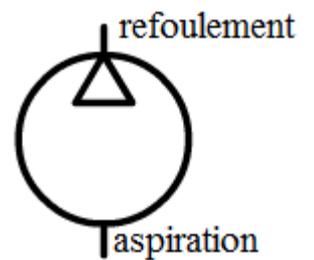


Figure IV.9 : Exemple d'un distributeur volumique

### IV.7. Electrovanne :

Une électrovanne ou électrovalve est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit.

Il existe deux types d'électrovannes : « tout ou rien » et « proportionnelle ».

Les électrovannes dites de « tout ou rien » ne peuvent s'ouvrir qu'en entier ou pas du tout. L'état change suivant qu'elles sont alimentées électriquement ou non.

Les électrovannes proportionnelles sont celles qui peuvent être ouvertes avec plus ou moins d'amplitude en fonction du besoin.

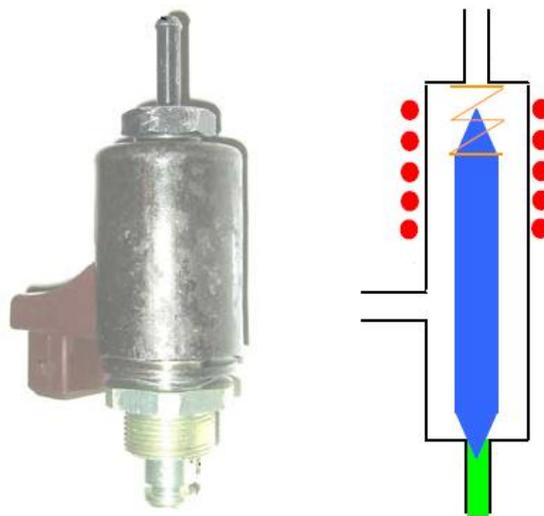


Figure IV.10 : Exemple d'une électrovanne

Éléments principaux :

- en bleu : le noyau métallique mobile réalisant l'aiguillage du liquide
- en orange : le ressort maintenant en position le noyau en l'absence d'alimentation électrique
- en rouge : le bobinage (vu en coupe) éventuellement alimenté électriquement

**V.1. Introduction :**

CATIA est un logiciel de conception et de fabrication trois dimensions (volumique et surfacique) de nouvelle génération, il est organisé en modules fonctionnels nommés « Ateliers » permettant chacun de créer ou de modifier un type d'objet bien précis.

**V.2. Programmes de fabrication :****V.2.1. Calcule des vitesses de coupe :**

$$N = \frac{1000.V_c}{\pi.D}$$

$$V_a = N.f.z$$

**• Pour l'ébauche :**

$$V_c = 30 \text{ m/min} ; f = 0.1 \text{ mm/dent} ; D = 6 \text{ mm} ; z = 2$$

AN/

$$N = 1592 \text{ tr/min}$$

$$V_a = 318 \text{ mm/min}$$

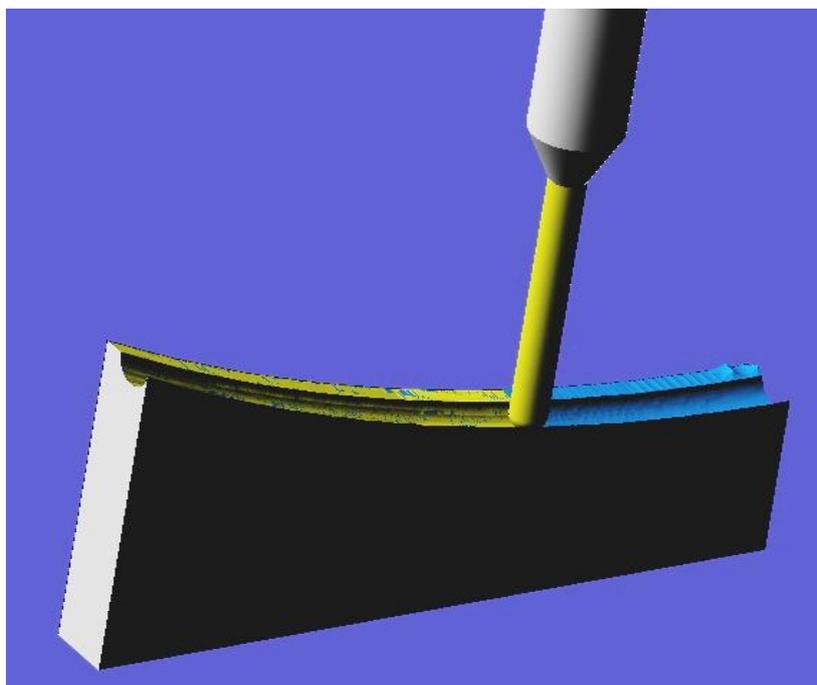
**• Pour la finition :**

$$V_c = 40 \text{ m/min} ; f = 0.08 \text{ mm/dent} ; D = 6 \text{ mm} ; z = 2$$

AN/

$$N = 2123 \text{ tr/min}$$

$$V_a = 339 \text{ mm/min}$$

**V.2.2. Programme de fabrication de la contre forme (1) :**

N1 G90 G94 G0 G97	N28 X5.1	N55 Y5.1
N2 T0001 M6	N29 X4.2117 Y7.7883	N56 X104.8209 Y4.3063
N3 G40 X106.2375 Y-6.1 S1592 M3	N30 X5.1 Y6.9	N57 X104.2137 Y5.1
N4 G43 Z9.1	N31 Y5.1	N58 X104.8742 Y6.9
N5 G1 Z-1. F3000000.	N32 X4.2117 Y4.2117	N59 X106.0427 Y7.6426
N6 Y0	N33 X5.1 Y5.1	N60 X104.8742 Y6.9
N7 X111.2966 F1000.	N34 X106.2375	N61 X5.1
N8 X111.2943 Y3.9437	N35 Z9. F318.	N62 X4.2117 Y7.7883
N9 X111.6297 Y5.4747	N36 G0 Z9.1	N63 X5.1 Y6.9
N10 X111.9264 Y5.9995	N37 X104.2137 Y-6.1	N64 Y5.1
N11 X113.0742 Y7.0927	N38 G1 Z-.9F3000000.	N65 X4.2117 Y4.2117
N12 X114.0259 Y7.5687	N39 Z-2.	N66 X5.1 Y5.1
N13 X116. Y7.9243	N40 Y0	N67 X104.2137
N14 Y8.059	N41 X109.2687 F1000.	N68 Z8. F318.
N15 X113.9473 Y8.4653	N42 X109.2979 Y3.9876	N69 G0 Z8.1
N16 X112.3825 Y9.4458	N43 X109.7594 Y5.729	N70 X102.4238 Y-6.1
N17 X111.6276 Y10.4899	N44 X110.6776 Y6.8042	N71 G1 Z-1.9 F3000000.
N18 X111.3111 Y12.	N45 X111.6129 Y7.3792	N72 Z-3.
N19 X0	N46 X113.8909 Y8.0596	N73 Y0
N20 Y0	N47 X112.9717 Y8.1881	N74 X107.2628 F1000.
N21 X106.2375	N48 X111.4582 Y8.6711	N75 X107.3015 Y3.9311
N22 Y5.1	N49 X110.7587 Y9.1177	N76 X107.5437 Y5.2541
N23 X106.8546 Y4.2979	N50 X109.743 Y10.2416	N77 X108.0877 Y6.1996
N24 X106.2375 Y5.1	N51 X109.2677 Y12.	N78 X109.4614 Y7.3106
N25 X106.8899 Y6.9	N52 X0	N79 X112.1537 Y8.0235
N26 X108.0577 Y7.6441	N53 Y0	N80 X110.4549 Y8.2913
N27 X106.8899 Y6.9	N54 X104.2137	N81 X108.6822 Y9.1552

N82 X107.7031 Y10.282	N109 X106.1234 Y6.246	N136 X-6.1 Y6.
N83 X107.269 Y12.	N110 X107.5771 Y7.3632	N137 G1 Z-3.9 F3000000.
N84 X0	N111 X109.9869 Y8.054	N138 Z-5.
N85 Y0	N112 X109.016 Y8.1784	N139 X0
N86 X102.4238	N113 X107.4472 Y8.657	N140 Y0 F1000.
N87 Y5.1	N114 X106.0507 Y9.751	N141 X98.4055 Y-.0012
N88 X103.1383 Y4.2782	N115 X105.4791 Y10.7092	N142 X103.2104 Y-.0013
N89 X102.4238 Y5.1	N116 X105.2624 Y12.	N143 X103.3086 Y.508
N90 X102.8736 Y6.9	N117 X0	N144 X103.3123 Y4.0191
N91 X103.9232 Y7.6341	N118 Y0	N145 X103.5483 Y5.2413
N92 X102.8736 Y6.9	N119 X100.3912	N146 X104.6121 Y6.7291
N93 X5.1	N120 Y5.1	N147 X105.7298 Y7.4188
N94 X4.2117 Y7.7883	N121 X101.0831 Y4.2971	N148 X108.2137 Y8.015
N95 X5.1 Y6.9	N122 X100.3912 Y5.1	N149 X106.4551 Y8.2782
N96 Y5.1	N123 X100.4804 Y5.6688	N150 X104.6691 Y9.141
N97 X4.2117 Y4.2117	N124 X100.7826 Y6.9	N151 X103.6752 Y10.2667
N98 X5.1 Y5.1	N125 X101.8605 Y7.6796	N152 X103.2266 Y12.
N99 X102.4238	N126 X100.7826 Y6.9	N153 X0
N100 Z7. F318.	N127 X5.1	N154 Y6.
N101 G0 Z7.1	N128 X4.2117 Y7.7883	N155 Z5. F318.
N102 X100.3912 Y-6.1	N129 X5.1 Y6.9	N156 G0 Z6.1
N103 G1 Z-2.9 F3000000.	N130 Y5.1	N157 X98.4055 Y4.1041
N104 Z-4.	N131 X4.2117 Y4.2117	N158 G1 Z-3.9 F3000000.
N105 Y0	N132 X5.1 Y5.1	N159 Y-.0012 Z-5.
N106 X105.2369 F1000.	N133 X100.3912	N160 Y5.0988 F1000.
N107 X105.305 Y3.9749	N134 Z6. F318.	N161 X99.1446 Y4.2804
N108 X105.5588 Y5.2989	N135 G0 Z6.1	N162 X98.4055 Y5.0988

N163 X98.4087 Y5.1293	N190 X101.1835 Y12.	N217 X101.5089 Y7.4885
N164 X98.7896 Y6.9	N191 X0	N218 X103.6574 Y8.0585
N165 X99.8561 Y7.6687	N192 Y0	N219 X102.3589 Y8.2574
N166 X98.7896 Y6.9	N193 X96.0446	N220 X100.4869 Y9.1135
N167 X5.1	N194 Y5.1	N221 X99.5305 Y10.1418
N168 X4.2117 Y7.7883	N195 X96.6589 Y4.2999	N222 X98.9842 Y12.
N169 X5.1 Y6.9	N196 X96.0446 Y5.1	N223 X0
N170 Y5.0999	N197 X96.7008 Y6.9	N224 Y0
N171 X4.2117 Y4.2117	N198 X97.8436 Y7.6267	N225 X93.926
N172 X5.1 Y5.0999	N199 X96.7008 Y6.9	N226 Y5.1
N173 X98.4055 Y5.0988	N200 X5.1	N227 X94.668 Y4.279
N174 Z5. F318.	N201 X4.2117 Y7.7883	N228 X93.926 Y5.1
N175 G0 Z5.1	N202 X5.1 Y6.9	N229 X94.3152 Y6.9
N176 X96.0446 Y-6.1	N203 Y5.1	N230 X95.5867 Y7.8135
N177 G1 Z-4.9 F3000000.	N204 X4.2117 Y4.2117	N231 X94.3152 Y6.9
N178 Z-6.	N205 X5.1 Y5.1	N232 X5.1
N179 Y0	N206 X96.0446	N233 X4.2117 Y7.7883
N180 X101.1042 F1000.	N207 Z4. F318.	N234 X5.1 Y6.9
N181 X101.0905 Y3.9449	N208 G0 Z4.1	N235 Y5.1
N182 X101.379 Y5.3719	N209 X93.926 Y-6.1	N236 X4.2117 Y4.2117
N183 X101.9909 Y6.3227	N210 G1 Z-5.9 F3000000.	N237 X5.1 Y5.1
N184 X103.661 Y7.4569	N211 Z-7.	N238 X93.926
N185 X105.97 Y8.0395	N212 Y0	N239 Z3. F318.
N186 X104.5672 Y8.2302	N213 X98.8559 F1000.	N240 G0 Z3.1
N187 X103.4397 Y8.6432	N214 X98.8471 Y3.9694	N241 X91.5782 Y-6.1
N188 X102.0812 Y9.6399	N215 X99.3688 Y5.8159	N242 G1 Z-6.9 F3000000.
N189 X101.458 Y10.5941	N216 X100.3731 Y6.8978	
N34084 Y5.7042 Z-30.5021	N34085 Y6.6564 Z-31.5772	N34086 Y6.9986 Z-32.966

N34087 Y7.0107 Z-33.0587	N34114 Y2.2823 Z-29.9975	N34141 Y7.616 Z-33.4923
N34088 Y7.1175 Z-33.2158	N34115 Y.01 Z-29.9826	N34142 Y7.3317 Z-33.378
N34089 Y7.33 Z-33.3758	N34116 X1. Z-29.9842	N34143 Y7.1196 Z-33.219
N34090 Y7.615 Z-33.4907	N34117 Y2.2567 Z-29.998	N34144 Y7.0129 Z-33.0644
N34091 Y7.9394 Z-33.5403	N34118 Y4. Z-29.9841	N34145 Y6.9988 Z-32.9739
N34092 Y8.3037 Z-33.5101	N34119 Y4.3616 Z-29.9975	N34146 Y6.6564 Z-31.5842
N34093 Y8.5964 Z-33.4132	N34120 Y5.7042 Z-30.5068	N34147 Y5.7042 Z-30.5092
N34094 Y8.8084 Z-33.2825	N34121 Y6.6564 Z-31.5819	N34148 Y4.3616 Z-29.9998
N34095 Y8.9389 Z-33.1481	N34122 Y6.9987 Z-32.9712	N34149 Y4. Z-29.9857
N34096 Y8.9957 Z-33.0447	N34123 Y7.0122 Z-33.0625	N34150 Y2.231 Z-29.9984
N34097 Y9.086 Z-32.2862	N34124 Y7.1189 Z-33.218	N34151 Y0 Z-29.9857
N34098 X1.1 Z-32.2867	N34125 Y7.3311 Z-33.3773	N34152 X.8 Z-29.9873
N34099 Y8.9949 Z-33.0471	N34126 Y7.6157 Z-33.4918	N34153 Y2.2053 Z-29.9987
N34100 Y8.966 Z-33.1056	N34127 Y7.9395 Z-33.5411	N34154 Y4. Z-29.9873
N34101 Y8.8076 Z-33.2836	N34128 Y8.297 Z-33.5124	N34155 Y4.3616 Z-30.0022
N34102 Y8.5933 Z-33.4151	N34129 Y8.5902 Z-33.417	N34156 Y5.7042 Z-30.5115
N34103 Y8.3003 Z-33.5113	N34130 Y8.8068 Z-33.2846	N34157 Y6.6564 Z-31.5866
N34104 Y7.9394 Z-33.5407	N34131 Y8.9652 Z-33.1073	N34158 Y7. Z-32.9812
N34105 Y7.6153 Z-33.4913	N34132 Y8.994 Z-33.0494	N34159 Y7.0137 Z-33.0663
N34106 Y7.3305 Z-33.3765	N34133 Y9.0872 Z-32.2772	N34160 Y7.1096 Z-33.2091
N34107 Y7.1182 Z-33.2169	N34134 X.9 Z-32.2777	N34161 Y7.3323 Z-33.3786
N34108 Y7.0114 Z-33.0606	N34135 Y8.9932 Z-33.0517	N34162 Y7.6164 Z-33.4927
N34109 Y6.9986 Z-32.9686	N34136 Y8.9644 Z-33.109	N34163 Y7.9396 Z-33.5419
N34110 Y6.6564 Z-31.5795	N34137 Y8.806 Z-33.2856	N34164 Y8.2903 Z-33.5145
N34111 Y5.7042 Z-30.5044	N34138 Y8.5871 Z-33.4188	N34165 Y8.584 Z-33.4206
N34112 Y4.3616 Z-29.9951	N34139 Y8.2937 Z-33.5135	N34166 Y8.8051 Z-33.2867
N34113 Y4. Z-29.9825	N34140 Y7.9396 Z-33.5415	N34167 Y8.9636 Z-33.1106

N34168 Y8.9923 Z-33.054	N34195 Y6.1311 Z-30.9982	N34222 Y7.3342 Z-33.3804
N34169 Y9.0872 Z-32.2782	N34196 Y6.2002 Z-31.0508	N34223 Y7.116 Z-33.2164
N34170 X.7 Z-32.2787	N34197 Y6.2392 Z-31.1203	N34224 Y7.016 Z-33.0718
N34171 Y8.9913 Z-33.0563	N34198 Y6.6564 Z-31.5913	N34225 Y6.999 Z-32.9843
N34172 Y8.9662 Z-33.106	N34199 Y6.8069 Z-32.2021	N34226 Y6.9572 Z-32.8147
N34173 Y8.8043 Z-33.2876	N34200 Y6.854 Z-32.2966	N34227 Y6.8721 Z-32.2921
N34174 Y8.5809 Z-33.4224	N34201 Y6.919 Z-32.6541	N34228 Y6.788 Z-32.128
N34175 Y8.287 Z-33.5155	N34202 Y7. Z-32.9859	N34229 Y6.6564 Z-31.5937
N34176 Y7.9171 Z-33.5411	N34203 Y7.0152 Z-33.07	N34230 Y6.4527 Z-31.3637
N34177 Y7.6167 Z-33.4931	N34204 Y7.1138 Z-33.214	N34231 Y6.4344 Z-31.3196
N34178 Y7.3329 Z-33.3792	N34205 Y7.3335 Z-33.3798	N34232 Y6.3212 Z-31.2152
N34179 Y7.1117 Z-33.2115	N34206 Y7.6171 Z-33.4935	N34233 Y6.2141 Z-31.0385
N34180 Y7.0144 Z-33.0681	N34207 Y7.9204 Z-33.5415	N34234 Y6.0773 Z-30.9399
N34181 Y7. Z-32.9835	N34208 Y8.2836 Z-33.5165	N34235 Y5.7042 Z-30.5186
N34182 Y6.6564 Z-31.589	N34209 Y8.5778 Z-33.424	N34236 Y5.4083 Z-30.4063
N34183 Y5.7042 Z-30.5139	N34210 Y8.8034 Z-33.2886	N34237 Y5.3747 Z-30.3808
N34184 Y4.3616 Z-30.0046	N34211 Y8.9649 Z-33.1086	N34238 Y5.1778 Z-30.3189
N34185 Y4. Z-29.9889	N34212 Y8.9999 Z-33.0118	N34239 Y5.0489 Z-30.2342
N34186 Y2.1797 Z-29.999	N34213 Y9.0872 Z-32.2792	N34240 Y4.8935 Z-30.211
N34187 Y0 Z-29.9889	N34214 X.5 Z-32.2796	N34241 Y4.3616 Z-30.0093
N34188 X.6 Z-29.9905	N34215 Y8.9995 Z-33.0143	N34242 Y4. Z-29.9921
N34189 Y4.	N34216 Y8.9635 Z-33.1111	N34243 Y0
N34190 Y4.3616 Z-30.0069	N34217 Y8.8025 Z-33.2895	N34244 X.4 Z-29.9937
N34191 Y4.9899 Z-30.2453	N34218 Y8.5746 Z-33.4257	N34245 Y4.
N34192 Y5.0423 Z-30.2516	N34219 Y8.2803 Z-33.5173	N34246 Y4.3616 Z-30.0116
N34193 Y5.0858 Z-30.2816	N34220 Y7.9237 Z-33.5419	N34247 Y4.8298 Z-30.1892
N34194 Y5.7042 Z-30.5162	N34221 Y7.6175 Z-33.4938	N34248 Y5.0543 Z-30.22

N34249 Y5.2045 Z-30.3237	N34276 Y8.8058 Z-33.2872	N34303 X.2 Z-29.9968
N34250 Y5.3817 Z-30.3674	N34277 Y8.5683 Z-33.4279	N34304 Y4.
N34251 Y5.4503 Z-30.4246	N34278 Y8.2736 Z-33.5189	N34305 Y4.3616 Z-30.0163
N34252 Y5.7042 Z-30.5209	N34279 Y7.9303 Z-33.5426	N34306 Y4.7412 Z-30.1603
N34253 Y6.0329 Z-30.8921	N34280 Y7.6183 Z-33.4942	N34307 Y5.0615 Z-30.2012
N34254 Y6.2255 Z-31.0284	N34281 Y7.329 Z-33.3779	N34308 Y5.2127 Z-30.3056
N34255 Y6.3103 Z-31.19	N34282 Y7.1698 Z-33.2657	N34309 Y5.3911 Z-30.3495
N34256 Y6.4469 Z-31.311	N34283 Y7.0818 Z-33.1741	N34310 Y5.508 Z-30.4512
N34257 Y6.4813 Z-31.3983	N34284 Y7.0103 Z-33.0377	N34311 Y5.7042 Z-30.5257
N34258 Y6.6564 Z-31.596	N34285 Y6.9642 Z-32.6487	N34312 Y5.9716 Z-30.8275
N34259 Y6.7726 Z-32.0675	N34286 Y6.8982 Z-32.2857	N34313 Y6.2405 Z-31.0151
N34260 Y6.8868 Z-32.2885	N34287 Y6.7604 Z-32.0206	N34314 Y6.3259 Z-31.1778
N34261 Y6.9993 Z-32.9876	N34288 Y6.6564 Z-31.5984	N34315 Y6.4635 Z-31.2996
N34262 Y7.0169 Z-33.0737	N34289 Y6.5037 Z-31.426	N34316 Y6.5199 Z-31.4467
N34263 Y7.1181 Z-33.2187	N34290 Y6.4566 Z-31.3044	N34317 Y6.6564 Z-31.6007
N34264 Y7.3349 Z-33.381	N34291 Y6.3194 Z-31.1828	N34318 Y6.7516 Z-31.987
N34265 Y7.6179 Z-33.4941	N34292 Y6.2343 Z-31.0206	N34319 Y6.9064 Z-32.2837
N34266 Y7.927 Z-33.5423	N34293 Y5.9977 Z-30.8547	N34320 Y6.9725 Z-32.6477
N34267 Y8.2769 Z-33.5182	N34294 Y5.7042 Z-30.5233	N34321 Y7.0181 Z-33.0318
N34268 Y8.5715 Z-33.4273	N34295 Y5.4835 Z-30.4396	N34322 Y7.0897 Z-33.1708
N34269 Y8.8016 Z-33.2904	N34296 Y5.3872 Z-30.357	N34323 Y7.1793 Z-33.2635
N34270 Y8.9621 Z-33.1137	N34297 Y5.2093 Z-30.3131	N34324 Y7.3656 Z-33.3925
N34271 Y8.9991 Z-33.0169	N34298 Y5.0585 Z-30.209	N34325 Y7.5164 Z-33.4584
N34272 Y9.086 Z-32.2901	N34299 Y4.7791 Z-30.1724	N34326 Y7.7512 Z-33.5191
N34273 X.3 Y9.0347 Z- 32.6577	N34300 Y4.3616 Z-30.014	N34327 Y8.0105 Z-33.5403
N34274 Y8.9874 Z-33.0446	N34301 Y4. Z-29.9952	N34328 Y8.2488 Z-33.5193
N34275 Y8.9278 Z-33.1593	N34302 Y0	N34329 Y8.4821 Z-33.4574

N34330 Y8.6814 Z-33.363

N34331 Y8.7997 Z-33.2817

N34332 Y8.9264 Z-33.146

N34333 Y8.9824 Z-33.0273

N34334 Y9.0276 Z-32.6468

N34335 Z-26.6468 F339.

N34336 G0 Z.3772

N34337 X114.7 Y9.0872

N34338 G1 Z-3.6867

F3000000.

N34339 Y8.9817 Z-4.8411

N34340 Y8.7996 Z-5.1472

N34341 Y8.4911 Z-5.4333

N34342 Y8.7996 Z-5.2441  
F1000.

N34343 Y8.9817 Z-5.0163

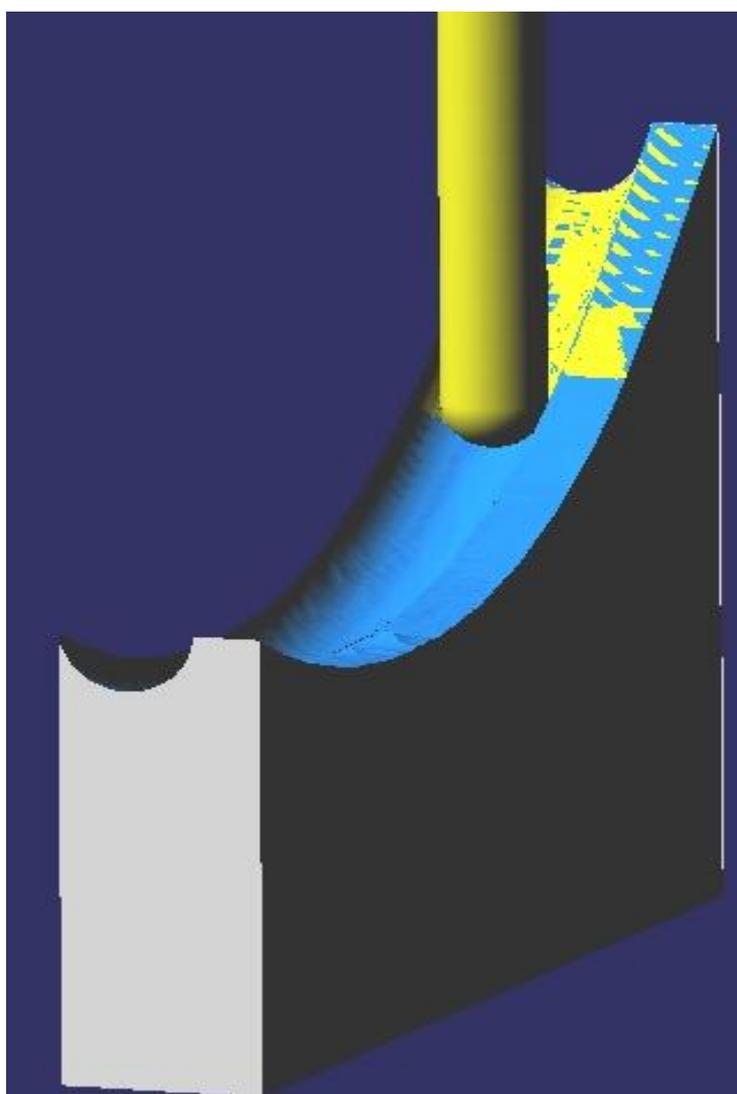
N34344 Y9.0872 Z-4.1071

N34345 Z1.8929 F339.

N34346 M5

N34347 M30

N34348 M2

**V.2.3. Programme de fabrication de la contre forme (2) :**

N1 G90 G94 G0 G97	N28 X22.9436 Y5.1	N55 X10.7617 Y6.9
N2 T0001 M6	N29 Y6.9	N56 X10.1538 Y5.1
N3 G40 X9.8385 Y18.1 S1592 M3	N30 X23.8319 Y7.7883	N57 X9.1117 Y4.4143
N4 G43 Z9.1108	N31 X22.9436 Y6.9	N58 X10.1538 Y5.1
N5 G1 Z-.9892 F30000000.	N32 X9.8385	N59 X51.2704
N6 Y12.	N33 Z9.0108 F318.	N60 X52.1587 Y4.2117
N7 X4.8311 F1000.	N34 G0 Z9.1108	N61 X51.2704 Y5.1
N8 X4.8364 Y8.042	N35 X10.7617 Y18.1	N62 Y6.9
N9 X4.437 Y6.3187	N36 G1 Z-.8892 F30000000.	N63 X52.1587 Y7.7883
N10 X3.4642 Y5.0851	N37 Z-1.9784	N64 X51.2704 Y6.9
N11 X2.4723 Y4.4613	N38 Y12.	N65 X10.7617
N12 X1.085 Y3.9567	N39 X5.7544 F1000.	N66 Z8.0216 F318.
N13 X2.1626 Y3.6782	N40 X5.7588 Y8.0369	N67 G0 Z8.1216
N14 X3.3423 Y3.0125	N41 X5.357 Y6.313	N68 X11.6849 Y18.1
N15 X4.4231 Y1.7116	N42 X4.3804 Y5.0787	N69 G1 Z-1.8784 F30000000.
N16 X4.8194 Y0	N43 X3.3815 Y4.4534	N70 Z-2.9676
N17 X28.0436	N44 X2.0218 Y3.9547	N71 Y12.
N18 Y12.	N45 X3.0949 Y3.6752	N72 X6.6776 F1000.
N19 X9.8385	N46 X4.271 Y3.0088	N73 X6.6812 Y8.0318
N20 Y6.9	N47 X4.9419 Y2.3354	N74 X6.2771 Y6.3074
N21 X9.2098 Y7.7049	N48 X5.5479 Y1.2387	N75 X5.2967 Y5.0722
N22 X9.8385 Y6.9	N49 X5.7122 Y0	N76 X4.2908 Y4.4454
N23 X9.2308 Y5.1	N50 X56.3704	N77 X2.9586 Y3.9527
N24 X8.1584 Y4.3942	N51 Y12.	N78 X4.0273 Y3.6722
N25 X9.2308 Y5.1	N52 X10.7617	N79 X5.1997 Y3.005
N26 X22.9436	N53 Y6.9	N80 X6.2729 Y1.7024
N27 X23.8319 Y4.2117	N54 X10.133 Y7.7049	N81 X6.6603 Y0

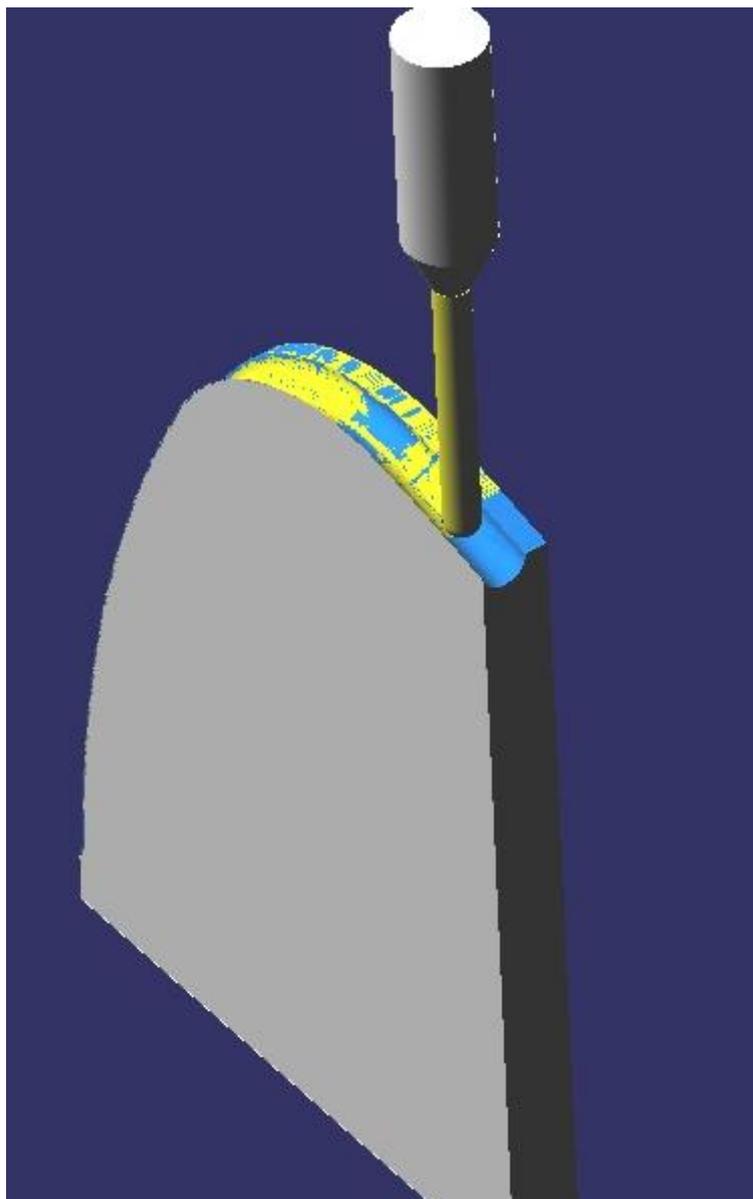
N82 X70.0719	N109 X3.8954 Y3.9507	N136 X8.5142 F1000.
N83 Y12.	N110 X4.9596 Y3.6693	N137 X8.5261 Y8.0216
N84 X11.6849	N111 X6.1283 Y3.0012	N138 X8.1171 Y6.2961
N85 Y6.9	N112 X7.1973 Y1.6978	N139 X7.1292 Y5.0593
N86 X11.0562 Y7.7049	N113 X7.5807 Y0	N140 X6.1094 Y4.4295
N87 X11.6849 Y6.9	N114 X70.0715	N141 X4.5848 Y3.9974
N88 X11.0767 Y5.1	N115 Y12.	N142 X5.8919 Y3.6663
N89 X10.0336 Y4.4137	N116 X12.5843	N143 X7.057 Y2.9975
N90 X11.0767 Y5.1	N117 Y6.9	N144 X8.1217 Y1.6931
N91 X64.9719	N118 X11.956 Y7.7023	N145 X8.5012 Y0
N92 X65.8602 Y4.2117	N119 X12.5843 Y6.9	N146 X70.037
N93 X64.9719 Y5.1	N120 X11.9881 Y5.1	N147 Y12.
N94 Y6.9	N121 X10.9119 Y4.3848	N148 X13.4476
N95 X65.8602 Y7.7883	N122 X11.9881 Y5.1	N149 Y6.9
N96 X64.9719 Y6.9	N123 X64.9715	N150 X12.6983 Y7.7479
N97 X11.6849	N124 X65.8598 Y4.2117	N151 X13.4477 Y6.9
N98 Z7.0324 F318.	N125 X64.9715 Y5.1	N152 X13.0295 Y5.1
N99 G0 Z7.1324	N126 Y6.9	N153 X11.9348 Y4.3205
N100 X12.5843 Y18.1	N127 X65.8598 Y7.7883	N154 X13.0295 Y5.1
N101 G1 Z-2.8676 F30000000.	N128 X64.9715 Y6.9	N155 X64.937
N102 Z-3.9568	N129 X12.5843	N156 X65.8253 Y4.2117
N103 Y12.	N130 Z6.0432 F318.	N157 X64.937 Y5.1
N104 X7.6009 F1000.	N131 G0 Z6.1432	N158 Y6.9
N105 X7.6037 Y8.0267	N132 X13.4476 Y18.1	N159 X65.8253 Y7.7883
N106 X7.1971 Y6.3018	N133 G1 Z-3.8568 F30000000.	N160 X64.937 Y6.9
N107 X6.213 Y5.0658	N134 Z-4.946	N161 X13.4476
N108 X5.2001 Y4.4375	N135 Y12.	N162 Z5.054 F318.

N163 G0 Z5.154	N190 Y6.9	N217 G1 Z-5.8352 F30000000.
N164 X14.431 Y18.1	N191 X65.7908 Y7.7883	N218 X15.3544 Y12.0014 Z- 6.9244
N165 G1 Z-4.846 F30000000.	N192 X64.9025 Y6.9	N219 X15.3543 Y6.9014 F1000.
N166 Z-5.9352	N193 X14.431	N220 X14.7261 Y7.7037
N167 Y12.	N194 Z4.0648 F318.	N221 X15.3543 Y6.9014
N168 X9.4475 F1000.	N195 G0 Z4.1648	N222 X14.7566 Y5.1
N169 X9.4486 Y8.0165	N196 X76.3979 Y6.	N223 X13.6703 Y4.3786
N170 X9.0366 Y6.2904	N197 G1 Z-5.8352 F30000000.	N224 X14.7566 Y5.1
N171 X8.0455 Y5.0529	N198 Z-6.9244	N225 X64.8679
N172 X7.0187 Y4.4216	N199 X69.9679	N226 X65.7562 Y4.2117
N173 X5.5205 Y3.9952	N200 Y12. F1000.	N227 X64.8679 Y5.1
N174 X6.8242 Y3.6633	N201 X15.3544 Y12.0014	N228 Y6.9001
N175 X7.9857 Y2.9937	N202 X10.3707 Y12.0015	N229 X65.7562 Y7.7884
N176 X9.0462 Y1.6884	N203 X10.371 Y8.0114	N230 X64.8679 Y6.9001
N177 X9.4216 Y0	N204 X9.9553 Y6.2845	N231 X15.3543 Y6.9014
N178 X70.0025	N205 X8.9617 Y5.0465	N232 Z3.0756 F318.
N179 Y12.	N206 X7.9279 Y4.4136	N233 G0 Z3.1756
N180 X14.431	N207 X6.4563 Y3.993	N234 X16.2745 Y18.1
N181 Y6.9	N208 X7.7565 Y3.6603	N235 G1 Z-6.8244 F30000000.
N182 X13.8028 Y7.7023	N209 X8.9143 Y2.9899	N236 Z-7.9136
N183 X14.431 Y6.9	N210 X9.9706 Y1.6837	N237 Y12.
N184 X13.8341 Y5.1	N211 X10.342 Y0	N238 X11.2776 F1000.
N185 X12.7475 Y4.3783	N212 X69.9679	N239 X11.2934 Y8.0063
N186 X13.8341 Y5.1	N213 Y6.	N240 X10.8741 Y6.2786
N187 X64.9025	N214 Z3.0756 F318.	N25236 Y4.9913 Z-3.8997
N188 X65.7908 Y4.2117	N215 G0 Z4.1648	
N189 X64.9025 Y5.1	N216 X15.3543 Y7.9364	

N25237 Y5.0696 Z-3.0263	N25264 Y5.5441 Z-1.7849	N25291 Y3.6687 Z-5.267
N25238 Y5.2577 Z-2.5706	N25265 Y5.5252 Z-1.8352	N25292 Y3.8347 Z-5.3923
N25239 Y5.3757 Z-2.092	N25266 Y5.4864 Z-1.8723	N25293 Y3.9388 Z-5.4374
N25240 Y5.4574 Z-1.9997	N25267 Y5.4464 Z-1.9913	N25294 Y4.0585 Z-5.4383
N25241 Y5.4965 Z-1.8829	N25268 Y5.3631 Z-2.0853	N25295 Y4.1676 Z-5.391
N25242 Y5.5712 Z-1.8113	N25269 Y5.2334 Z-2.6114	N25296 Y4.3333 Z-5.2651
N25243 Y5.6107 Z-1.7157	N25270 Y5.0428 Z-3.1186	N25297 Y4.5273 Z-5.0402
N25244 Y5.9891 Z-1.3996	N25271 Y4.977 Z-3.8899	N25298 Y4.7138 Z-4.7222
N25245 Y6.316 Z-1.0306	N25272 Y4.8769 Z-4.3375	N25299 Y4.8655 Z-4.3304
N25246 Y6.4312 Z-.9869	N25273 Y4.7249 Z-4.7311	N25300 Y4.9655 Z-3.8886
N25247 Y6.5201 Z-.9017	N25274 Y4.5377 Z-5.0512	N25301 Y5.0218 Z-3.2182
N25248 Y6.6195 Z-.873	N25275 Y4.3423 Z-5.2781	N25302 Y5.2115 Z-2.6554
N25249 Y6.6989 Z-.8067	N25276 Y4.1837 Z-5.3988	N25303 Y5.3535 Z-2.0803
N25250 Y7.1808 Z-.7026	N25277 Y4.0621 Z-5.4547	N25304 Y5.4383 Z-1.9846
N25251 Y7.6417 Z-.5278	N25278 Y3.9351 Z-5.4538	N25305 Y5.4792 Z-1.8634
N25252 Y7.9988 Z-.5062	N25279 Y3.8281 Z-5.4073	N25306 Y5.9084 Z-1.4536
N25253 Y12.	N25280 Y3.6597 Z-5.28	N25307 Y6.3017 Z-1.01
N25254 X.3568 Z-.492	N25281 Y3.4634 Z-5.0527	N25308 Y6.4213 Z-.9646
N25255 Y7.9988	N25282 Y3.2757 Z-4.7323	N25309 Y6.5138 Z-.8764
N25256 Y7.64 Z-.5137	N25283 Y3.1235 Z-4.3385	N25310 Y7.0841 Z-.713
N25257 Y7.1334 Z-.7058	N25284 Y3.0278 Z-3.9139	N25311 Y7.6387 Z-.5029
N25258 Y6.6077 Z-.837	N25285 Y2.9686 Z-3.2324	N25312 Y7.9988 Z-.4811
N25259 Y6.5677 Z-.8727	N25286 X.2568 Y2.9791 Z-3.228	N25313 Y12.
N25260 Y6.5161 Z-.8876	N25287 Y3.0391 Z-3.9088	N25314 X.1568 Z-.4737
N25261 Y6.4253 Z-.9744	N25288 Y3.1348 Z-4.3315	N25315 Y7.9988
N25262 Y6.3079 Z-1.0189	N25289 Y3.2868 Z-4.7234	N25316 Y7.6378 Z-.4955
N25263 Y5.9486 Z-1.4245	N25290 Y3.4738 Z-5.0417	N25317 Y7.0834 Z-.7058

N25318 Y6.5132 Z-.8681	N25345 Y2.9861 Z-3.2238	N25372 Y7.0838 Z-.7014
N25319 Y6.4789 Z-.9008	N25346 X.0568 Y2.99 Z-3.2199	N25373 Y7.6373 Z-.4914
N25320 Y6.4337 Z-.9151	N25347 Y3.0461 Z-3.8761	N25374 Y7.9988 Z-.4696
N25321 Y6.3753 Z-.9743	N25348 Y3.1479 Z-4.3204	N25375 Y12.
N25322 Y6.2975 Z-1.0038	N25349 Y3.2999 Z-4.71	N25376 X-.0432 Z-.4688
N25323 Y5.9043 Z-1.4476	N25350 Y3.4862 Z-5.0257	N25377 Y7.9988
N25324 Y5.4748 Z-1.8564	N25351 Y3.6795 Z-5.2484	N25378 Y7.6372 Z-.4907
N25325 Y5.4596 Z-1.9013	N25352 Y3.8426 Z-5.3712	N25379 Y7.0852 Z-.7
N25326 Y5.4263 Z-1.935	N25353 Y3.9434 Z-5.4148	N25380 Y6.517 Z-.8603
N25327 Y5.4021 Z-2.0146	N25354 Y4.0541 Z-5.4156	N25381 Y6.4198 Z-.9524
N25328 Y5.3469 Z-2.0768	N25355 Y4.1594 Z-5.37	N25382 Y6.2947 Z-.9998
N25329 Y5.205 Z-2.6525	N25356 Y4.3225 Z-5.2465	N25383 Y5.9032 Z-1.4417
N25330 Y5.0147 Z-3.2141	N25357 Y4.5149 Z-5.0243	N25384 Y5.4746 Z-1.8478
N25331 Y4.9576 Z-3.8839	N25358 Y4.7007 Z-4.7088	N25385 Y5.4313 Z-1.9744
N25332 Y4.8574 Z-4.3244	N25359 Y4.8525 Z-4.3194	N25386 Y5.3426 Z-2.0746
N25333 Y4.7057 Z-4.7148	N25360 Y4.953 Z-3.8797	N25387 Y5.2013 Z-2.6478
N25334 Y4.5197 Z-5.0313	N25361 Y5.0109 Z-3.2101	N25388 Y5.0104 Z-3.2065
N25335 Y4.3267 Z-5.2545	N25362 Y5.2016 Z-2.6497	N25389 Y4.9518 Z-3.876
N25336 Y4.1626 Z-5.3791	N25363 Y5.3432 Z-2.0749	N25390 Y4.8508 Z-4.3154
N25337 Y4.0559 Z-5.4253	N25364 Y5.3758 Z-2.0147	N25391 Y4.6987 Z-4.7044
N25338 Y3.9416 Z-5.4245	N25365 Y5.4419 Z-1.9433	N25392 Y4.5128 Z-5.0193
N25339 Y3.8395 Z-5.3803	N25366 Y5.4733 Z-1.8512	N25393 Y4.3205 Z-5.2409
N25340 Y3.6752 Z-5.2564	N25367 Y5.9026 Z-1.4436	N25394 Y4.1579 Z-5.364
N25341 Y3.4814 Z-5.0327	N25368 Y6.2951 Z-1.0005	N25395 Y4.0533 Z-5.4091
N25342 Y3.2949 Z-4.7159	N25369 Y6.3519 Z-.9622	N25396 Y3.9444 Z-5.4084
N25343 Y3.143 Z-4.3255	N25370 Y6.4437 Z-.9298	N25397 Y3.844 Z-5.3651
N25344 Y3.0355 Z-3.8538	N25371 Y6.5143 Z-.8628	N25398 Y3.6815 Z-5.2428

N25399 Y3.4883 Z-5.0207	N25421 Y5.4787 Z-1.8461	N25442 Y3.1485 Z-26.8812
N25400 Y3.3019 Z-4.7055	N25422 Y5.9061 Z-1.4422	N25443 Y3.027 Z-26.769
N25401 Y3.1496 Z-4.3164	N25423 Y6.2961 Z-1.0019	N25444 Y3.0006 Z-26.6865
N25402 Y3.0404 Z-3.842	N25424 Y6.4229 Z-.9539	N25445 Y2.9215 Z-26.1987
N25403 X-.1432 Y3.038 Z-3.8379	N25425 Y6.5214 Z-.8608	N25446 Y3.0006 Z-26.8668 F1000.
N25404 Y3.148 Z-4.3134	N25426 Y7.0876 Z-.7018	N25447 Y3.027 Z-26.9806
N25405 Y3.3009 Z-4.7025	N25427 Y7.6375 Z-.4932	N25448 Y3.1485 Z-27.1483
N25406 Y3.4877 Z-5.0177	N25428 Y7.9988 Z-.4714	N25449 Y3.3507 Z-27.3195
N25407 Y3.6811 Z-5.2397	N25429 Y12.	N25450 Y3.5933 Z-27.4351
N25408 Y3.8437 Z-5.3618	N25430 Z5.5286 F339.	N25451 X68.0568 Y3.891 Z-27.5433
N25409 Y3.9444 Z-5.4052	N25431 G0 X68.0568 Y2.9223	N25452 Y3.6072 Z-27.4873
N25410 Y4.0534 Z-5.4059	N25432 Z-22.9944	N25453 Y3.3492 Z-27.3656
N25411 Y4.1581 Z-5.3608	N25433 G1 Z-25.2538 F30000000.	N25454 Y3.1471 Z-27.2015
N25412 Y4.3209 Z-5.2378	N25434 Y3.0007 Z-26.098	N25455 Y3.0437 Z-27.0586
N25413 Y4.5134 Z-5.0162	N25435 Y3.0437 Z-26.2887	N25456 Y3.0007 Z-26.9096
N25414 Y4.6997 Z-4.7014	N25436 Y3.1471 Z-26.4787	N25457 Y2.9223 Z-26.2448
N25415 Y4.8523 Z-4.3124	N25437 Y3.3492 Z-26.7126	N25458 Z-20.2448 F339.
N25416 Y4.9539 Z-3.8728	N25438 Y3.6072 Z-26.9108	N25459 G0 Z.1313
N25417 Y5.0133 Z-3.2032	N25439 Y3.891 Z-27.0442	N25460 M5
N25418 Y5.2041 Z-2.6468	N25440 X68.1568 Y3.5933 Z-27.0251	N25461 M30
N25419 Y5.3448 Z-2.0758	N25441 Y3.3507 Z-26.9814	N25462 M2

**V.2.3. Programme de fabrication de la forme de cintrage :**

N1 G90 G94 G0 G97	N28 Y2.55	N55 X44.7454 Y9.1061
N2 T0001 M6	N29 X18.1069	N56 X44.8825 Y9.024
N3 G40 X50.1132 Y18.1 S1592 M3	N30 X18.2062 Y4.3288	N57 G2 X47.9897 Y5.1344 I- 2.3689 J-5.0782
N4 G43 Z9.1	N31 X18.6072 Y5.9566	N58 G1 X48.343 Y2.55
N5 G1 Z-1. F3000000.	N32 X16.2381 Y6.9	N59 X107.45
N6 Y12.	N33 X5.1	N60 Y9.45
N7 X41.9635 F1000.	N34 Y5.1	N61 X50.1132
N8 X41.668 Y10.6735	N35 X15.738	N62 Y6.9
N9 X40.7802 Y9.574	N36 X16.2381 Y6.9	N63 X50.4817 Y5.6753
N10 X39.5808 Y8.9444	N37 X18.6072 Y5.9566	N64 X50.5974 Y5.1
N11 X34.4557 Y8.3019	N38 X19.5873 Y7.6051	N65 X104.9
N12 X30.2904 Y8.3642	N39 G2 X21.9088 Y9.45 I5.5864 J-4.6466	N66 Y6.9
N13 X26.6022 Y9.0803	N40 G1 X23.0438 Y7.2055	N67 X50.1132
N14 X25.5818 Y9.7769	N41 X24.3979 Y7.6405	N68 Z9. F318.
N15 X24.8826 Y10.608	N42 X29.8239 Y8.0132	N69 G0 Z9.1
N16 X24.5934 Y12.	N43 X38.0861 Y7.9819	N70 X54.5248 Y18.1
N17 X0	N44 X42.2977 Y7.5222	N71 G1 Z-.9F3000000.
N18 Y0	N45 X44.4302 Y6.6416	N72 Z-2.
N19 X20.8409	N46 X45.4354 Y5.4406	N73 Y12.
N20 X20.8256 Y2.9388	N47 X45.7599 Y4.0671	N74 X47.7891 F1000.
N21 X20.6027 Y4.0214	N48 X45.7238 Y.1416	N75 X47.5066 Y10.6875
N22 X20.889 Y5.3589	N49 X45.733 Y0	N76 X46.8711 Y9.7153
N23 X21.4552 Y6.2232	N50 X110.	N77 X45.7447 Y8.8923
N24 X22.5319 Y7.041	N51 Y12.	N78 X43.7534 Y8.2795
N25 X23.0438 Y7.2055	N52 X50.1132	N79 X41.7499 Y8.0676
N26 X21.9088 Y9.45	N53 Y9.45	N80 X44.1318 Y8.0178
N27 X2.55	N54 X44.2025	N81 X47.1346 Y7.5309

N82 X48.6836 Y6.7897	N109 X51.6414 F1000.	N136 Z7. F318.
N83 X49.5692 Y5.8778	N110 X51.3201 Y10.588	N137 G0 Z7.1
N84 X50.1187 Y4.1258	N111 X50.6316 Y9.6102	N138 X60.6236 Y18.1
N85 X50.131 Y1.211	N112 X49.1394 Y8.6479	N139 G1 Z-2.9 F3000000.
N86 X50.3716 Y0	N113 X46.4984 Y8.067	N140 Z-4.
N87 X110.	N114 X49.3728 Y7.8681	N141 Y12.
N88 Y12.	N115 X51.3883 Y7.2768	N142 X54.6462 F1000.
N89 X54.5248	N116 X52.6542 Y6.3045	N143 X54.3985 Y10.7124
N90 Y6.9	N117 X53.2452 Y5.3615	N144 X54.137 Y10.182
N91 X51.9714 Y8.6786	N118 X53.5074 Y4.0819	N145 X53.2204 Y9.18
N92 X54.5248 Y6.9	N119 X53.5069 Y0	N146 X51.507 Y8.3955
N93 X54.9878 Y5.1	N120 X110.	N147 X50.2104 Y8.0573
N94 X54.2994 Y4.3002	N121 Y12.	N148 X52.2032 Y7.8658
N95 X54.9878 Y5.1	N122 X58.0412	N149 X53.5301 Y7.5033
N96 X104.9	N123 Y6.9	N150 X55.0648 Y6.5594
N97 X105.7883 Y4.2117	N124 X55.6391 Y8.6078	N151 X55.7722 Y5.6287
N98 X104.9 Y5.1	N125 X58.0412 Y6.9	N152 X56.1598 Y3.9602
N99 Y6.9	N126 X58.4915 Y5.1	N153 X56.1851 Y0
N100 X105.7883 Y7.7883	N127 X57.7113 Y4.1879	N154 X110.
N101 X104.9 Y6.9	N128 X58.4915 Y5.1	N155 Y12.
N102 X54.5248	N129 X104.9	N156 X60.6236
N103 Z8. F318.	N130 X105.7883 Y4.2117	N157 Y6.9
N104 G0 Z8.1	N131 X104.9 Y5.1	N158 X58.5885 Y8.2345
N105 X58.0412 Y18.1	N132 Y6.9	N159 X60.6236 Y6.9
N106 G1 Z-1.9 F3000000.	N133 X105.7883 Y7.7883	N160 X61.2042 Y5.1
N107 Z-3.	N134 X104.9 Y6.9	N161 X60.5413 Y4.2774
N108 Y12.	N135 X58.0412	N162 X61.2042 Y5.1

N163 X104.9	N190 X61.0449 Y8.29	N217 X60.5396 Y3.82
N164 X105.7883 Y4.2117	N191 X63.0659 Y6.9	N218 X60.5393 Y-.0012
N165 X104.9 Y5.1	N192 X63.5412 Y5.1	N219 X110. Y0
N166 Y6.9	N193 X62.787 Y4.2229	N220 Y12.
N167 X105.7883 Y7.7883	N194 X63.5412 Y5.1	N221 X64.9584
N168 X104.9 Y6.9	N195 X104.9	N222 Y6.9
N169 X60.6236	N196 X105.7883 Y4.2117	N223 X63.1032 Y8.218
N170 Z6. F318.	N197 X104.9 Y5.1	N224 X64.9584 Y6.9
N171 G0 Z6.1	N198 Y6.9	N225 X65.3808 Y5.0989
N172 X63.0659 Y18.1	N199 X105.7883 Y7.7883	N226 X64.613 Y4.2282
N173 G1 Z-3.9 F3000000.	N200 X104.9 Y6.9	N227 X65.3808 Y5.0989
N174 Z-5.	N201 X63.0659	N228 X104.9 Y5.0999
N175 Y12.	N202 Z5. F318.	N229 X105.7883 Y4.2116
N176 X57.141 F1000.	N203 G0 Z5.1	N230 X104.9 Y5.0999
N177 X57.1119 Y11.5021	N204 X64.9584 Y18.1	N231 Y6.9
N178 X56.5384 Y10.0337	N205 G1 Z-4.9 F3000000.	N232 X105.7883 Y7.7883
N179 X55.4649 Y9.0151	N206 Z-6.	N233 X104.9 Y6.9
N180 X53.0142 Y8.0521	N207 Y12.	N234 X64.9584
N181 X55.4389 Y7.7051	N208 X59.288 F1000.	N235 Z4. F318.
N182 X57.1171 Y6.877	N209 X59.0415 Y10.7006	N236 G0 Z4.1
N183 X58.1346 Y5.6774	N210 X58.463 Y9.7344	N237 X66.9422 Y18.1
N184 X58.5453 Y4.0113	N211 X57.1232 Y8.6877	N238 G1 Z-5.9 F3000000.
N185 X58.5868 Y0	N212 X55.0614 Y8.0674	N239 Z-7.
N186 X110.	N213 X56.8977 Y7.8594	N240 Y12.
N187 Y12.	N214 X58.308 Y7.4052	N241 X61.2703 F1000.
N188 X63.0659	N215 X59.7096 Y6.3467	N242 X61.0336 Y10.7101
N189 Y6.9	N216 X60.2973 Y5.4033	N75950 Y8.0276 Z-10.7671

N75951 Y8.3433 Z-10.7202	N75978 Y6.6998 Z-8.3621	N76005 Y4.405 Z-6.764
N75952 Y8.5465 Z-10.6284	N75979 Y7.0436 Z-9.8093	N76006 Y4.0434 Z-6.7417
N75953 Y8.8335 Z-10.3713	N75980 Y7.0802 Z-10.0619	N76007 Y.01
N75954 Y8.8713 Z-10.3184	N75981 Y7.2625 Z-10.426	N76008 X.8 Z-6.7629
N75955 Y9.0206 Z-9.9622	N75982 Y7.5706 Z-10.6883	N76009 Y4.0434
N75956 Y9.0305 Z-9.907	N75983 Y7.6645 Z-10.7333	N76010 Y4.405 Z-6.7853
N75957 X1.1 Z-9.9283	N75984 Y8.0273 Z-10.8097	N76011 Y5.7476 Z-7.3059
N75958 Y9.0214 Z-9.9796	N75985 Y8.3389 Z-10.7641	N76012 Y6.6998 Z-8.4046
N75959 Y8.8713 Z-10.3396	N75986 Y8.5465 Z-10.6709	N76013 Y7.0435 Z-9.8475
N75960 Y8.8359 Z-10.3894	N75987 Y8.8383 Z-10.4075	N76014 Y7.0781 Z-10.0965
N75961 Y8.5465 Z-10.6497	N75988 Y8.8713 Z-10.3609	N76015 Y7.2625 Z-10.4685
N75962 Y8.3411 Z-10.7422	N75989 Y9.0222 Z-9.997	N76016 Y7.6102 Z-10.7514
N75963 Y8.0274 Z-10.7884	N75990 Y9.0305 Z-9.9495	N76017 Y8.0269 Z-10.8522
N75964 Y7.6681 Z-10.7135	N75991 X.9 Z-9.9708	N76018 Y8.3345 Z-10.808
N75965 Y7.571 Z-10.6673	N75992 Y9.023 Z-10.0143	N76019 Y8.5465 Z-10.7135
N75966 Y7.2625 Z-10.4048	N75993 Y8.8713 Z-10.3821	N76020 Y8.8713 Z-10.4034
N75967 Y7.0813 Z-10.0446	N75994 Y8.8407 Z-10.4256	N76021 Y9.0287 Z-9.9915
N75968 Y7.0437 Z-9.7902	N75995 Y8.5465 Z-10.6922	N76022 X.7 Z-10.0128
N75969 Y6.6998 Z-8.3409	N75996 Y8.3367 Z-10.786	N76023 Y8.8713 Z-10.4247
N75970 Y5.7476 Z-7.2421	N75997 Y8.0779 Z-10.8304	N76024 Y8.5465 Z-10.7347
N75971 Y4.405 Z-6.7215	N75998 Y7.6609 Z-10.7531	N76025 Y8.3324 Z-10.8299
N75972 Y4.0434 Z-6.6992	N75999 Y7.6102 Z-10.7301	N76026 Y8.0268 Z-10.8734
N75973 Y.01	N76000 Y7.2625 Z-10.4473	N76027 Y7.6102 Z-10.7726
N75974 X1. Z-6.7204	N76001 Y7.0791 Z-10.0792	N76028 Y7.2625 Z-10.4898
N75975 Y4.0434	N76002 Y7.0436 Z-9.8284	N76029 Y7.077 Z-10.1139
N75976 Y4.405 Z-6.7428	N76003 Y6.6998 Z-8.3834	N76030 Y7.0435 Z-9.8667
N75977 Y5.7476 Z-7.2633	N76004 Y5.7476 Z-7.2846	N76031 Y6.6998 Z-8.4259

N76032 Y5.7476 Z-7.3271	N76059 Y6.9155 Z-9.2921	N76086 Y8.0643 Z-10.9583
N76033 Y4.405 Z-6.8066	N76060 Y6.8838 Z-9.2317	N76087 Y7.6102 Z-10.8577
N76034 Y4.0434 Z-6.7842	N76061 Y6.6998 Z-8.4684	N76088 Y7.2793 Z-10.5957
N76035 Y.01	N76062 Y5.7476 Z-7.3696	N76089 Y7.069 Z-10.1386
N76036 X.6 Z-6.8054	N76063 Y4.405 Z-6.8491	N76090 Y6.9416 Z-9.2857
N76037 Y4.0434	N76064 Y4.0434 Z-6.8267	N76091 Y6.8397 Z-9.0916
N76038 Y4.405 Z-6.8278	N76065 Y.01	N76092 Y6.6998 Z-8.5109
N76039 Y5.7476 Z-7.3484	N76066 X.4 Z-6.848	N76093 Y5.7476 Z-7.4121
N76040 Y6.6998 Z-8.4472	N76067 Y4.0434	N76094 Y4.405 Z-6.8916
N76041 Y7.0435 Z-9.8858	N76068 Y4.405 Z-6.8703	N76095 Y4.0434 Z-6.8692
N76042 Y7.076 Z-10.1312	N76069 Y5.7476 Z-7.3909	N76096 Y.01
N76043 Y7.2625 Z-10.5111	N76070 Y6.6998 Z-8.4897	N76097 X.2 Z-6.8905
N76044 Y7.6102 Z-10.7939	N76071 Y6.8602 Z-9.155	N76098 Y4.0434
N76045 Y8.0711 Z-10.8944	N76072 Y6.9302 Z-9.2885	N76099 Y4.405 Z-6.9128
N76046 Y8.3302 Z-10.8519	N76073 Y7.0434 Z-9.915	N76100 Y5.7476 Z-7.4334
N76047 Y8.5465 Z-10.756	N76074 Y7.074 Z-10.1658	N76101 Y6.2036 Z-7.9596
N76048 Y8.8713 Z-10.4459	N76075 Y7.2625 Z-10.5536	N76102 Y6.2839 Z-8.0151
N76049 Y9.0287 Z-10.034	N76076 Y7.6102 Z-10.8364	N76103 Y6.3335 Z-8.1095
N76050 X.5 Z-10.0553	N76077 Y8.0665 Z-10.937	N76104 Y6.6998 Z-8.5322
N76051 Y8.8713 Z-10.4672	N76078 Y8.3258 Z-10.8957	N76105 Y6.8225 Z-9.0412
N76052 Y8.5465 Z-10.7772	N76079 Y8.5465 Z-10.7985	N76106 Y6.9497 Z-9.2837
N76053 Y8.328 Z-10.8738	N76080 Y8.8602 Z-10.5045	N76107 Y7.0229 Z-9.71
N76054 Y8.0688 Z-10.9157	N76081 Y9.0231 Z-10.0852	N76108 Y7.069 Z-10.1183
N76055 Y7.6102 Z-10.8151	N76082 X.3 Y9.0238 Z-10.051	N76109 Y7.3031 Z-10.6359
N76056 Y7.2625 Z-10.5323	N76083 Y8.8545 Z-10.4867	N76110 Y7.6102 Z-10.8789
N76057 Y7.075 Z-10.1485	N76084 Y8.5465 Z-10.8197	N76111 Y8.062 Z-10.9796
N76058 Y7.0434 Z-9.9049	N76085 Y8.3236 Z-10.9176	N76112 Y8.3214 Z-10.9395

N76113 Y8.5465 Z-10.8381	N76140 Y4.405 Z-6.9553	N76167 Y8.8634 Z-10.4269
N76114 Y8.8568 Z-10.4579	N76141 Y4.9846 Z-7.1801	N76168 Y8.6783 Z-10.7061
N76115 Y9.0269 Z-10.02	N76142 Y5.1072 Z-7.195	N76169 Y8.5465 Z-10.8314
N76116 X.1 Y9.0836 Z-9.8547	N76143 Y5.2151 Z-7.2695	N76170 Y8.3149 Z-11.0052
N76117 Y8.859 Z-10.4383	N76144 Y5.4376 Z-7.3436	N76171 Y8.109 Z-11.0359
N76118 Y8.6229 Z-10.7586	N76145 Y5.4618 Z-7.3651	N76172 Y7.6216 Z-10.918
N76119 Y8.5465 Z-10.8312	N76146 Y5.7476 Z-7.4759	N76173 Y7.3568 Z-10.6921
N76120 Y8.3193 Z-10.9614	N76147 Y6.0949 Z-7.8767	N76174 Y7.2879 Z-10.5902
N76121 Y8.0597 Z-11.0009	N76148 Y6.2889 Z-8.0106	N76175 Y7.077 Z-10.124
N76122 Y7.6102 Z-10.9002	N76149 Y6.3745 Z-8.1737	N76176 Y7.0279 Z-9.7095
N76123 Y7.3268 Z-10.6665	N76150 Y6.5123 Z-8.2958	N76177 Y6.9546 Z-9.2825
N76124 Y7.077 Z-10.124	N76151 Y6.5546 Z-8.4071	N76178 Y6.8766 Z-9.1339
N76125 Y7.0279 Z-9.7095	N76152 Y6.6998 Z-8.5747	N76179 Y6.6998 Z-8.5959
N76126 Y6.9546 Z-9.2825	N76153 Y6.7973 Z-8.9793	N76180 Y6.5658 Z-8.4414
N76127 Y6.8083 Z-9.0038	N76154 Y6.9562 Z-9.2821	N76181 Y6.511 Z-8.2968
N76128 Y6.6998 Z-8.5534	N76155 Y7.0296 Z-9.7093	N76182 Y6.3732 Z-8.1747
N76129 Y6.5371 Z-8.3658	N76156 Y7.0787 Z-10.1236	N76183 Y6.2877 Z-8.0117
N76130 Y6.511 Z-8.2968	N76157 Y7.2719 Z-10.5508	N76184 Y6.0533 Z-7.85
N76131 Y6.3732 Z-8.1747	N76158 Y7.3447 Z-10.6796	N76185 Y5.7476 Z-7.4972
N76132 Y6.2877 Z-8.0117	N76159 Y7.6157 Z-10.9108	N76186 Y5.5001 Z-7.4012
N76133 Y6.145 Z-7.9133	N76160 Y8.0575 Z-11.0217	N76187 Y5.4368 Z-7.3451
N76134 Y5.7476 Z-7.4546	N76161 Y8.3171 Z-10.9833	N76188 Y5.2581 Z-7.3011
N76135 Y4.405 Z-6.9341	N76162 Y8.5465 Z-10.829	N76189 Y5.1066 Z-7.1965
N76136 Y4.0434 Z-6.9117	N76163 Y8.6563 Z-10.7247	N76190 Y4.9109 Z-7.1728
N76137 Y.01	N76164 Y8.8612 Z-10.428	N76191 Y4.405 Z-6.9766
N76138 X0 Z-6.933	N76165 Y9.0675 Z-9.897	N76192 Y4.0434 Z-6.9542
N76139 Y4.0434	N76166 X-.1 Y9.078 Z-9.8746	N76193 Y0

N76194 Z-.9542 F339.

N76195 G0 Z-.5012

N76196 X109.2 Y8.7007

N76197 Z-145.0143

N76198 G1 Y8.6224 Z-  
150.6136 F3000000.

N76199 Y8.5186 Z-151.

N76200 Y8.6224 Z-150.6989  
F1000.

N76201 Y8.7162 Z-145.408

N76202 Y8.9147 Z-138.7016

N76203 Y9.0324 Z-133.2813

N76204 X109.1 Z-131.8476

N76205 Y8.9164 Z-136.7611

N76206 Y8.6365 Z-144.1808

N76207 Y8.4941 Z-149.1176

N76208 Y8.4635 Z-150.6975

N76209 Y8.4181 Z-150.8294

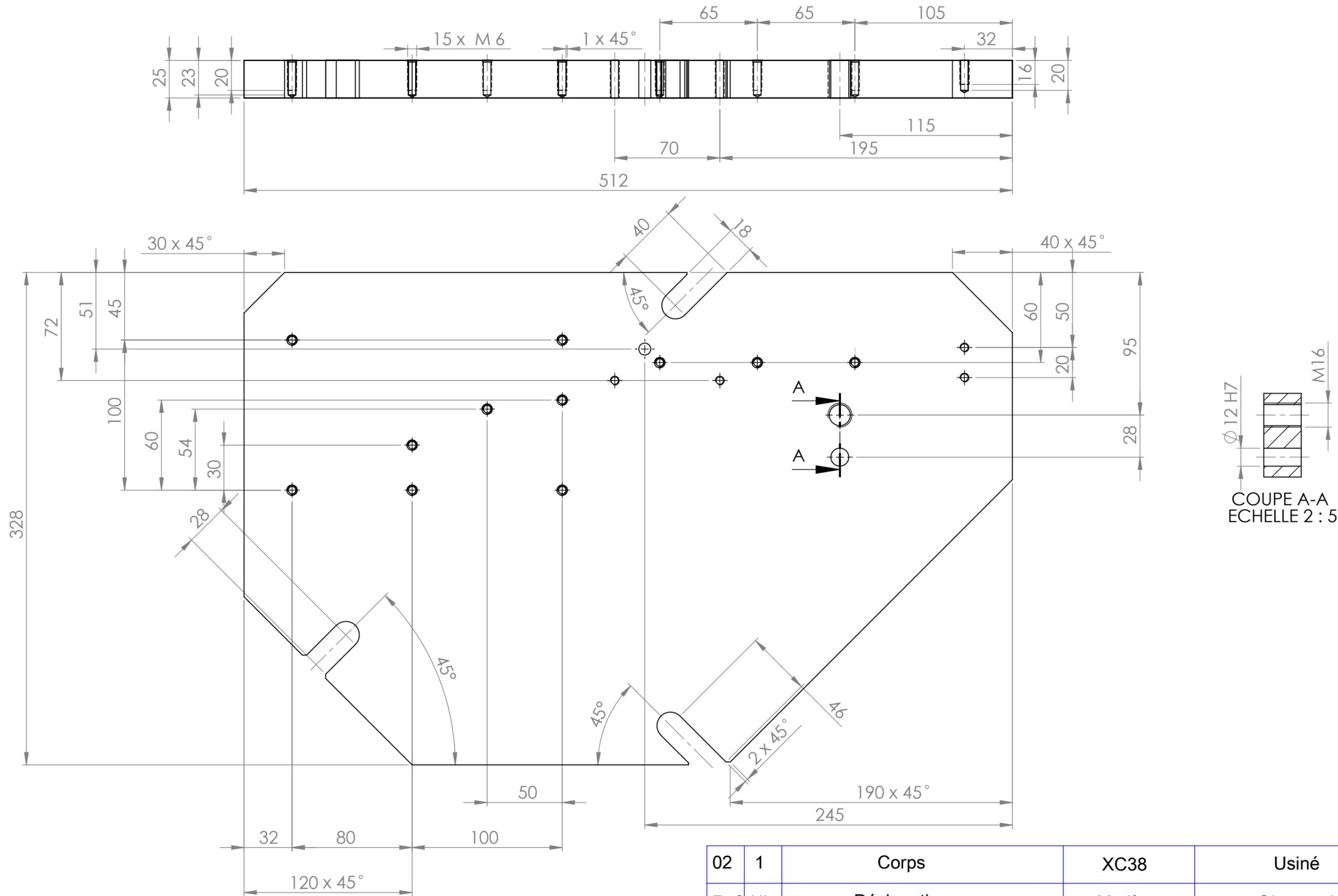
N76210 Z-144.8294 F339.

N76211 G0 Z-.5012

N76212 M5

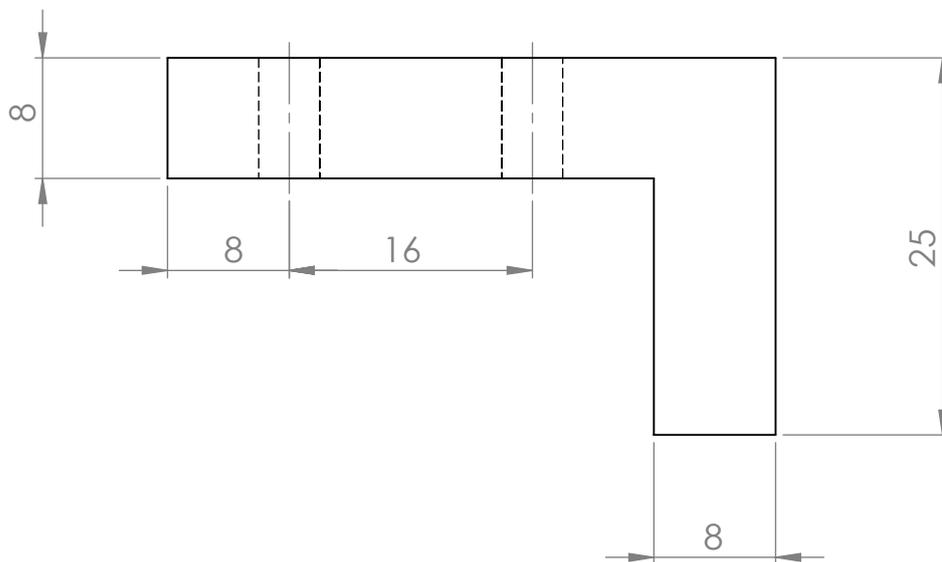
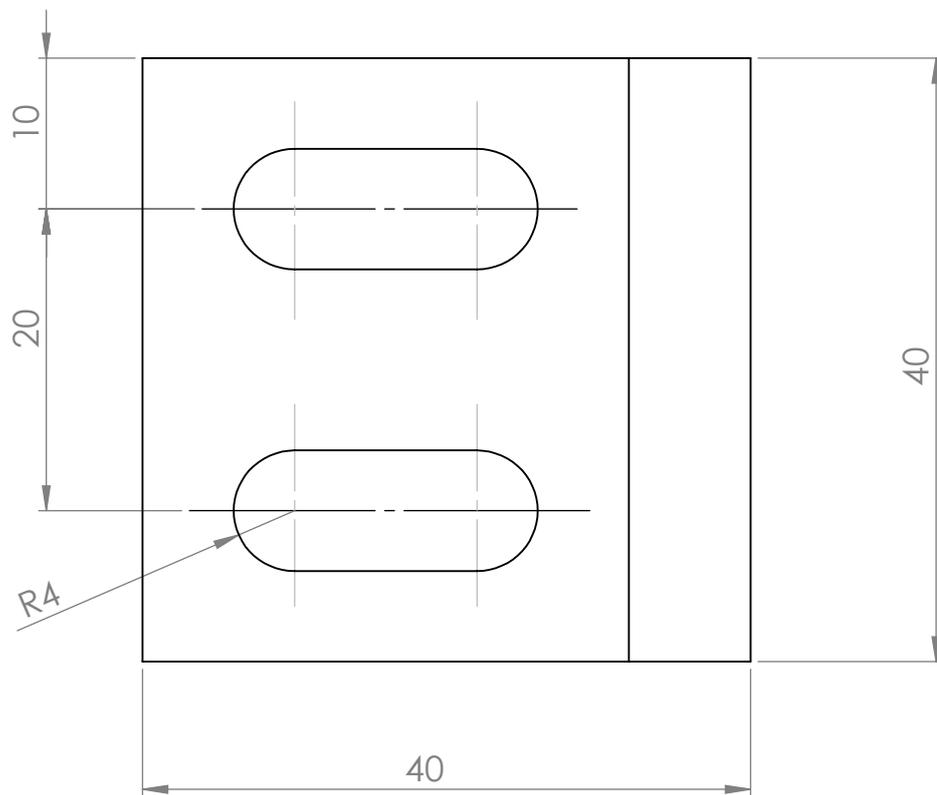
N76213 M30

N76214 M2

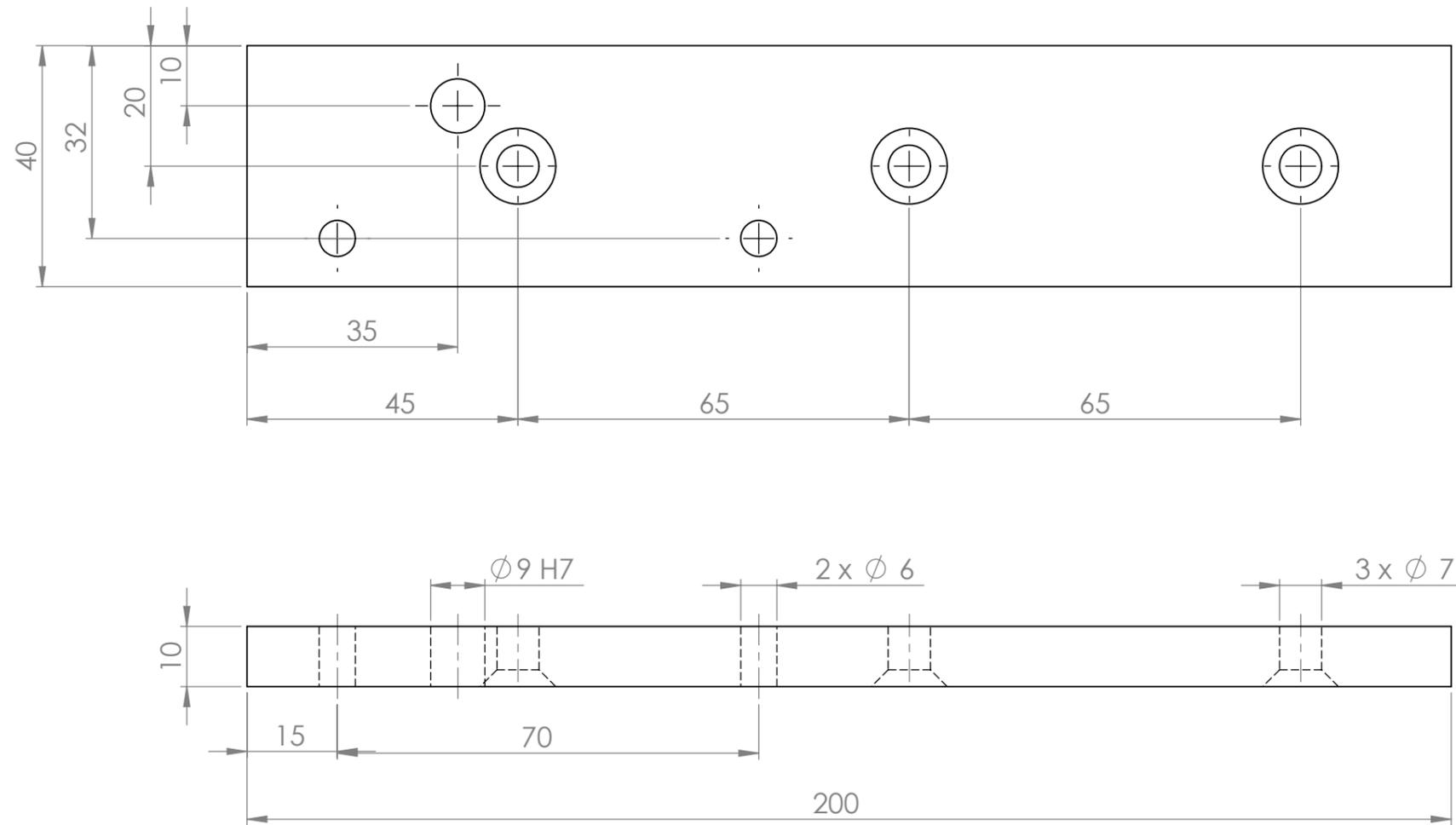


COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 5

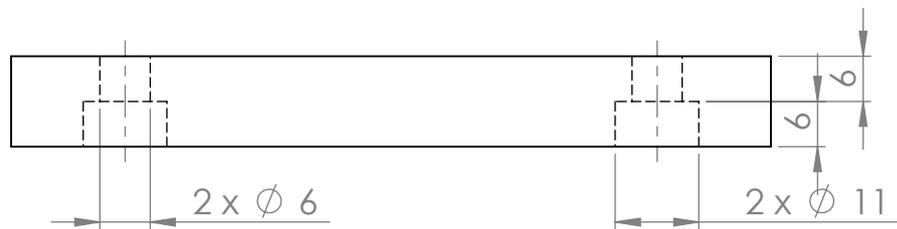
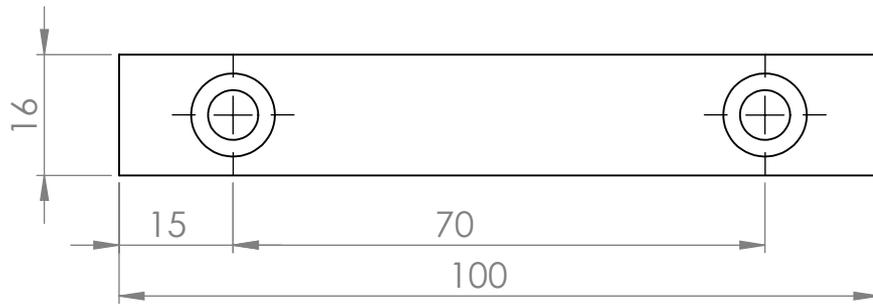
02	1	Corps	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
ECHELLE 2:5		UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI		2ème année Master
		CHIBANE.S - CHELLALI.H	P02	2011/2012



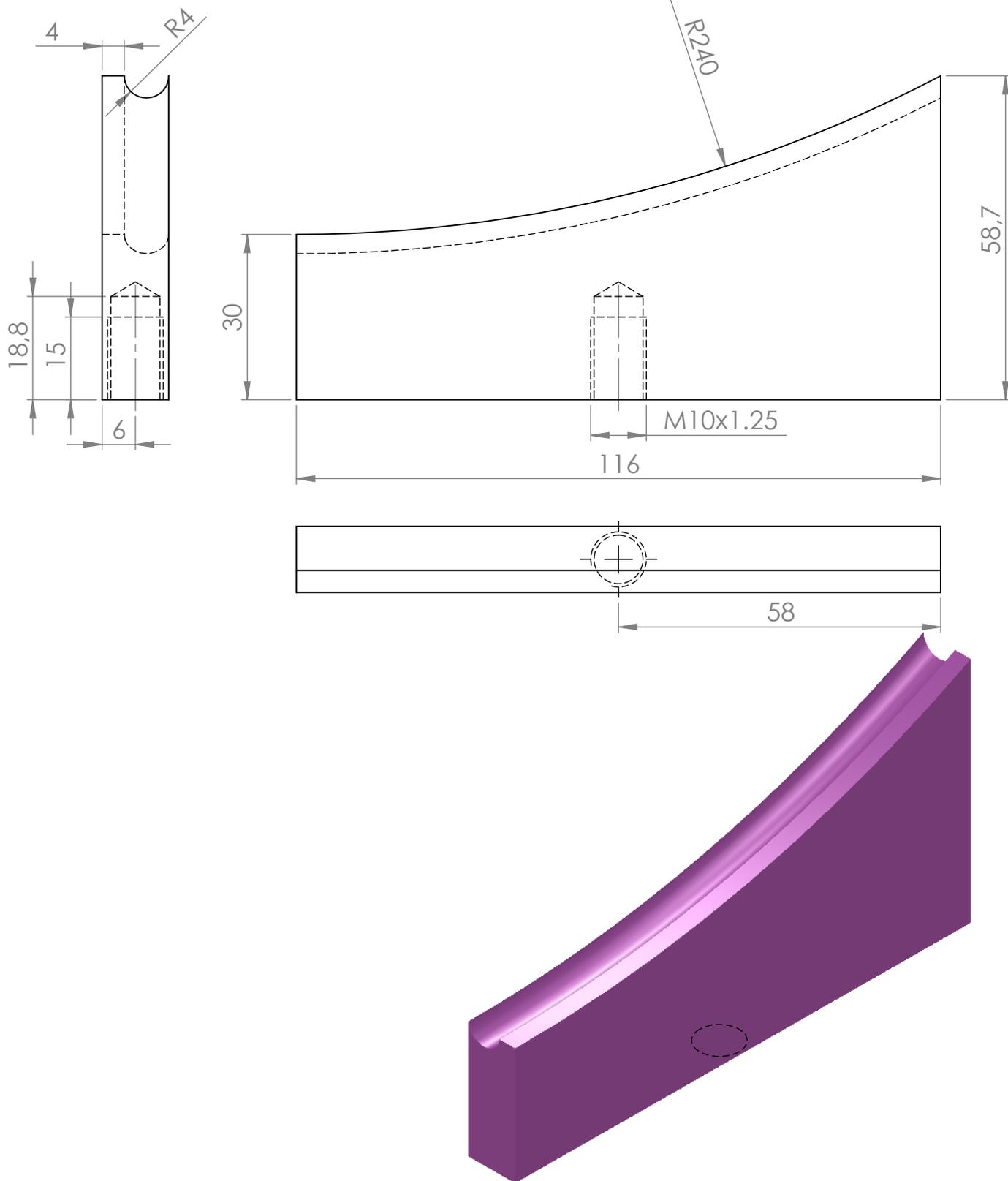
03	1	Butée réglable	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 2 : 1	UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI			2ème année Master
		CHELLALI.H - CHIBANE.S	p03	2011/2012



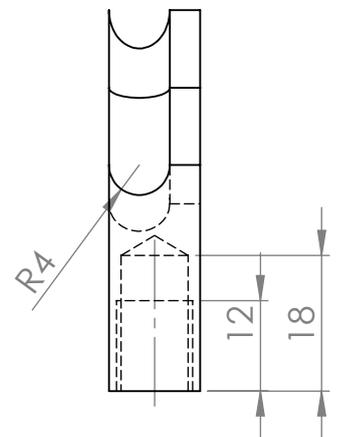
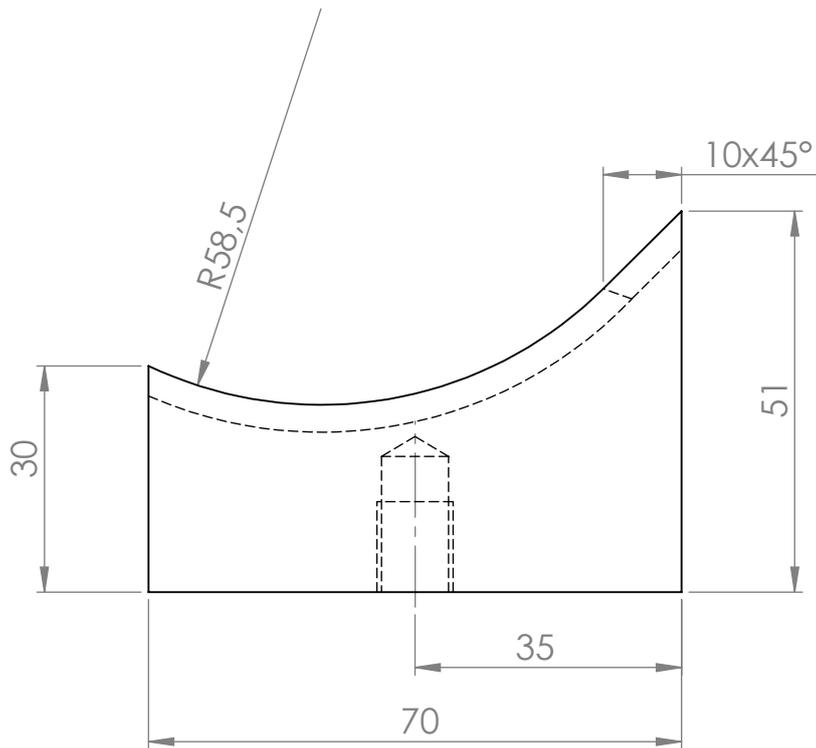
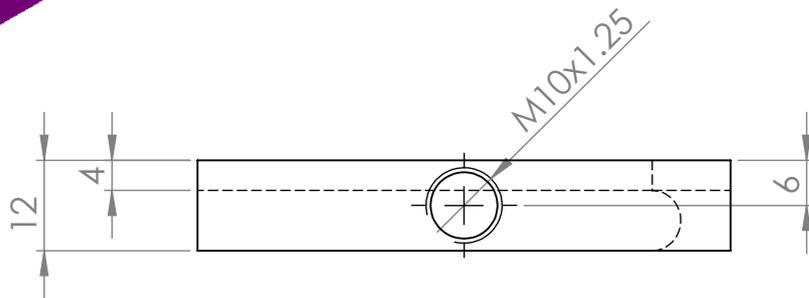
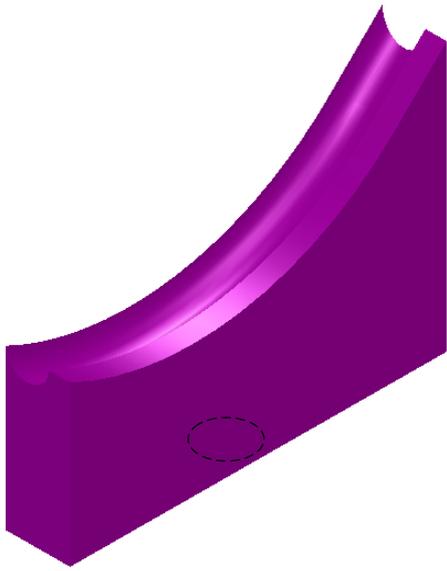
04	1	Plaque d'usure	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
ECHELLE 1:1		UNIVERSITE MOULOUUD MAMMERI		2ème année Master
		CHIBANE.S - CHELLALI.H	P04	2011/2012



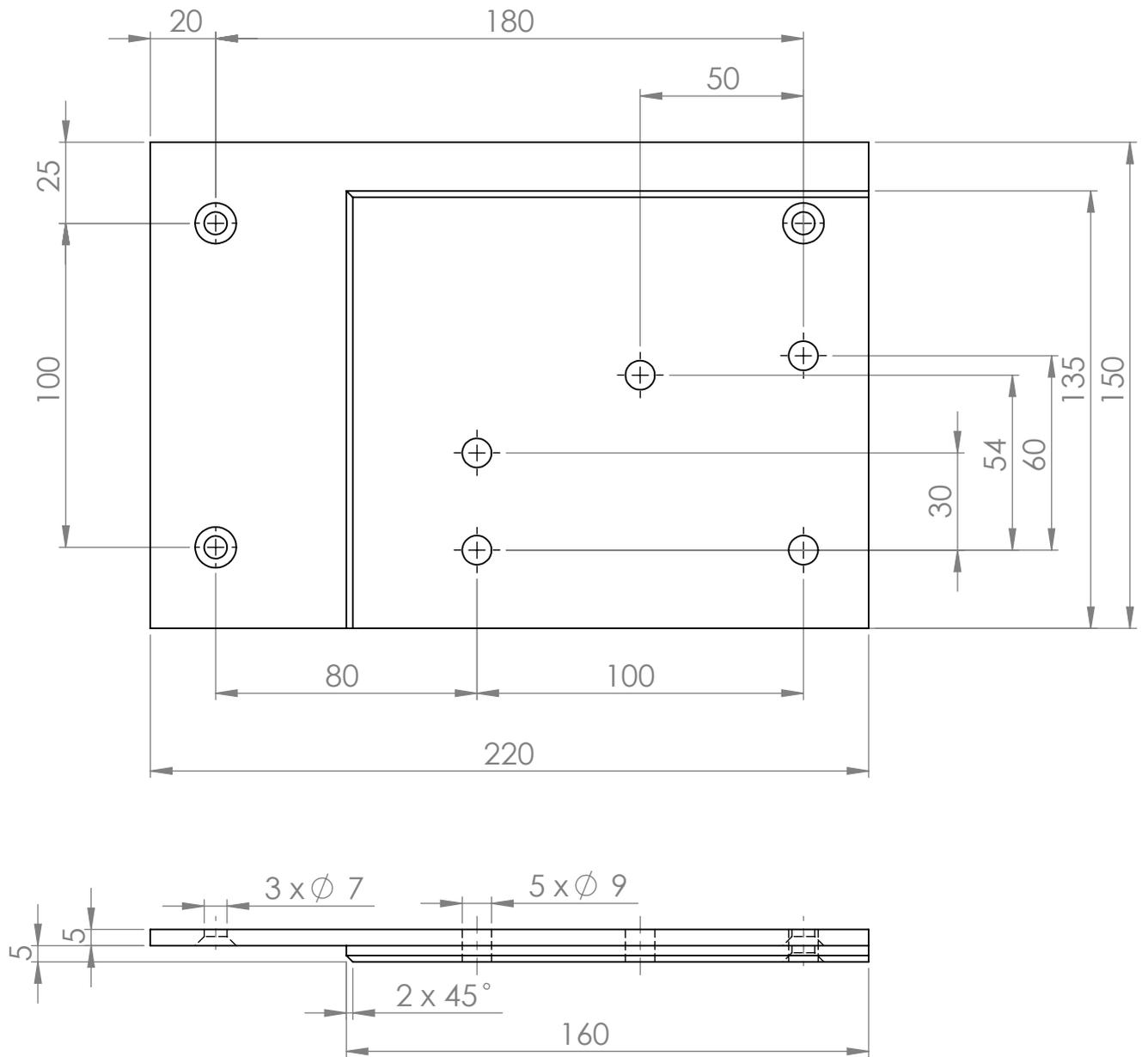
05	1	Bride de guidage	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle	UNIVERSITE MOULOUUD MAMMERI			2ème année
1 : 1				Master
	CHELLALI.H - CHIBANE.S		p05	2011/2012



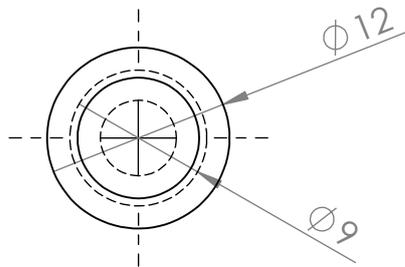
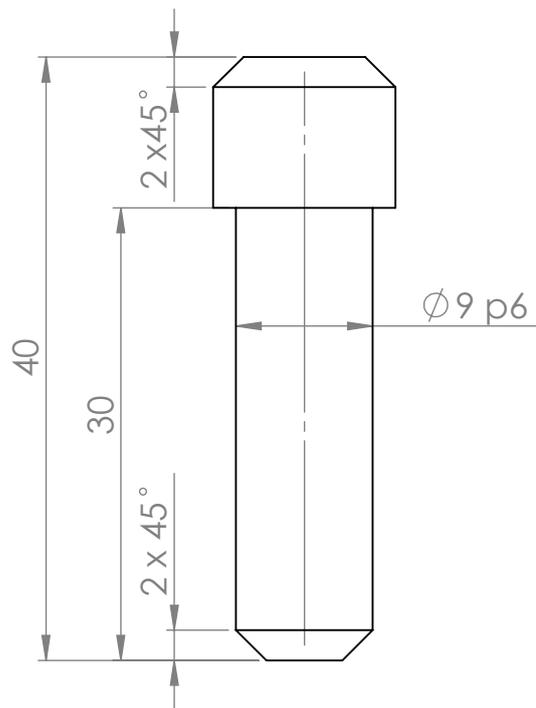
08	1	Contre forme (1)	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle	UNIVERSITE MOULOUUD MAMMERI			2ème année
1 : 1				Master
	CHELLALI.H - CHIBANE.S		p06	2011/2012



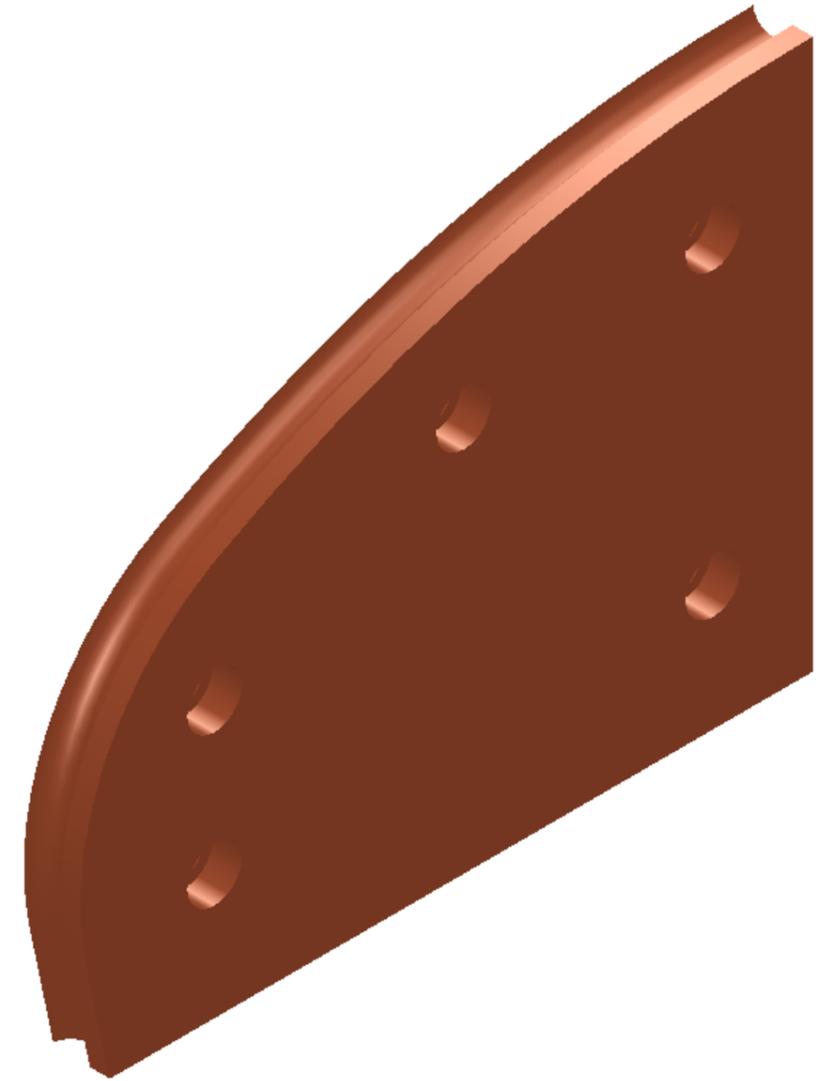
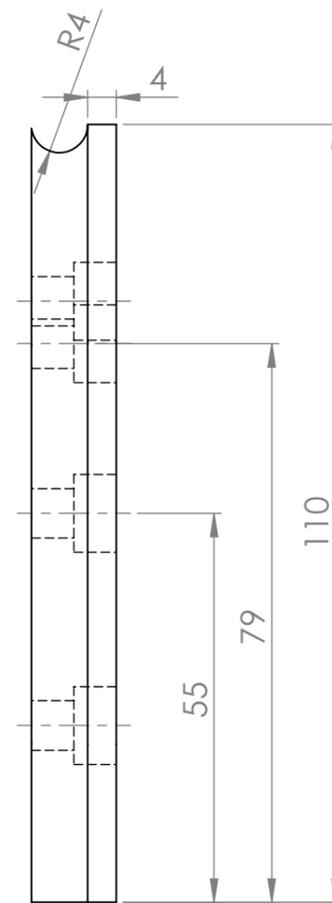
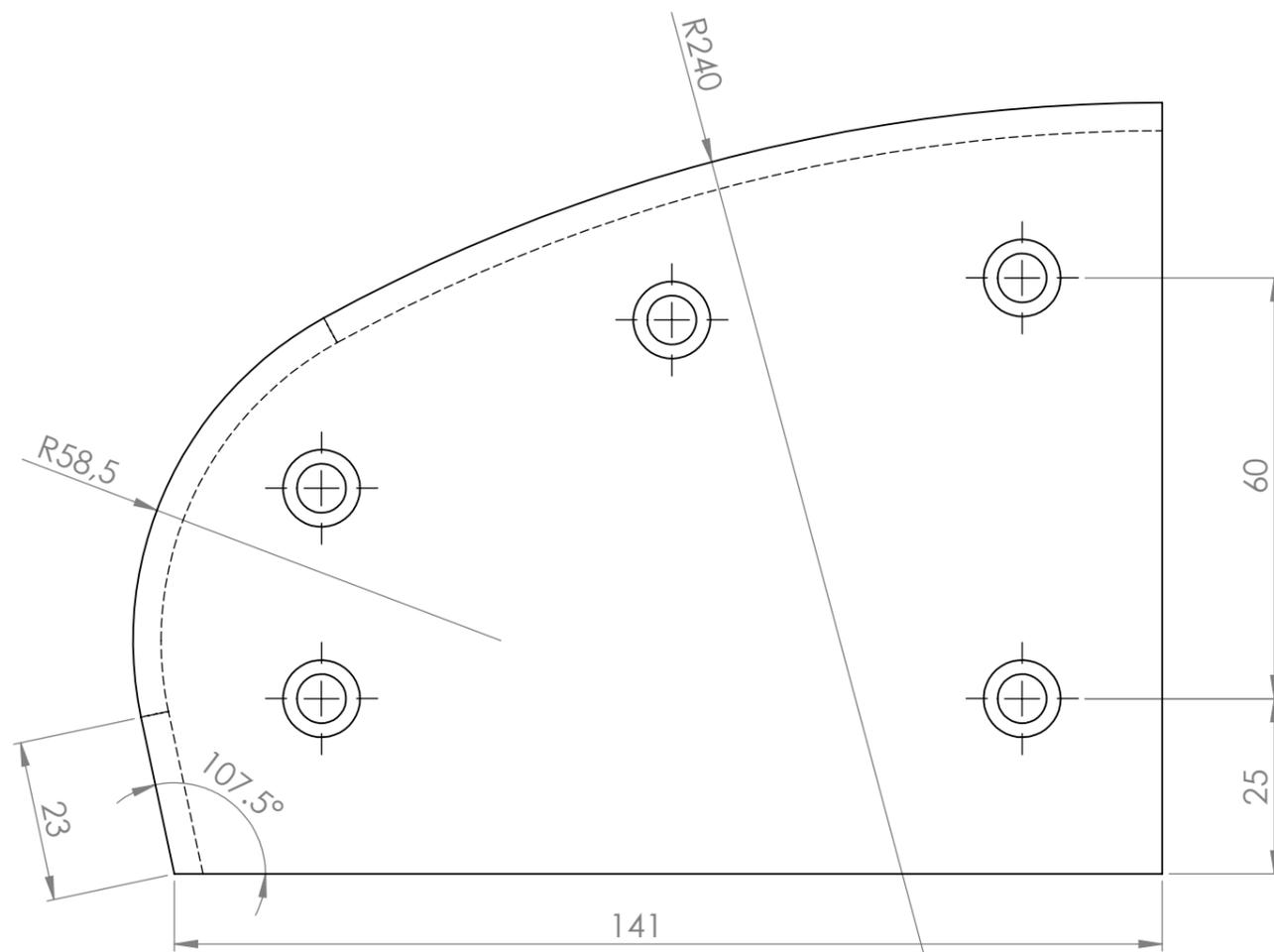
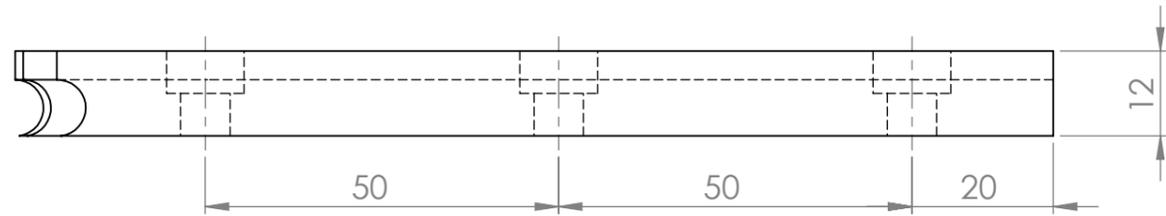
09	1	Contre forme (2)	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle	UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI			2éme année Master
1 : 1	CHELLALI.H - CHIBANE.S		p07	2011/2012



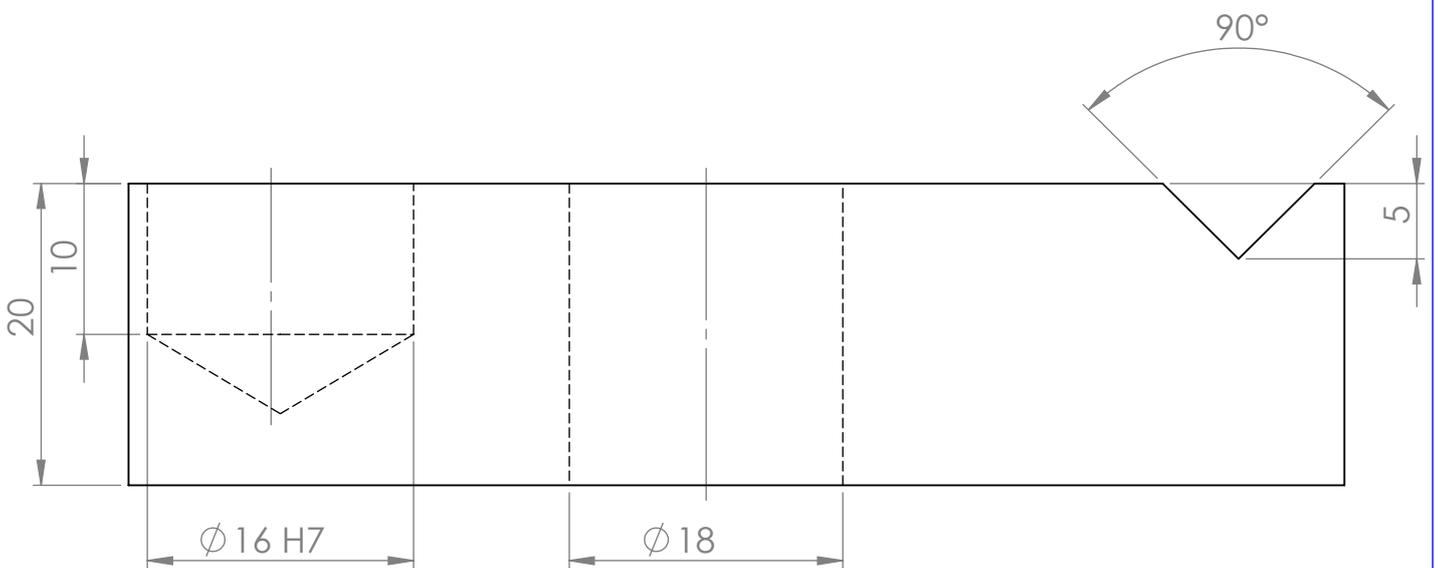
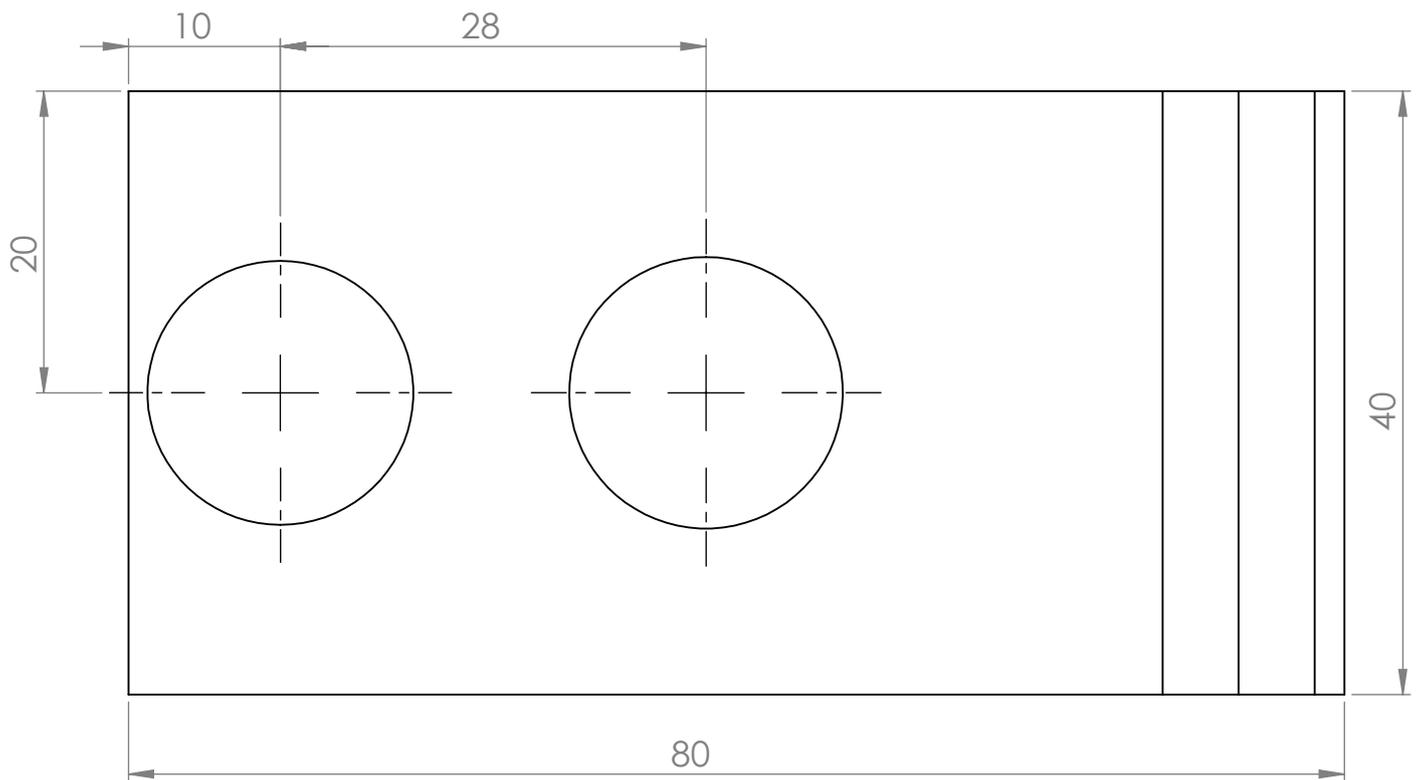
10	1	Plaque d'usure	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 1 : 2		UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI		2ème année Master
		CHELLALI.H - CHIBANE.S	p08	2011/2012



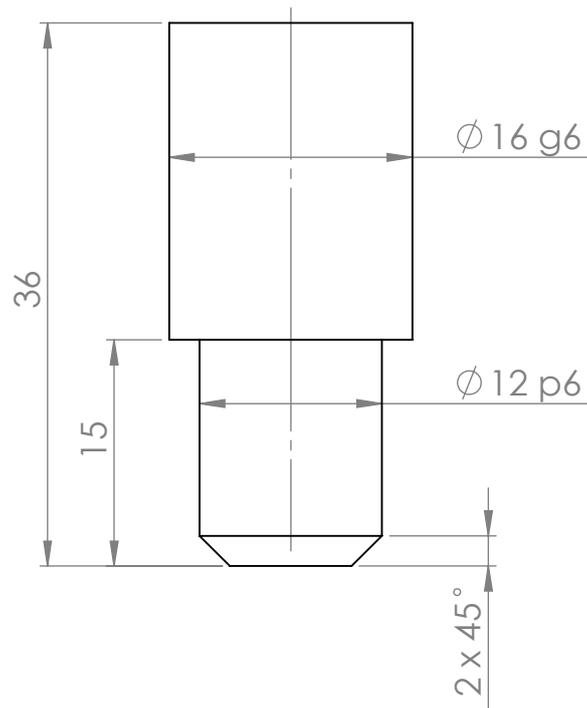
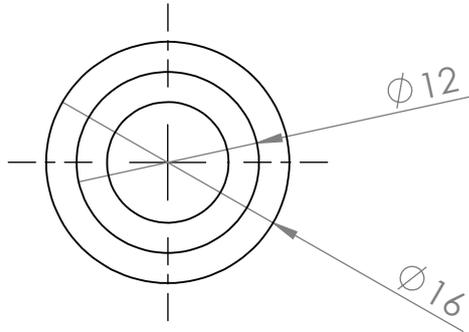
11	1	Butée	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 2 : 1	UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI			2ème année Master
	CHELLALI.H - CHIBANE.S		09	2011/2012



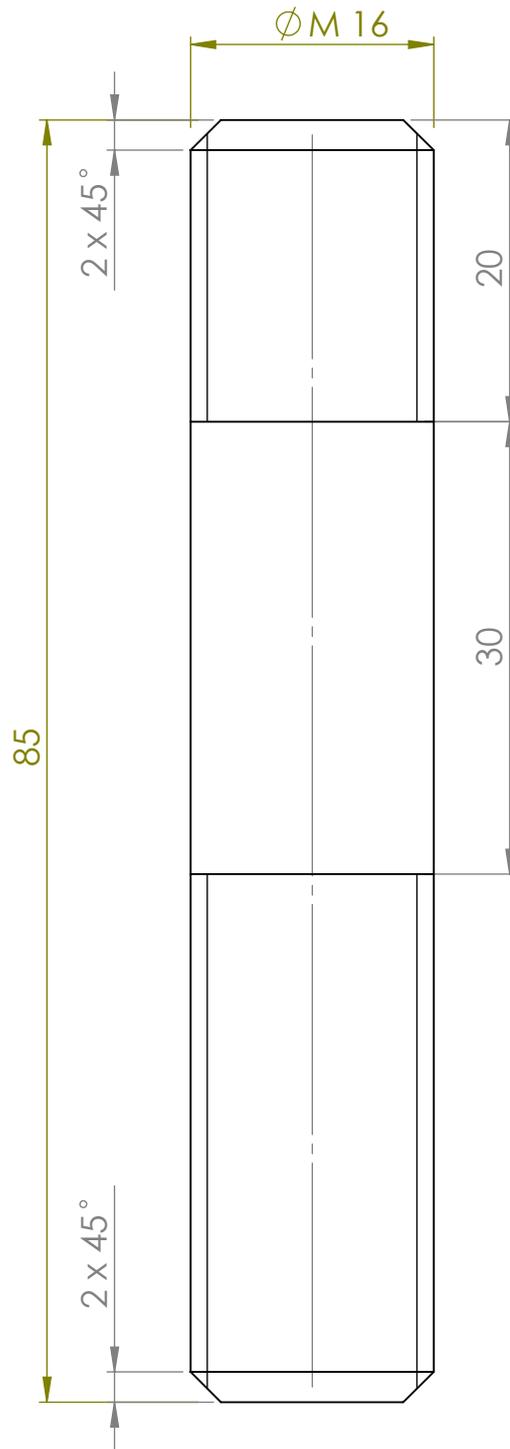
12	1	Forme de cintrage	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
ECHELLE 1:1		UNIVERSITE MOULOUUD MAMMERI		2éme année Master
		CHIBANE.S - CHELLALI.H	P10	2011/2012



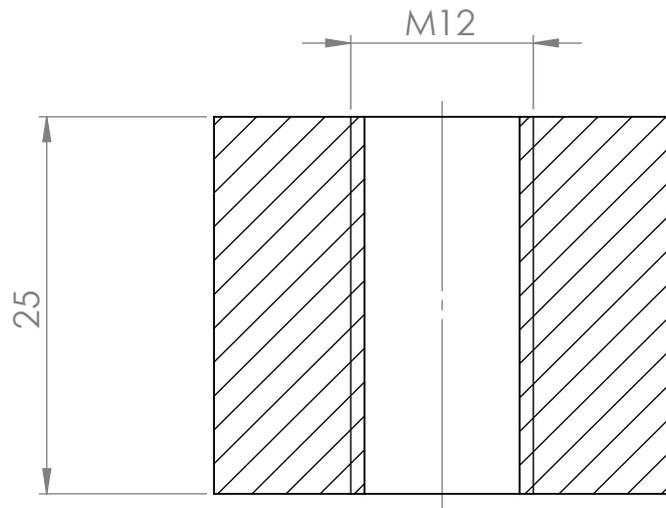
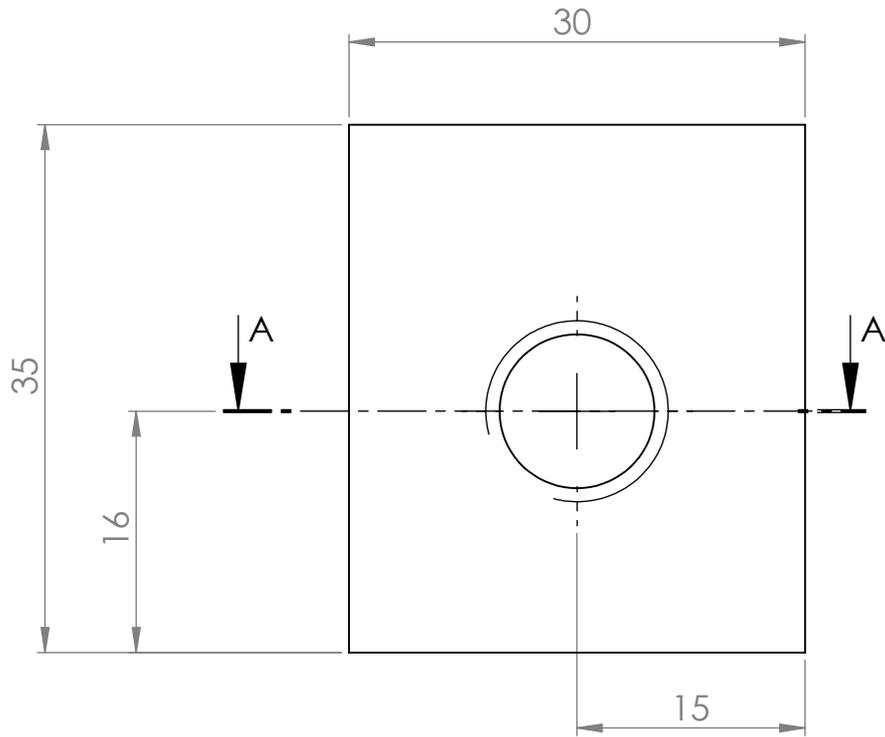
14	1	Bride	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle	UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI			2ème année Master
2 : 1	CHELLALI.H - CHIBAN.S		p11	2011/2012



18	1	Appui de bride	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 2 : 1	UNIVERSITE MOULOUUD MAMMERI			2ème année Master
		CHELLALI.H - CHIBANE.S	p12	2011/2012

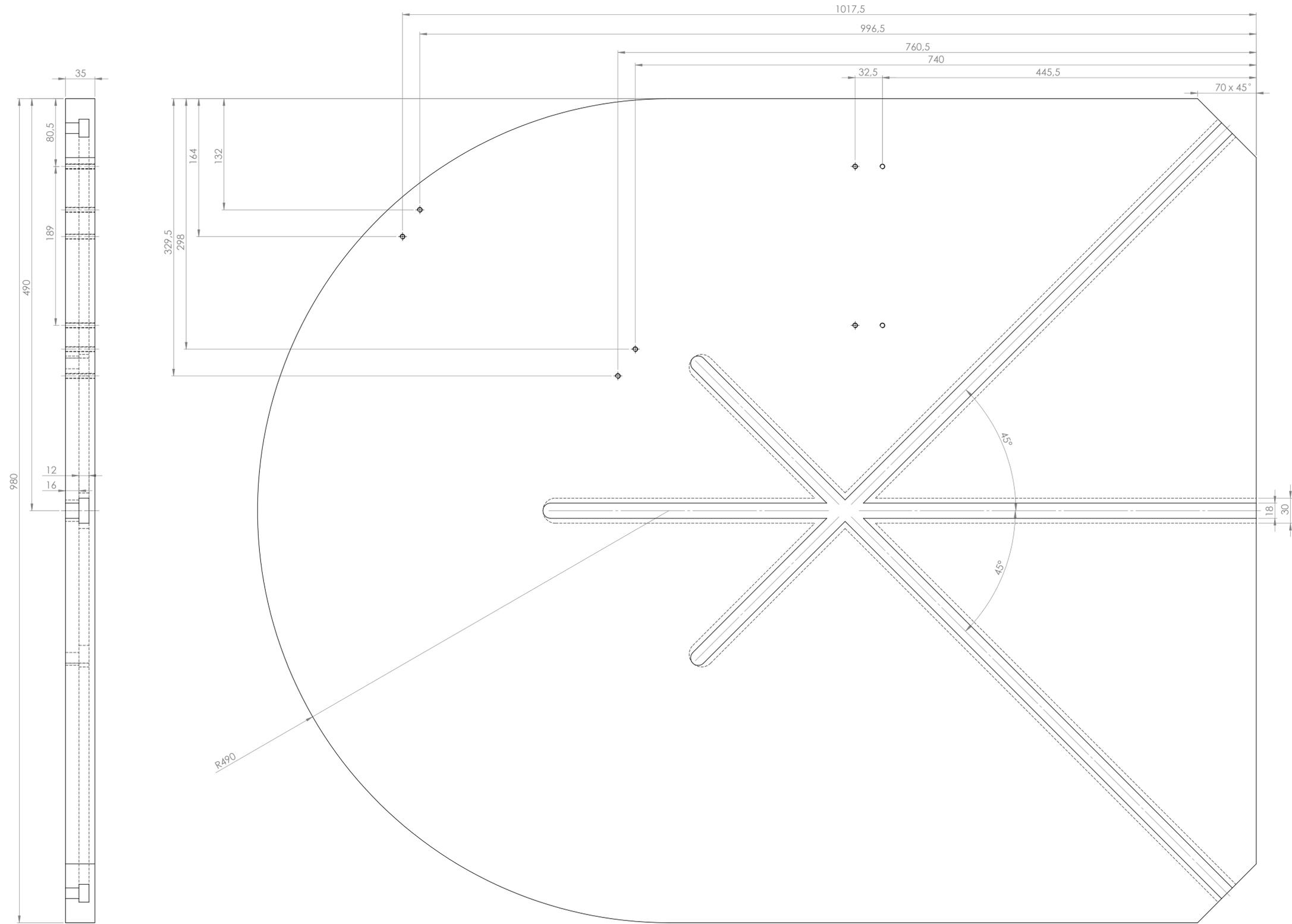


15	1	Goujon	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2 : 1	UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI			2eme année Master
		CHELLALI.H - CHIBANE.S	p13	2011/2012



COUPE A-A  
ECHELLE 2 : 1

19	1	Butée	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 2 : 1	UNIVERSITE MOULOUUD MAMMERI			2ème année Master
	CHELLALI.H - CHIBANE.S		p14	2011/2012



01	1	Table	XC38	Usiné
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
ECHELLE 2:5		UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI		2ème année Master
		CHELLALI.H - CHIBANES	P01	2011/2012

Les cintreuses manuelles utilisées jusque-là n'étaient pas rentables pour l'entreprise, et il faut exercer un effort important pour le cintrage des tiges.

La solution proposée est d'automatiser la cintreuse manuelle en ajoutant des vérins pneumatique. Et la machine fonction avec des pressions variantes de 4 à 10 bars.

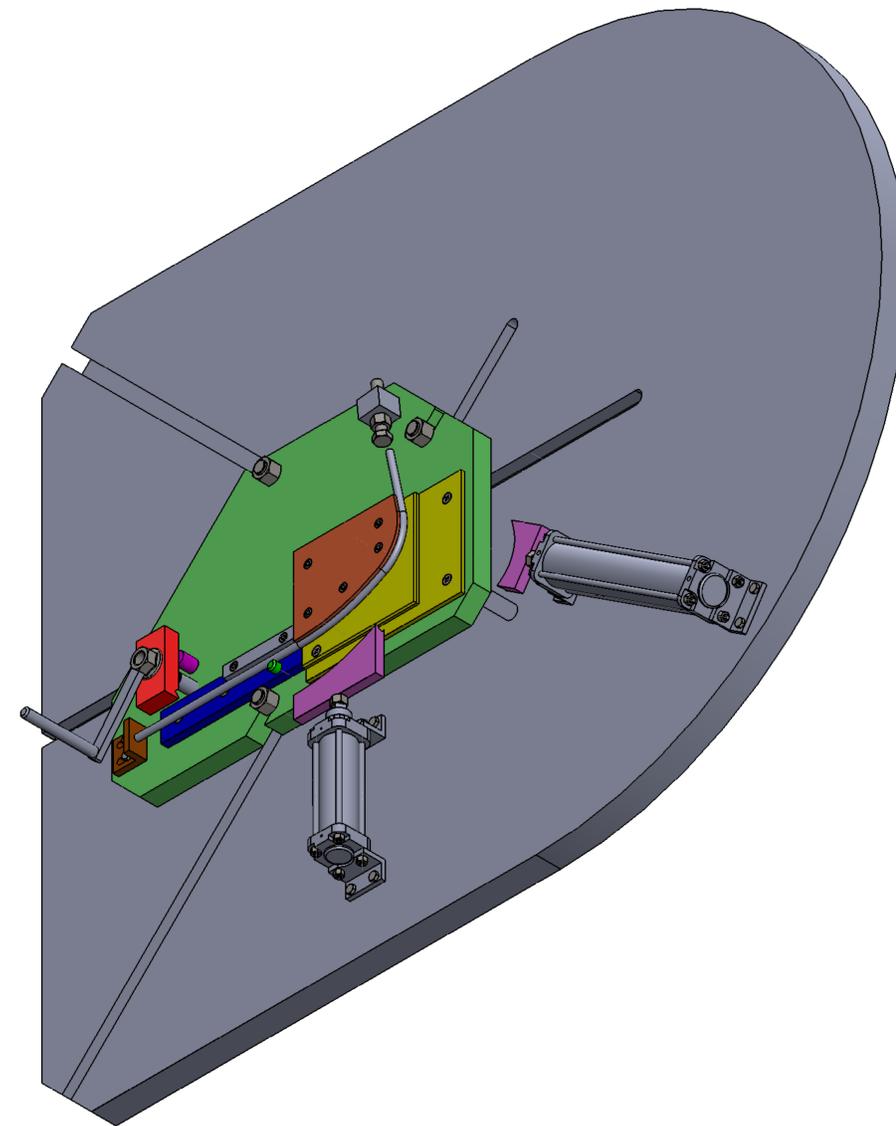
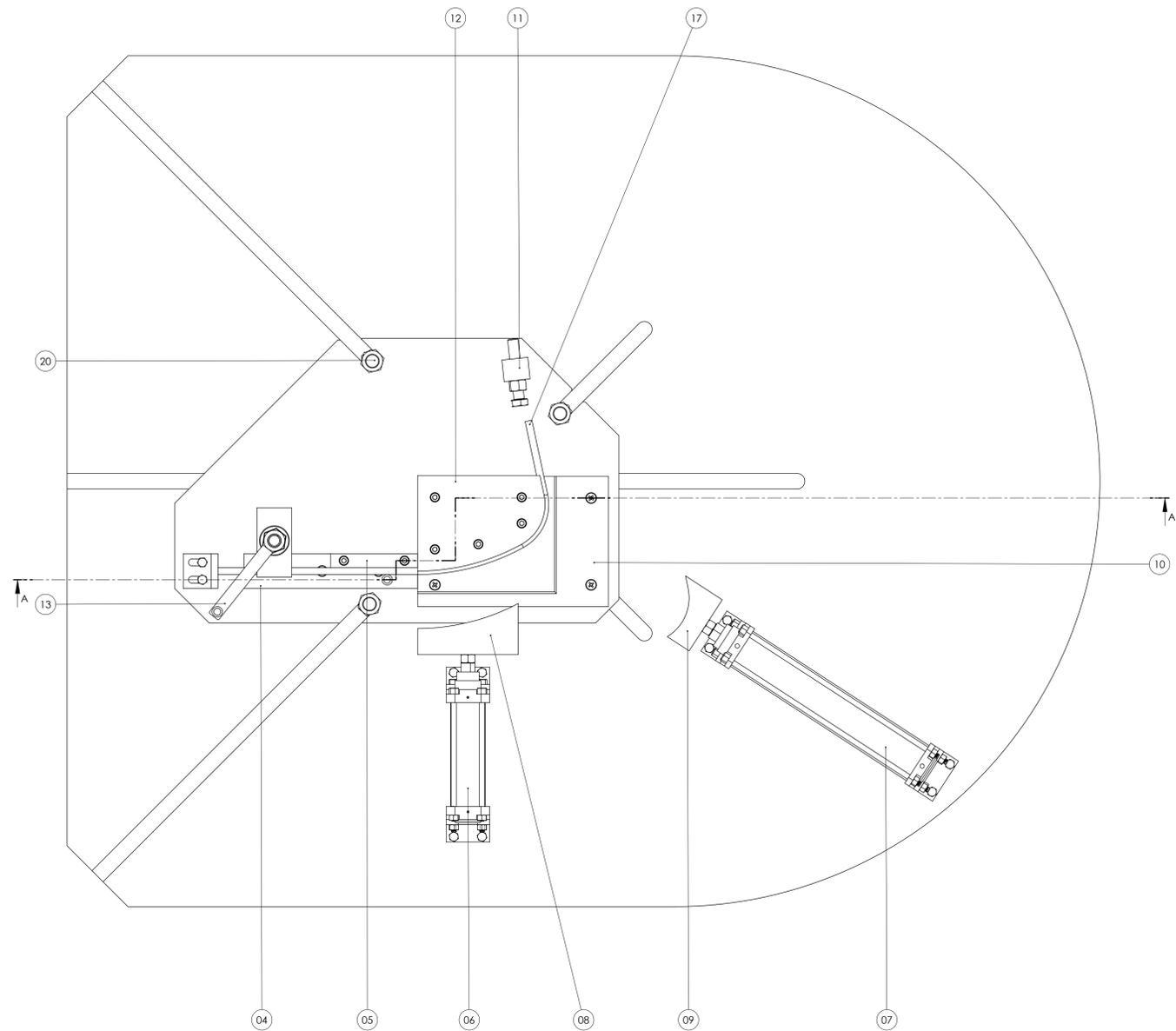
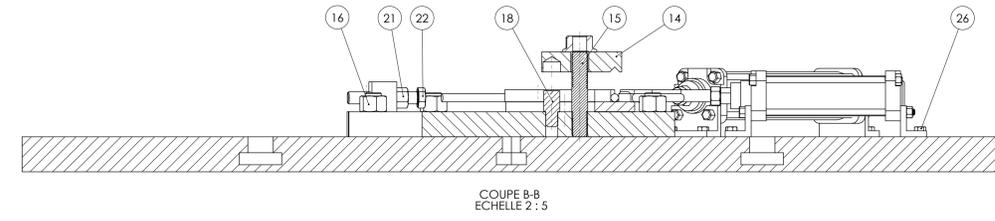
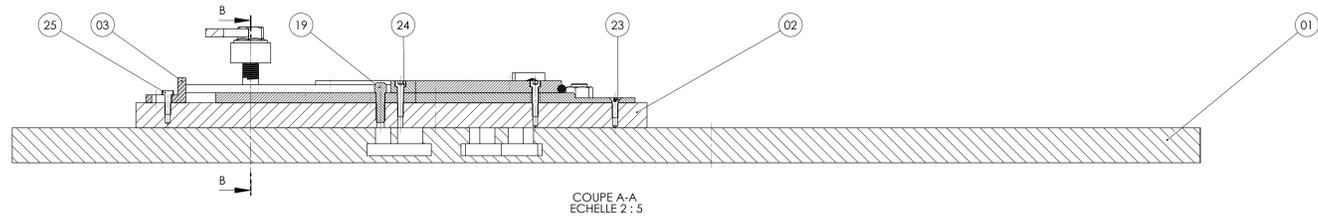
L'élaboration de ce projet nous a permis de nous unifier avec des logiciels CFAO tel que SolidWorks ; l'utilisation de ce logiciel a rendu aisée la conception de la machine.

Et il nous a permis de réaliser une animation en 3D, qui montre l'assemblage des différents éléments. Cela rend notre conception claire malgré sa complexité.

Au terme de ce travail, nous estimons avoir apporté une solution simple et économique au problème posé par l'entreprise (SNVI).

Enfin, nous espérons que notre travail sera exploité par l'entreprise.

<b>Rf</b>	<b>AUTEUR</b>	<b>TITRE</b>	<b>EDITION</b>
[1]	G.PISSARENKE - A.YAKOVLEV V.MATVEEV	Aide-mémoire de résistance des matériaux	de Moscou
[2]	Jean Goulet-Jean-Pierre Boutin	Aide-mémoire RDM	8ème édition
[3]	ARCHICHE Mokrane CHALLAL Hocine	Etude et conception d'une cintreuse pour une poignée de cuisinière	2008 ING CM
[4]	Claude CHEZE	Résistance des matériaux Dimensionnement de structures	
[5]	T.HAMEL-A.CHELMOUNI	Etude et conception d'un outil De pliage	2004 DEUA
[6]	Jean-Louis FANCHON	Guide de Mécanique	Nouvelle édition Complétée
[7]	THIERRY SCHANEN	Guide des Automatisme	2001-2007
[8]	AIDOUD Samir Aouaa Fatah	Etude d'une cintreuse automatique	2004 DEUA
[9]	LATARI.K	Cours de CFAO	2011/2012



Rf	Nbr	Désignation	Matière	Observation
26	8	Vis H M6x25		Acheté
25	2	Vis H M6x20		Acheté
24	7	Vis CHC M6x30		Acheté
23	6	Vis FS M6x20		Acheté
22	1	Boulon H M12x70		Acheté
21	1	Ecrou H M12-8		Acheté
20	3	Boulon H M16x60		Acheté
19	1	Buté	XC38	Usiné
18	1	Appui de la bride	XC38	Usiné
17	1	La tige cintré	XC38	Usiné
16	3	Ecrou EN 4034-M16		Acheté
15	1	Goujon M16-B5	XC38	Usiné
14	1	Bride	XC38	Usiné
13	1	Ecrou EN 4161-M16		Acheté
12	1	Forme de cintrage	XC38	Usiné
11	1	Butée	XC38	Usiné
10	1	Plaque d'usure	XC38	Usiné
09	1	Contre forme (2)	XC38	Usiné
08	1	Contre forme (1)	XC38	Usiné
07	1	Vérin pneumatique (2)		Acheté
06	1	Vérin pneumatique (1)		Acheté
05	1	Bride de guidage	XC38	Usiné
04	1	Plaque d'usure	XC38	Usiné
03	1	Butée réglable	XC38	Usiné
02	1	Corps	XC38	Usiné
01	1	Table	XC38	Usiné
Rf	Nbr	Désignation	Matière	Observation