

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE.**

Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Faculté de Génie de la Construction.



Département De Génie mécanique

**MÉMOIRE
DE FIN DE CYCLE**

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN GENIE MECANIQUE

OPTION:CONSTRUCION MECANIQUE

THEME

MODIFICATION ET AMELIORATION DE LA PRESSE

HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE

PORTES DE REFRIGIRATEURE TN 2000

Proposé par:

Dirigé par:

Réalisé par:

M-HADID.A

M-KACIMI.B

TABTI Amel

(ENIEM)

Mme-TEKLAL.F

ZEGHOUD Youcef

Promotion 2020/2021

Remerciement

Avant tout nous remercions le dieu qui nous a donnés le courage et la patience pour pouvoir franchir toute les épreuves difficiles afin de mener ce projet à termes.

Nous tenons a remercier toute les personne de l'entreprise l'ENIEM surtout notre Co-promoteur Mr HADID qui nous a aidé et nous a orienté tout au long de ce travail.

Nous remercions notre promoteur Mr KACIMI pour l'importance et le confiance qui nous a fait accorder.

Nous remercions très profondément nos chers parents, pour leurs encouragements et leurs patiences.

Nos remerciements vont également aux les membres du jury qui ont bien voulu accepter de jury notre modeste travail.

Merci à vous tous

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents, que nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments, pour leurs patiences illimitées leur encouragement continue, leur aide en témoigne de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

A mes sœurs : Kenza, Safia, Nawal, Chahrazed et ma petite Ibtissam

A mon cousin Kamel et toute ma famille

A mes chers amis (es) : Cylia ,Rahma, Djahida, Youcef

Nadia , Hassina ,Soufiane .

A tous ceux que j'aime

Amel

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

***La mémoire de mon grand-père que j'aurais
aimé qu'il soit là.***

A mes chers parents qui sont toujours à mes cotés.

A mon frère et ma sœur

A mon oncle ZEGHOUD Blaid qui m'a toujours soutenue.

***A toute ma famille, mes amis (es) qui m'ont toujours
soutenus.***

YOUCEF

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Présentation de l'entreprise

1. Présentation de l'entreprise ENIEM	3
2. La constitution de l'entreprise.....	3
2.1. La direction générale.....	3
2.2. Unité cuisson.....	3
2.3. Unité froid	4
2.4. Unité climatisation	4
2.5 Unité sanitaire	4
2.6. Filiale.....	4
2.7. Unité commerciale	4
2.8. Unité de présentation technique	5
3. Les technologies utilisées par l'ENIEM.....	5

Chapitre I: Généralités sur les aciers

I.1.Introduction.....	6
I.2. Influence des éléments d'addition sur les caractéristiques mécaniques des aciers.....	7
I .3 Classification des aciers	8
I.3.1.Classification par emploi	8
I.3.2.Classification des aciers par composition chimique	9
I.3.3.Classification des aciers selon le diagramme d'équilibre fer carbone	10
I.3.3.1. Propriété du fer et du carbone	10
I.3.3.2. Alliage fer-carbone	11
I.3.3.3. Diagramme d'équilibre fer carbone.....	11
I.3.3.4. Les principaux systèmes cristallins	15
I .4. Les propriétés des métaux.....	16
I.5. conclusion	18

Chapitre II: La mise en forme des tôles

II.1. Introduction	19
II.2.comment se déforme un métal.....	19

II.3. Les tôles	22
II.3.1. Définition.....	22
II.3.2. Les caractéristiques mécaniques des tôles	22
II.3.3. la tôle DC01 - DC03 - DC04 - DC05 - DC06 [15].....	23
II.4. Les procédé de la mise en forme des tôles (formage)	25
II.4.1. Laminage	25
II.4.1.1. Laminage à chaud	25
II.4.1.2. Laminage à froid	25
II.4.2. L'hydroformage de tôles	26
II.4.2.1. L'hydroformage des tubes.....	26
II.4.2.2. L'hydroformage de flan simple.....	27
II.4.2.3. L'hydroformage de flans doubles	27
II.4.3. Le repoussage	28
II.4.4. Le découpage	29
II.4.5. Le pliage	34
II.4.5.1. Défirent type de pliage	34
II.4.5.2. Le rayon minimal	36
II.4.5.3. Rayon de poinçon.....	37
II.4.5.4. Le rayon de la matrice de pliage	37
II.4.5.5. Le jeu de pliage	37
II.4.5.6. Effort de pliage.....	38
II.4.6. L'emboutissage.....	38
II.4.6.1. Définition	38
II.4.6.2. Les deux familles d'emboutissage	39
II.4.6.3. Le principe de l'emboutissage	40
II.4.6.4. Type d'emboutissage	40
II.4.6.5. Les matériaux et formes de L'emboutissage.....	41
II.4.7.6. Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage.....	43

II.4.6.7. Les paramètres d'emboutissage	44
II.5. Défauts en mise en forme des tôles métalliques	49
II.6. Conclusion	51

Chapitre III: Généralités sur les presses

III. 1. Introduction	52
III.2. Définition	52
III.3.Type de presses	52
III.3.1. La presse mécanique	52
II.3.1.1 Avantages	53
III.3.1.2 Inconvénients	54
III.3.2.La presse hydraulique.....	54
III.3.2.1. Avantages.....	55
III.3.2.2. Inconvénients	55
III.3.3.Classification.....	56
III.3.3.1. Le nombre de coulisseaux.....	56
III.3.3.2. La forme du bâti.....	56
III.4. Exigence pour le choix d'une presse.....	58
III.5. La partie électrique	59
III.5.1. Définition	59
III.5.2. La constitution de moteur asynchrone	59
III.6. Partie hydraulique	61
III.6.1. Les vérins	61
III.6.2. La pompe.....	62
III.5. Conclusion.....	64

Chapitre IV: Etude et conception de la machine d'emboutissage

IV.1. Introduction.....	65
IV.2. Le travail demandé.....	65
IV.3. Les étapes d'obtention de la pièce finie	65
IV.4. Tôles DC03 A et leur état de livraison.....	66
IV.5. Cahier des charges	67
IV.6. La fiche technique de la tôle DC03.....	67

IV.7. Emplacement de la pièce.....	69
IV.8. Description de la machine.....	69
IV.9. Fiche technique de XC48.....	71
IV.10. Dureté de XC avant et après le traitement thermique	71
IV.11. Etude de l'outil.....	71
IV.11.1. Le jeu entre le poinçon et la matrice	71
IV.11.2. Le rayon minimal et maximal de la tôle	71
IV.11.3. L'arrondi sur le ponçons et la matrice	73
IV.11.4. L'effort d'emboutissage.....	73
IV.11.5. Calcul l'effort de serre flan	74
IV.11.6. Choix de ressort	74
IV.11.7. Choix de vérin.....	77
IV.12. Conclusion	81

Chapitre V: Etude technico-économique

V.1. Le but de l'étude.....	82
V.2. Le prix de la partie supérieure.....	82
V.3. Le prix de la partie inferieure	86
V.4.Le prix de revient totale de l'outil	89
Conclusion générale	90

Bibliographie

Annexes

Liste des figures

Chapitre I: Généralités sur les aciers

Figure 1: Diagramme fer-carbone (Fe-Fe ₃ C ou fer-cémentite).....	12
Figure 2: La solution solide d'insertion	13
Figure 3: Micrographie représentant de la ferrite.....	13
Figure 4: Micrographie représentant de l'austénite.....	14
Figure 5: La molécule de cémentite (ou carbure de fer)	14
Figure 6: Les trois systèmes cristallins	16

Chapitre II: La mise en forme des tôles

Figure 1: Existence de bandes de glissement dans les grains	21
Figure 2: Représentation très schématisée d'une déformation élastique par cisaillement	21
Figure 3: Diffusion des atomes interstitiels vers une dislocation.....	22
Figure 4: Principe de laminage.....	25
Figure 5: Principe du procédé d'hydroformage.	26
Figure 6: Principe du procédé d'hydroformage des tubes.....	26
Figure 7: Principe d'hydroformage des flans	27
Figure 8: Repoussage	28
Figure 9: Crevage	29
Figure 10: Encochage.....	29
Figure 11: Détournage.....	30
Figure 12: Poinçonnage.....	30
Figure 13: Effort et contrainte sur poinçon lors des phases du découpage	31
Figure 14: Jeu de découpage	33
Figure 15: Procédé de pliage	34
Figure 16: Pliage en V	34
Figure 17: Pliage en air	35
Figure 18: Pliage en frappe	35
Figure 19: Pliage en U.....	35
Figure 20: Pliage en L	36
Figure 21: Rayon intérieur de pliage.....	36
Figure 22: Jeu de pliage et rayon de la matrice.....	38
Figure 23: Procédé d'emboutissage avec freinage de la tôle sous serre flan.....	39
Figure 24: Procédé d'emboutissage.	40

Figure 25: Principaux modes de d´déformation par emboutissage.	41
Figure 26: Variation de l'arrondi sur la matrice et le poinçon.....	45
Figure 27: Retour élastique	49
Figure 28: Striction sur une tôle épaisse (en haut) et très mince (en bas).....	50
Figure 29: Rupture avec formation de plis.....	51

Chapitre III: Généralités sur les presses

Figure 1: La presse mécanique.....	53
Figure 2: presses hydraulique.....	54
Figure 3: Presses à col Signe.....	56
Figure 4: presses à arcade.....	57
Figure 5: Presses à montants droits	57
Figure 6: Presses à colonnes.....	58
Figure 7: Moteur asynchrone	59
Figure 8: le stator.....	59
Figure 9: Le rotor	60
Figure 10: Les organes de la machine asynchrones	60
Figure 11: Constitution d'un vérin	62
Figure 12: Pompe hydraulique	63

Chapitre IV: Etude et conception de la machine d'emboutissage

Figure 1 : Emplacement de la porte TN2000	69
Figure 2: Poinçons.....	73
Figure 3: Ressort de compression	75
Figure 4: Caractéristiques ressort.....	76
Figure 5: Ressort chargement léger, couleur vert, rectangulaire.....	76
Figure 6: Catalogue Rabourdin Ressorts charges léger	77

Liste des tableaux

Présentation de l'entreprise

Tableau 1 : Présente les technologies importées par l'ENIEM.....	5
--	---

Chapitre I: Généralités sur les aciers

Tableau 1:L'influence de taux de carbone sur les propriétés de l'acier.....	6
Tableau 2: Récapitulatif des éléments d'addition fluant sur les propriétés des aciers.....	7
Tableau 3: La signification des principaux symboles	8
Tableau 4: Quelques aciers d'usage général	8
Tableau 5: Quelques aciers faiblement alliés.....	9
Tableau 6: Quelques coefficients multiplicateurs	10
Tableau 7: Quelques aciers fortement alliés	10

Chapitre II: La mise en forme des tôles

Tableau 1: Désignation de tôle de la gamme DC01 au DC06	24
Tableau 2: Caractéristique de quelque tôle.	24
Tableau 3: Résistance au cisaillement Rc de quelques matériaux	32
Tableau 4: Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper [21].....	33
Tableau 5: Le coefficient Ken fonction de d/D.....	46
Tableau 6: de la vitesse d'emboutissage selon la matière de flan	47
Tableau 7: Quelques matériaux de flan et leur pression spécifique.....	48

Chapitre IV: Etude et conception de la machine d'emboutissage

Tableau 1 : les démentions de la tôle a embouti	68
Tableau 2: les compositions chimiques de la tôle à emboutir.....	68
Tableau 3: caractéristiques mécaniques de la tôle DC03.....	68
Tableau 4: Fiche technique de XC48	71
Tableau 5: Dureté de XC 48 avant et après le traitement thermique	71

Notation

Re : limite élastique (MPa).

Rm : la contrainte maximale (MPa).

R_{min} : résistance minimale à la rupture par extension (MPa).

Re_{min} : Limite minimale apparente d'élasticité (MPa).

e : déformation conventionnelle.

L₀ : longueur initial (mm).

ε : déformation rationnelle.

E : module de Young (d élasticité) (MPa).

r : le coefficient d anisotropie.

n : le coefficient d écrouissage.

A : surface propre pouvant comporter quelques défauts (mm²).

B : surface très propre pratiquement sans défaut, pièces visibles (mm²).

Fd : effort de découpage (N).

p : le périmètre (mm).

Rc : résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm²).

Rma : les rayons de matrice (mm).

Rp : les rayons du poinçon (mm).

e_p : épaisseur (mm).

e₀ : L'épaisseur initiale de la tôle (mm).

R_{min} : rayon minimal de pliage (mm).

A% : allongement.

Z% : coefficient de striction.

Lu : longueur ultime entre repère ou longueur reconstituée après rupture (mm).

S₀ : l'air de la section initial (mm).

Su : l'air de la section après la rupture (mm).

Fp : effort de pliage (N).

L : longueur de pli (mm).

er : l'épaisseur de la tôle a l'état final (mm).

Fe : effort d'emboutissage (N).

d : diamètre du poinçon (mm).

D : diamètre du flan (mm).

K : Coefficient en fonction du rapport **d/D**

P : la pression spécifique sur le serre flan (daN/mm²).

Fs : force de serrage (N).

Ph : puissance hydraulique (W).

Pr : puissance(W).

Qv : débit volumique (m³/s).

V : la vitesse (m/s)

C.C : cubique centrée.

C.F.C : cubique face centrée.

Introduction générale

Lors de ces dernières années, et avec le développement qui touche l'industrie en général, une concurrence a été apparue de la part des entreprises, pour répondre aux exigences de marché en termes de qualité des produits pour la satisfaction durable de client, et aussi pour satisfaire ces impératifs économique ; cela lui impose d'améliorer ces procédés de fabrication. Cette dernière pourra être réalisé avec la maîtrise des progrès technologiques, tel que les machines-outils à commande numérique et les logiciels de conception et fabrication assisté par l'ordinateur (CFAO).

La production des pièces en tôle présente une grande importance dans l'industrie, vue leur diversité d'utilisation dans de nombreuses domaines, ainsi tous les procédés de la mise en forme des tôles sont largement utilisés en fabrication mécanique.

L'emboutissage est parmi les procédés de fabrication les plus courants qui touchent de nombreuses industries telles que l'automobile, l'aéronautique, l'électroménager, ou les appareillages électriques...etc. Il s'agit de transformer une feuille métallique à un produit finis.

D'après le Service des Etudes et des Statistiques Industrielles (SESI) du Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie, d'un point de vue mondial en 2004, 265 millions de tonnes de tôle d'acier et 9 millions de tonnes d'aluminium ont été transformées par emboutissage, ce secteur regroupe 33% du chiffre d'affaires de la sous-traitance industrielle du travail des matériaux et 47% des services industriels destinés à l'automobile [1]; et Grâce à ses intérêts économiques et technologiques indéniables (grandes cadences de production, qualité géométrique et mécanique des pièces et faible taux de chutes), les scientifiques et les industriels cherchent donc toujours les meilleures conditions pour les quelles l'aptitude à la déformation peut aller à son tour maximum afin de minimiser les rebuts.

Le bureau d'étude l'ENIEM nous a confié d'améliorer une machine d'emboutissage qui vas servir à fabriquer une porte de réfrigérateur avec de géométrie bien déterminer, basant sur le procédé d'emboutissage. Cette étude a été faite essentiellement pour produire les pièces désirables avec le minimum des rebuts ; et d'une manière à satisfaire la résistance de cette machine à l'effort de cette opération.

Nous avons commencé notre travail avec une introduction général, ensuite nous avons fait une présentation de l'entreprise nationale de l'industrie électroménagère (ENIEM) pour entamer le premier chapitre où nous avons donné des généralités sur les aciers et leurs classifications selon différents critères. Dans le deuxième chapitre, nous avons exposé les

différents procédés de la mise en forme des tôles et leur paramètre où nous avons approfondi dans le procédé d'emboutissage qui représente la partie principale de notre travail. Le troisième chapitre est consacré aux différents types de presse en citant leurs avantages et leurs inconvénients avec des exemples. Dans ce chapitre nous avons parlé aussi sur les principales composantes de la presse (la pompe, le vérin et le moteur). Le quatrième chapitre concerne l'étude et la conception de la machine. Le but principal de cette étude où nous avons utilisé les informations acquise dans les calculs de différents paramètres de procédé de l'emboutissage est de faire les modifications nécessaires sur la machine. Le cinquième chapitre donne l'étude technico-économique pour faire une estimation sur le prix de revient de cette modification. En fin, nous avons terminé notre travail par une conclusion général.

Présentation de l'entreprise

1. Présentation de l'entreprise ENIEM

L'entreprise nationale des industries de l'électroménager a été créée par le décret N°83-19 du 02 janvier elle est entrée en production le 16 juin 1971 avec un effectif des 572 travailleurs ; l'ENIEM a une grande place dans la fabrication électroménagère en Algérie où elle est connue par le leader électroménager, et cela dans plusieurs domaines tels que les appareils électroménagers, les appareils de collectivité, les lampes d'éclairage et les produits sanitaires.

Ses produits sont destinés au grand public grâce à sa haute qualité, et sa distribution est faite par des agents agréés dans la liste se trouvant au département commercial.

Elle est située à la zone industrielle AISSAT IDIR de Oued Aissi à 7Km du chef-lieu de wilaya de Tizi-Ouzou, sa direction générale se trouve à la sortie sud-ouest de la ville de Tizi-Ouzou

Et à part le complexe qui se trouve à Tizi-Ouzou elle a créé une unité à Mohammédia, qui a entré en production en février 1979, et une unité à Miliana en 2000.

2. La constitution de l'entreprise

Actuellement l'entreprise l'ENIEM se constitue de :

2.1. La direction générale

La direction générale est responsable de la stratégie de développement de l'entreprise, elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des Unités.

2.2. Unité cuisson

L'émulsion de cette unité est de produire et développer la cuisson et tous les produits similaires, ses activités sont :

- ✓ Transformation de la tôle
- ✓ Traitement et revêtement de surface
- ✓ Assemblage

2.3. Unité froid

Son rôle est de produire et développer les produits froids domestiques ; ses activités sont :

- ✓ Transformation des tôles
- ✓ Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification)
- ✓ Injection plastique et poly plastique
- ✓ Isolation
- ✓ Thermoformage
- ✓ Assemblage

2.4. Unité climatisation

La mission globale de cette unité est de développer les produits de climatisation, ses activités sont :

- ✓ Transformation
- ✓ Traitement et revêtement de surface
- ✓ Assemblage

2.5 Unité sanitaire

La mission de cette unité est de produire et développer les produits sanitaires (baignoires, lavabos).

2.6. Filiale

L'unité lampes de Mohammedia pour la fabrication des lampes d'éclairage domestique ainsi que les lampes de réfrigérateurs est devenue filiale à 100% ENIEM le 01.01.1997 ; cette filiale est dénommée « FILAMP ».

2.7. Unité commerciale

Le rôle de cette unité est de faire écouler le produit dans le marché, son travail est d'étudier la fluctuation du marché à base d'un sondage sur l'offre et la demande

2.8. Unité de présentation technique

Le rôle de cette unité est de faire une étude technique de produit et de l'examiner d'une façon qu'il pourra réaliser avec les moyens existant au sien de l'entreprise.

3. Les technologies utilisées par l'ENIEM

Depuis la création de l'ENIEM ses technologies répondent aux normes internationales dont ils sont importés dans le cadre de l'exploitation des licences et des copies de fabricant et fournisseurs de grandes marques étrangères.

Le tableau ci dessous présente la technologie utilisée par l'ENIM dans chaque activité, ainsi que le pays d'origine :

Produit de l'ENIEM	Technologies	Pays d'origine
Réfrigérateurs 200et 240 litre	Bosch	Allemagne
Congélateur bahut 350et 480 litre et réfrigérateurs 520 litres	LMATIC	Liban
Reste des réfrigérateurs	Toshiba	Japon
Cuisinières	TECHNOGAZ	Italie
Climatiseurs	AIR WELL	France

Tableau 1 : Présente les technologies importées par l'ENIEM

Chapitre I

Généralités sur les aciers

I.1.Introduction

Les structures métalliques et mécaniques sont basées sur leur utilisation prévue, c'est-à-dire leurs caractéristiques de résistance (pour assurer une sécurité structurelle adéquate) et de déformabilité (pour assurer une bonne utilisation). Par conséquent, il est fortement affecté par les propriétés de l'acier utilisé, c'est-à-dire sa résistance mécanique élevée, sa ductilité élevée et sa soudabilité.

Les aciers proviennent de minerai de fer et sont des alliages à base de fer dont très majoritaire et de carbone dans des proportions comprise entre 0,002 % et 2 % en masse, [2]

Il contient aussi d'autre élément tel que : le silicium (Si), le manganèse (Mn), le nickel (Ni) Ces éléments sont ajoutés volontairement à l'acier pour lui conférer des propriétés mécaniques intéressantes. [3]

Le tableau ci-dessous présente l'influence de taux de carbone sur les propriétés de l'acier

Taux de carbone	composition	Propriété	Utilisation typique	remarque
Bas carbone (ferrite)	0,10 à 0,25 % C	60 000 psi	Produits en feuilles, clous, tuyaux ; Pièces forgées, vis, tôles, profilés structuraux.	Ductilité
Moyen carbone (ferrite et perlite)	0,30 à 0,60 % C	40 HRC	Vilebrequins forgés, engrenage ; Rails, matrices de forgeage, lames de ressorts, burins, marteaux, scies à ruban.	Compromis en la ductilité et la résistance à l'usure
Haut Carbone (perlite et cémentite)	0,80 à 1,20 % C	Haut Carbone (perlite et cémentite)	Acier à outils (ressorts à boudins, poinçons, matrice, machines, outils de tour	Résistance à l'usure

Tableau 2: L'influence de taux de carbone sur les propriétés de l'acier

L'augmentation du taux de carbone dans un acier aura pour effet :

- D'augmenter la dureté.
- D'augmenter la résistance en traction.
- D'augmenter la limite d'élasticité.
- De réduire la résistance à l'impact.
- De réduire la ductilité (% d'allongement).

I.2. Influence des éléments d'addition sur les caractéristiques mécaniques des aciers

Le tableau suivant regroupe les éléments d'addition qui influent sur les caractéristiques mécaniques des aciers

	C	MN	Si	Al	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	Cu	S	P	Ti	Ta	Nb
Limits Élastique	↗	↗	↗		↗	↗	↗	↗								
Résistance à La rupture R	↑	↑	↑		↗	↑	↗	↗	↗	↗	↗		↗	↗	↗	↗
Allongement	↓	↘	↘		↘	↘	↘			↘	↓		↘			
Résistance à La temperature	↗					↑	↑	↗		↗			↗			
Résistance Au fluage	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↑									
Résistance à La fatigue	↗					↗	↑	↑		↗				↑		
Grosueur de Grain	↗	↑	↗	↓	↘	↗		↓		↘			↗			
Résistance à l'oxydation			↑	↑		↑										

Tableau 3: Récapitulatif des éléments d'addition fluant sur les propriétés des aciers

Augmenté ↗ Diminuée ↘

Fortement augmenté ↑↑ Fortement diminuée ↓↓

I.3 Classification des aciers

I.3.1. Classification par emploi

La désignation commence par une ou plusieurs lettres, le nombre qui suit donne la valeur minimale de la limite d'élasticité ou de la résistance à la traction en Méga Pascal ; et le nombre qui suit indique la valeur minimale de la limite d'élasticité en MPa. [3]

Le tableau ci-dessous donne la signification des principaux symboles :

Letter	Acier	Nombre
S	De construction	Re
P	Pour appareils sous pression	Re
L	Pour tubes de conduit	Re
E	De construction mécanique	Re
B	A béton	Rm
Y	Pour béton pré-contrainte	Rm
R	Pour ou sous forme de rails Laminé	Re
H ou HT	Pour emboutissage à froid	Re ou Rm
DC, DD, DX	Laminé pour formage à froid	Re ou Rm

Tableau 4: La signification des principaux symboles

- S'il s'agit d'un acier moulé, la désignation est précédée de la lettre G.
- Dans le tableau suivant on présente quelques aciers d'usage général.

Nuance	R min	Re min
S185	290	185
E295	470	295
GS185	-	-

Tableau 5: Quelques aciers d'usage général

R min : résistance minimale à la rupture par extension (Mpa)

Re min : Limite minimale apparente d'élasticité (Mpa)

I.3.2. Classification des aciers par composition chimique

➤ Aciers non alliés

La désignation se compose de la lettre C, suivie du pourcentage de la teneur en carbone multiplié par 100 et la teneur en manganèse $< 1\%$

Exemple : C45

C : carbone

45 : 0,45% de carbone

C22, C25 : aciers de construction mécanique

C30, C35, C40, C45, C50 : ces aciers conviennent aux traitements thermiques

➤ Aciers faiblement alliés

La teneur en Mn est $> 1\%$ et la teneur de la somme d'élément d'alliage est $< 5\%$.

La désignation comprend :

Un nombre entier égal à 100 fois le pourcentage de la teneur moyenne en carbone.

Un ou plusieurs groupes de lettre qui sont les symboles chimiques des éléments d'addition rangés dans l'ordre des teneurs décroissantes.

Les teneurs sont multipliées par un coefficient multiplicateur variable en fonction des éléments d'alliage [2]

Dans le tableau suivant on donne quelque exemple pour les aciers faiblement alliés :

Aciers faiblement alliés		
Nuance	Rmin	Remin
42CrMo4	1080	850
36 Ni Cr Mo 16	1710	1275

Tableau 6: Quelques aciers faiblement alliés

Le coefficient de multiplication dans les désignations des aciers est défaire selon l'élément allié ; le tableau suivant donne quelque coefficient multiplicateur :

Elément d'alliage	Coefficient
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100

Tableau 7: Quelques coefficients multiplicateurs

➤ Aciers fortement alliés

Teneur d'au moins un élément d'alliage est supérieur à 5%. La désignation commence par la lettre X suivie de la même désignation que celle des aciers faiblement alliés à l'exception des valeurs des teneurs qui sont des pourcentages nominaux réels

Le tableau suivant présente quelque acier fortement alliés :

Aciers fortement alliés		
Nuance	R _{min}	Re _{min}
X2CrNi 19-11	460	175
X6CrNiMoTi 17-12	540	215

Tableau 8: Quelques aciers fortement alliés

Exemple : X30 Cr 13 :

30 : 0.3% de carbone

13% de chrome

I.3.3. Classification des aciers selon le diagramme d'équilibre fer carbone

I.3.3.1. Propriété du fer et du carbone

- Le fer

Le fer est un élément chimique, de symbole Fe, c'est le métal de transition et le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie quotidienne, sous forme pur ou d'alliages. [4], [5], [6]

Sa masse volumique de 7,97 Kg/dm³ à la température ambiante

Son nombre atomique Z est de 28

Sa masse atomique A est de 55.85

Son rayon atomique r est égale à 1,27 Å

Son point de fusion est 1535 °C et celui d'ébullition est de 3000 °C

Sa résistivité électrique est de $0,095 \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$

- Le Carbone

Le carbone est un élément non métallique de numéro atomique Z égale à 6 et de densité égale à $2,5 \text{g/cm}^3$, sa masse atomique vaut 12,011 et son rayon atomique est de 0,77 Å, sa température de fusion est de 3500 °C et celle d'ébullition est de 4830 °C [5], [6]

I.3.3.2. Alliage fer-carbone

Les phases constituant le système fer carbone sont :

_ L'alliage liquide, la solution solide (austénite, ferrite) cémentite et le graphite.

_ Les alliages Fer Carbone se solidifient selon deux diagrammes d'équilibre distincts :

Si la phase riche en carbone formée est Fe_3C , l'évolution du système est décrite dans les conditions d'équilibre par le diagramme métastable ou à cémentite

Si la phase riche en carbone formée est le graphite, l'évolution du système est décrite dans les conditions d'équilibre par le diagramme stable ou à graphite. [7]

I.3.3.3. Diagramme d'équilibre fer carbone

Ce diagramme est très utile pour comprendre les aciers, les fontes et les traitements thermiques [7]

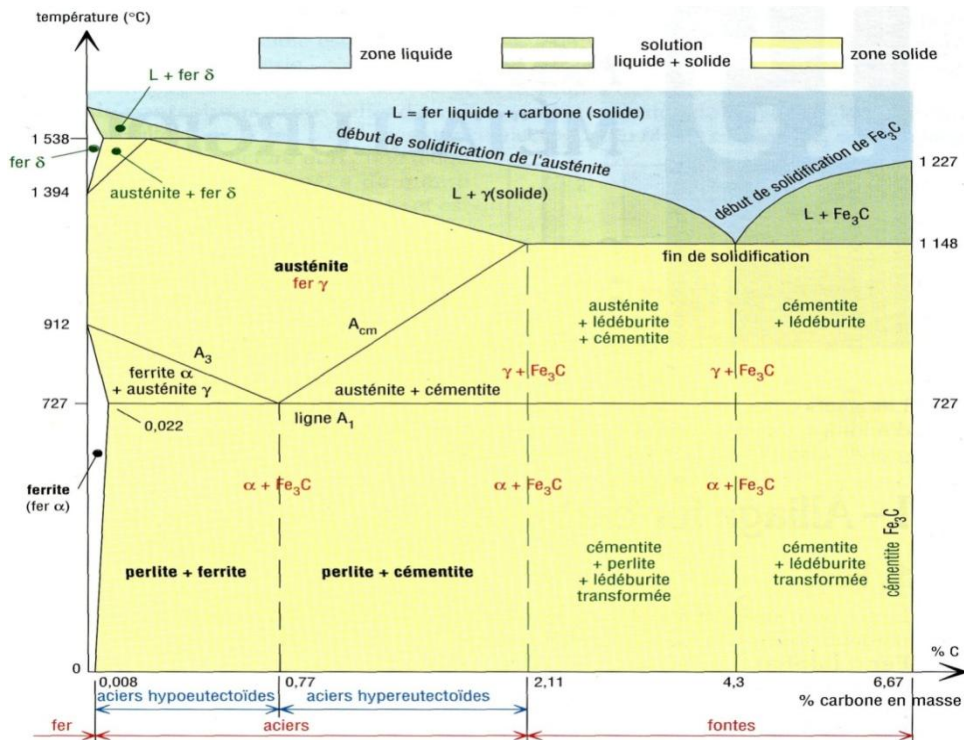


Figure 1: Diagramme fer-carbone (Fe-Fe₃C ou fer-cémentite)

- **Fer α (alpha) :** Il existe jusqu'à 912 °C. De structure cristalline à maille cubique centrée, il ne dissout pratiquement pas le carbone (0,022 % C à 727 °C, 0,008 % C à température ambiante). La solution fer α plus carbone dissous s'appelle la ferrite.

- **Fer γ (gamma) :** Il est stable entre 912 °C et 1 394 °C ; de maille cubique à faces centrées, il peut absorber, ou « dissoudre », beaucoup plus d'atomes de carbone que le fer α car les interstices sont plus nombreux entre les atomes. La proportion maximale est de 2,11 % à 1 148 °C. La solution fer γ plus carbone dissout s'appelle l'austénite.

- **Fer δ (delta) :** Il est stable entre 1 394 °C et 1 538 °C ; de maille cubique centrée, il a peu d'importance sur le plan industriel.

- **Fe-Fe₃C :** Solidification ou la fusion de tous les alliages dont la teneur en carbone est inférieure ou égale à 6,67%

- **Ligne A₁ (727 °C) :** elle marque la fin de la transformation de la perlite, mixture de fer contenant 0,77 % C, en austénite ; au-dessus de 727 °C la perlite n'existe plus.

- **Ligne A₃ :** elle précise la fin de la transformation de la ferrite en austénite ; la ferrite n'existe plus au-dessus de cette ligne.

- **Ligne A_{cm} :** elle indique la fin de la dissolution, après dissociation, de la cémentite dans l'austénite lorsque celle-ci existe.

- **Symboles A, r, et c** : ils sont normalisés, aux normes internationales. Le symbole A est utilisé pour arrêt, r pour refroidissement et c pour chauffage .Il est limité à droite par la cémentite (6,67 % C, matériau fragile, cassant, très dur) et fait

Exemples : A_{r1} signifie passage de la ligne A_1 lors d'un refroidissement ; A_{c3} passage de A_3 lors d'un chauffage ; A_{cm} passage de A_{cm} lors d'un chauffage

- **La ferrite** : La ferrite est une solution solide de carbone dans le fer α . Les atomes de carbone s'insèrent au hasard dans les espaces interatomiques du réseau cristallin (c.c.).

Dans la matière, elle se présente sous forme de grains. On parle d'une structure tendre et souple et sa dureté est de l'ordre 10 à 15 HRC.

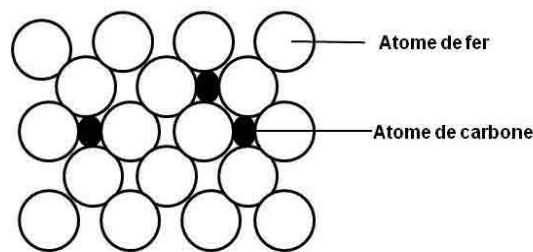


Figure 2: La solution solide d'insertion

Les dimensions réduites de ces espaces limitent de façon très importante le nombre d'atomes de carbone insérés. Le pourcentage maximal de carbone dissous dans la ferrite est de :

0,006 % à 20 °C ;

0,020 % à 723 °C.

Comme sa teneur de carbone est négligeable, on peut considérer la ferrite comme du fer α .

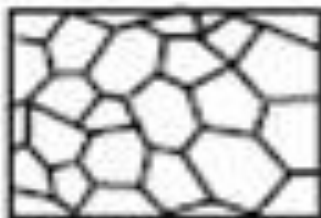


Figure 3: Micrographie représentant de la ferrite

- **L'austénite** : L'austénite est une solution solide de carbone dans le fer γ . Les dimensions plus importantes

Des espaces interatomiques du réseau cristallin (c.f.c.) permettent à l'austénite de dissoudre jusqu'à 2,06 % de carbone à 1 145 °C.

- L'austénite est aussi une solution solide d'insertion.

-L'austénite est paramagnétique.

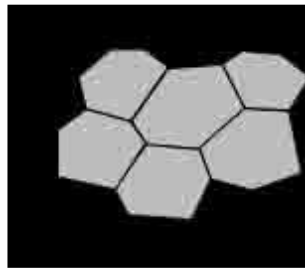


Figure 4: Micrographie représentant de l'austénite

- La cémentite (ou carbure de fer)

La cémentite est constituée de molécules composées d'atome de fer et d'atomes de carbone.

Trois atomes de fer pour un atome de carbone, Fe_3C . Elle contient 6,67 % de Carbone (en masse). La cémentite ne forme pas de grain à l'échelle macroscopique, et elle peut se retrouver sous diverses formes : fines aiguilles, plaquettes, dans les joints de grain des aciers Hypereutectoides, etc.

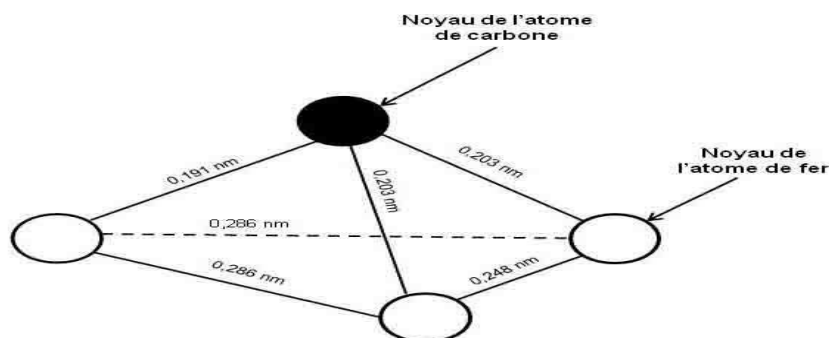


Figure 5: La molécule de cémentite (ou carbure de fer)

Ce composé intermétallique à une concentration de carbone de 6,67 % (en masse). Il possède la caractéristique d'être très dure et très fragile.

- Les aciers

D'après le diagramme d'équilibre fer-carbone, on distingue trois types d'aciers :

a. Aciers hypoeutectoïdes

Ces aciers ont une teneur en carbone inférieure à 0,77%, leur structure est constituée de grains de ferrite et d'agrégats de perlite. [8] Selon les propriétés mécaniques, on peut scinder les aciers hypoeutectoïdes en cinq sous groupes :

- **Aciers extra-doux** : sont des aciers dont la teneur en carbone est comprise entre 0,05 et 0,1%. Ils contiennent uniquement de la ferrite et une faible quantité de perlite et de cémentite tertiaire.
- **Aciers doux** : la teneur en carbone de ces aciers est comprise entre 0,1 et 0,25%.
- **Aciers mi- doux** : leur teneur en carbone est comprise entre 0,25 et 0,4%.
- **Aciers mi-durs** : leur teneur en carbone est comprise entre 0,4% et 0,6%.
- **Aciers durs** : leur teneur en carbone est comprise entre 0,6% et 0,77%.

b. Aciers eutectoïdes

Ce sont des aciers dont la teneur en carbone est égale à 0,77% à la température de 727°C. [8] Leur structure métallographique est constituée de lamelles alternées de ferrite et cémentite c.à.d. 100 % de perlite.

c. Aciers hypereutectoïdes

La teneur en carbone de ce type d'acier est comprise entre 0,77 et 2,11%. Ils présentent une structure constituée de plages de perlite séparées par des lisières de cémentite. Parmi ces aciers, on distingue les deux sous-groupes : - Aciers durs : leur teneur en carbone est comprise entre 0,8% et 1%. - Aciers extra-durs : leur teneur en carbone varie entre 1% et 2,11%. [8]

I.3.3.4. Les principaux systèmes cristallins

Il existe une grande variété de types d'empilements atomiques. Il y a plus d'un siècle que Bravais a montré qu'il en existait quatorze. Nous ne les considérerons pas car il suffit, pour ce qui nous intéresse, d'en connaître trois qui sont représentés schématiquement à la figure :

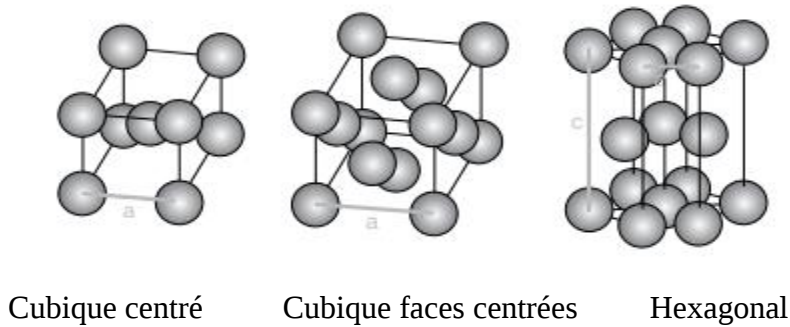


Figure 6: Les trois systèmes cristallins

Celui de gauche, le système cubique centré, abrégé en CC, est celui du fer à la température ambiante. Ce constituant est donc appelé ferrite. Comme on le voit, il y a un atome à chaque sommet du cube élémentaire plus un au centre de celui-ci.

Quand la température du métal pur atteint 910 °C, il change alors de système cristallin et devient cubique à faces centrées CFC, (figure du milieu), qu'on appelle austénite. Ce système ne nous intéresserait guère pour l'emboutissage à froid si les aciers inoxydables austénitiques et de nouvelles nuances d'acier au carbone (aciers TRIP) n'avaient justement ce même type de réseau à la température ambiante. L'aluminium pur et le cuivre sont également cubiques à faces centrées.

La figure de droite représente un système hexagonal. Quand le rapport c/a vaut 1,633, le système est le plus compact possible. Mais, bien souvent, ce rapport est plus grand et la cohésion entre les plans denses, dits plans basaux, est affaiblie [9]

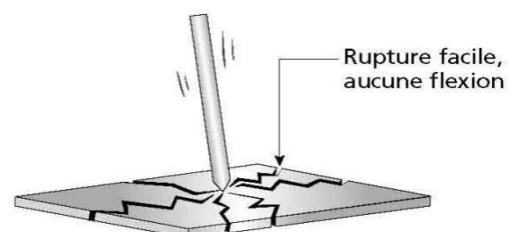
I .4. Les propriétés des métaux

Les métaux se différencient selon leurs différentes particularités qui leur donnent des propriétés spécifiques. Ces propriétés déterminent leur soudabilité, et aussi la fonction du métal dans un assemblage. [10]

Voici illustrées quelques-unes des propriétés susceptibles d'affecter, voire modifier les métaux:

-La fragilité

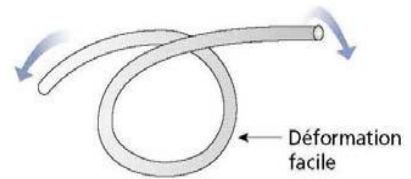
Fragilité montre la particularité d'un métal qui se brise facilement sous l'effet d'un choc ou



d'une déformation. Il se déforme peu ou pas du tout, et se casse facilement.

-La ductilité

À l'opposé, la ductilité est la capacité d'un métal à se déformer sans se briser. Il peut être étiré, allongé ou soumis à des forces de torsion. Les matériaux ductiles sont difficiles à casser parce que les fissures ou les défauts créés par une déformation née ne propagent pas facilement.



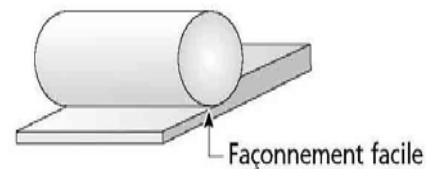
-La ténacité

La ténacité est la capacité des matériaux résistés aux chocs sans se briser Nis 'écailler. Les marteaux et les équipements utilisés pour déformer ou couper des plaques d'acier (matrices, poinçons, etc.)Sont faits avec des matériaux de haute ténacité.



-La malléabilité

La malléabilité est une particularité qui permet au métal de se laisser façonner. C'est la résistance du métal soumis à des forces de compression, comme le forgeage ou le laminage. Un exemple de matériel extrêmement malléable, mais non soudable, est la pâte à modeler. Ainsi, plus la température est élevée, plus la malléabilité d'un matériau augmente.

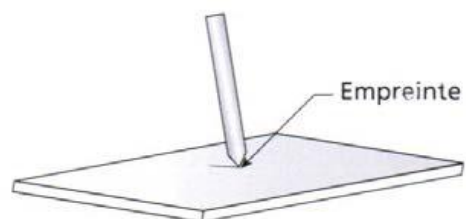


-L'élasticité

L'élasticité est la capacité d'un matériel reprendre sa forme originale après avoir subi une déformation. C'est le cas typique d'un ressort qu'on étire puis qu'on relâche.

-Dureté

La dureté est la capacité d'une résister à la pénétration d'une matière plus dure qu'elle. Elle est aussi déterminée par sa résistance aux rayures.



Le diamant constitue le matériau le plus dur. Les aciers haute teneur en carbone sont durs, les aciers doux, un peu moins, tandis que l'aluminium est de faible dureté. [2]

I.5.conclusion

Dans l'industrie le premier pas pour avoir un produit de qualité c'est de choisir le bon matériau, et ce choix est basé sur des paramètres mécaniques différents d'un matériau à un autre ; et selon ces paramètres qu'on doit choisir le domaine d'usage des matériaux. Parmi les matériaux courants dans l'industrie on trouve l'acier ; et ce dernier est un alliage de fer et de carbone avec des additions ajoutées pour acquies certaines propriétés mécaniques pour conformer au son domaine d'usage.

Chapitre II

La mise en forme des tôles

II.1. Introduction

Dans les industries mécaniques, les produits plats (tôles) sont largement utilisés pour réaliser diverses composantes ; les pièces de carrosseries d'automobiles par exemple sont principalement fabriquées à partir de tôles métalliques, et cette dernière est subie à une première transformation au cours d'une opération de mise en forme. Cette opération peut aller du simple pliage jusqu'à l'obtention d'une forme pouvant être très complexe, selon différents procédés, comme le pliage, l'emboutissage [11]

Les principaux modes de formage des produits plats dans un ordre difficulté croissante, tant en termes de besoin de ductilité que de complexité de mise en œuvre : le cintrage, le pliage, le profilage, Filage de l'acier et des métaux difficiles à déformer et Laminage, profilage, filage, forgeage, matriçage, tréfilage, étirage et filage par choc de l'aluminium et des alliages d'aluminium), le repoussage (Formage des tôles fortes), l'hydroformage, le fluotournage (Fluotournage), le formage par explosion (Formage par explosif), l'étirage ou repassage (Étirage à froid de tubes d'acier) [12]

L'emboutissage reste l'un des procédés les plus utilisés pour fabriquer des pièces à partir de tôles métalliques. Son succès est dû au fait que presque la totalité du matériau est utilisé. De plus, il permet d'obtenir des pièces à des cadences très élevées. Son intérêt économique est donc indéniable.

II.2. comment se déforme un métal

a) Déformation conventionnelle

On retrouve pour les déformations la même dualité que pour les contraintes. La déformation conventionnelle est celle que tout le monde connaît, celle qui rapporte l'allongement (ou le raccourcissement) DL à la longueur initiale L_0 . [9] On la symbolise par e . Le fait de la multiplier par cent n'est qu'une habitude destinée à lui donner une valeur supérieure à un, dans la plupart des cas. On peut résumer ceci de la façon suivante pour une longueur passée de 80 à 100 mm :

$$e = 20/80 = 0,25$$

$$e (\%) = (20 / 80). 100 = 25 \%$$

b) Déformation rationnelle

C'est Les déformations qu'on considère le plus souvent en mise en forme. il s'agit du logarithme népérien du rapport des longueurs L/L_0 , dans lequel L représente la longueur finale égale à $L_0 + DL$.

En reprenant l'exemple utilisé précédemment, l'allongement de 25 % devient :

$$\epsilon = \ln (100/80) = 0,223$$

Remarque

Les faibles valeurs de e et de e sont très proches ; par exemple pour $e = 0,10$ on obtient $e = 0,0953$. On a vu que cette différence augmente ensuite (0,25 donne 0,233) et l'écart se creuse toujours plus. Par exemple, une déformation rationnelle de 1 correspond à un allongement conventionnel de 172 %.

c) Ductilité et malléabilité

Ductilité et malléabilité La ductilité est la capacité d'un matériau à beaucoup se déformer avant de se rompre.

Par exemple, plus l'allongement à la rupture d'un acier est grand, plus il est ductile. Cette propriété ne doit pas être confondue avec la malléabilité, qui indique la facilité avec laquelle le matériau se déforme. Un métal très mou (malléable) n'est pas forcément ductile. Un exemple frappant est celui du plomb : il se déforme beaucoup par compression mais peu par extension. On ne peut pratiquement pas l'emboutir car il n'a pas une résistance suffisante pour vaincre les forces de frottement.

d) Déformation des cristaux

Les joints sont plutôt la partie qui résiste le plus fortement à la déformation, à cause de leur structure cristalline perturbée et des impuretés qu'ils contiennent. La cohésion entre les atomes est maximale quand ils sont situés à la distance a_0 définie précédemment. C'est ce qui se passe dans les plans de grande densité atomique. Ces plans sont donc très résistants et relativement indéformables. On constate d'autre part que les plans denses sont généralement plus éloignés les uns des autres que ne le sont les plans de plus faible densité ; les forces liant les plans denses entre eux sont par conséquent relativement faibles.

Plutôt que de se déformer eux-mêmes, ces plans denses vont avoir tendance à glisser les uns sur les autres. L'image du paquet de cartes à jouer s'applique parfaitement : sous

l'effet d'une contrainte, les plans atomiques de grande densité glissent les uns sur les autres. Ceci est attesté parce qu'on appelle les « lignes » ou « bandes de glissement »,

Deux plans cristallins glissant d'une distance interatomique peuvent ainsi donner naissance à une « marche » sur le bord du grain, et l'association de quelques milliers de marches donne les bandes, visibles au microscope

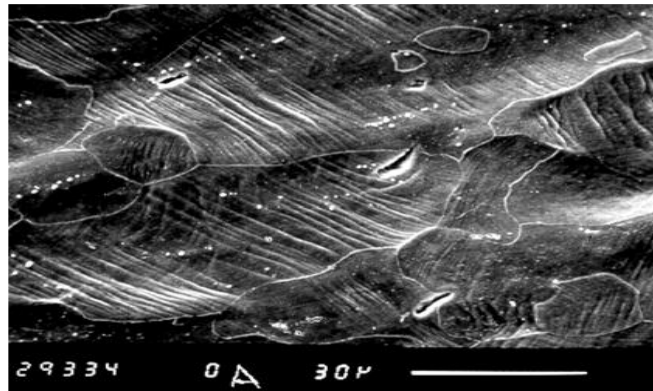


Figure 7: Existence de bandes de glissement dans les grains

e) Déformation élastique

Si on applique une faible contrainte à un cristal, une légère déformation se présente entre les plans atomiques ; Tous les atomes d'un plan sont très légèrement déplacés vis-à-vis des plans voisins. La déformation totale qui en résulte est représentée par le déplacement « e », ce mouvement perturbe l'équilibre des forces qui s'était établi suite à la formation du cristal et augmente son niveau d'énergie interne et Si on supprime la contrainte, tous les atomes vont donc reprendre leur position d'équilibre dans le réseau ; donc on est revenu exactement à la situation initiale et l'on dit de la déformation qu'elle était élastique. [9]

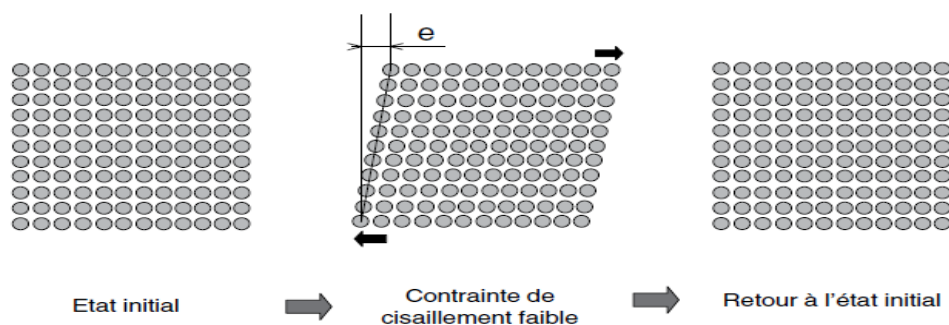


Figure 8: Représentation très schématique d'une déformation élastique par cisaillement

f) Le vieillissement

Il est un phénomène qui vient s'opposer à la déformation plastique telle que décrite ci-dessus : c'est le vieillissement, ainsi nommé car il apparaît naturellement après un temps de stockage prolongé. Ce que nous savons maintenant des solutions solides d'insertion et du mouvement des dislocations va nous permettre d'en comprendre le mécanisme. Quand de très petits atomes comme le carbone ou l'azote sont présents dans le fer, ils déforment, comme nous l'avons vu, le réseau cristallin, donnant naissance à des tensions qui accroissent l'énergie du système. En termes rustiques, disons que leur présence dérange... Ils vont donc s'efforcer de réduire cette nuisance en cherchant des lieux, dans le cristal, où leur volume, même petit, soit mieux supporté. Si nous nous rappelons la structure d'une dislocation coin, nous pouvons comprendre immédiatement qu'il y a, au front de celle-ci, une zone où les atomes de fer sont plus espacés qu'ailleurs dans le cristal. Un petit atome doit donc pouvoir trouver sa place, réduisant ainsi beaucoup la déformation du réseau. C'est ce qu'illustre la figure. 1

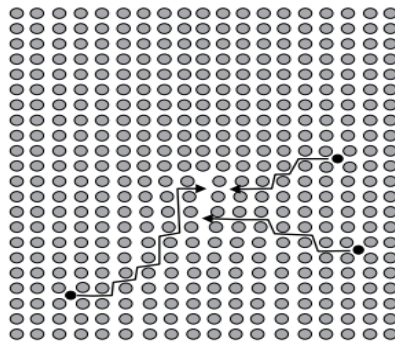


Figure 9: Diffusion des atomes interstitiels vers une dislocation

II.3.Les tôles

II.3.1. Définition

La tôle c'est un produit constitué d'acier ; il est considéré généralement comme un produit semi-fini sous forme de feuille obtenue par plusieurs opérations de laminage [14]

II.3.2. Les caractéristiques mécaniques des tôles

La connaissance de ses caractéristiques est très important pour maîtriser les procédés de fabrication des métaux en feuille donc il faut bien déterminer leur valeur pour une bonne fabrication

E : module de Young (d'élasticité) (N/mm^2)

Re : la limite élastique (N/mm²)

Rm : la contrainte maximale (N/mm²)

A % : l'allongement à la répéteur

r : le coefficient d'anisotropie

n : le coefficient d'écrouissage

e_p : épaisseur (mm)

II.3.3. la tôle DC01 - DC03 - DC04 - DC05 - DC06

Cette gamme d'aciers doux non alliés laminés à froid se distingue par des caractéristiques mécaniques maximales garanties (limite d'élasticité et résistance à la traction) et des niveaux de ductilité (allongement à rupture) et de formabilité minimum (n et r) garantis. Les qualités proposées sont conformes à la norme EN 10130 : 2006 et sont obtenues après un recuit base en atmosphère contrôlée ou en continu selon le cas. [15]

Destination Ces aciers sont destinés à la mise en forme par pliage ou emboutissage. Ils sont utilisés pour toutes les applications qui nécessitent des qualités de résistance, de rigidité et de ductilité. Les domaines d'application principaux sont l'industrie automobile, l'électroménager, le mobilier métallique, la fabrication de fûts, d'appareils de chauffage et de ventilation, les petits tubes soudés et les profilés étroits. Les aciers laminés à froid non revêtus pour formage à froid sont aptes, sous certaines conditions, au contact alimentaire dans les termes prévus par le règlement (EC) n° 1935/2004 et la norme française NF A 36-714.

Caractéristiques Les aciers de la gamme allant du DC03 au DC06 offrent une excellente aptitude à l'emboutissage pour tous les modes de déformation. Ils permettent la réalisation de pièces complexes intégrant plusieurs fonctions et sont synonymes d'économies.

Le tableau suivant explique les aciers de la gamme DC01 au DC06 :

Désignation		Définition et classification suivant EN 10020	Composition chimique en % Max sur colée					Aspect de surface
Selon EN 10027-1 et CR	Selon EN 10027-	Acier de qualité non allié	C	P	S	Mn	Ti	A B

10260	2							
DC01	1.0330	Acier de qualité non allié	0.12	0.045	0.045	0.60		A B
DC03	1.0347	Acier de qualité non allié	0.10	0.035	0.035	0.45		A B
DC04	1.0338	Acier de qualité non allié	0.08	0.030	0.030	0.40		A B
DC05	1.0312	Acier de qualité non allié	0.06	0.025	0.025	0.35		A B
DC06	1.0873	Acier de qualité non allié	0.220	0.020	0.20	0.25	0.3	A B

Tableau 9: Désignation de tôle de la gamme DC01 au DC06 [15]

A : surface propre pouvant comporter quelques défauts.

B : surface très propre pratiquement sans défaut, pièces visibles.

Le tableau suivant donne les caractéristiques mécaniques de l'acier de la gamme DC 01 au DC06

Désignation	Re (N/mm ²) max	Rm (N/mm ²)	A 80 %
DC01	280	270/370	28
DC03	240	270/350	34
DC04	210	270/410	38
DC05	180	270/330	40
DC06	180	270/350	38

Tableau 10:Caractéristique de quelque tôle. [15]

II.4. Les procédé de la mise en forme des tôles (formage)

II.4.1.Laminage

Laminage c'est une opération de mise en forme par déformation plastique elle est consisté à réduire l'épaisseur d'un produit de départ par le passage entre des deux ou plusieurs outil axisymétrique tournant autour de leur axe pour avoir une tôle mince comme un produit finis [11]

Le principe de cette opération est définit par la figure ci-dessous

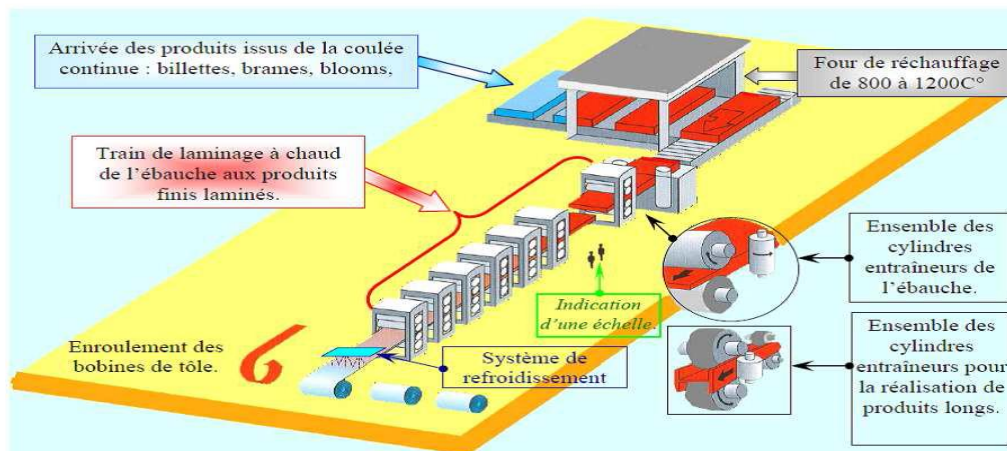


Figure 10: Principe de laminage

II.4.1.1. Laminage à chaud

C'est une opération capital pour les métaux et les alliages, et dans cette étape que les précipite se déforme plus facilement et le métal acquit une grande ductilité ainsi que la facilite de mise en forme ; la température de recristallisation dynamique pour les aciers est comprise 900et 1100°C: [11]

La mise en forme de tôle à froid c'est l'ensemble des opération sur des produit plats et mince épelés flans par déformation plastique a la température ambiante pour avoir un produit en bonne propriétés mécanique avec des forme complexe et à faible perte de matière .[16]

II.4.1.2. Laminage à froid

C'est laminage à la température ambiante ou à basse température qui engendre les modifications des propriétés macroscopiques sous l'effet de l'écrouissage ainsi que la modification de la structure avec un grand nombre de défaut. [11]

II.4.2.L'hydroformage de tôles

L'hydroformage de tôles est un procédé de formage dans lequel des tôles métalliques sont mises en forme par l'action interne d'un fluide sous pression. Le principe est expliqué sur les schémas de la figure 5. Les tôles à mettre en forme sont placées à l'intérieur de matrices ayant la forme appropriée et dans lesquelles s'exerce une pression hydraulique. La déformation du métal est due à l'action conjuguée de cette pression et à la poussée exercée par les vérins axiaux qui repoussent la matière vers l'intérieur de la pièce. [16]

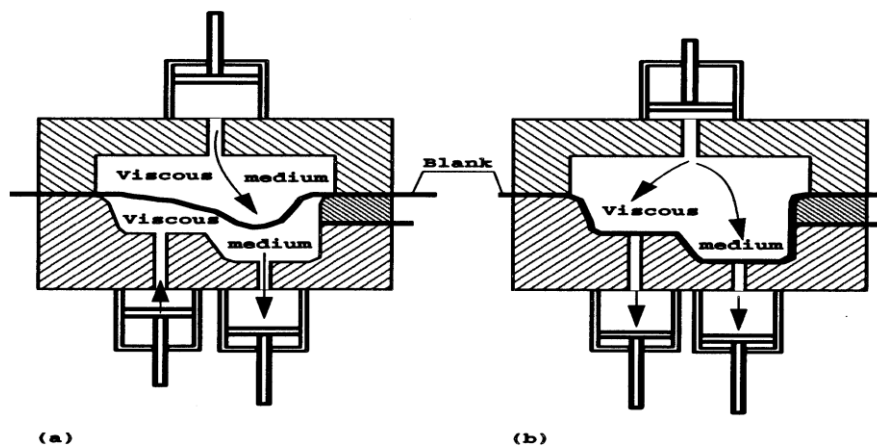


Figure 11: Principe du procédé d'hydroformage.

On distingue principalement trois procédés d'hydroformage : [17]

II.4.2.1.L'hydroformage des tubes

Un effort de compression généré par deux vérins, est généralement appliqué sur les deux extrémités du tube permettant ainsi un apport de matière la zone déformée. Cet apport a pour effet de compenser l'amincissement du tube et d'améliorer sa formabilité

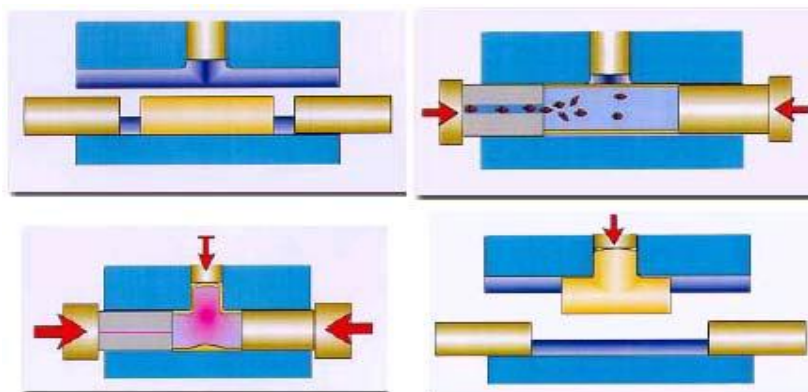


Figure 12: Principe du procédé d'hydroformage des tubes

II.4.2.2. L'hydroformage de flan simple

Il consiste à appliquer une pression sur une tôle pouvant se gonfler suivant la forme de la matrice. Ainsi la tôle est formée contre une matrice qui lui donne la forme finale. La tôle peut être aussi formée sous l'action conjuguée d'un poinçon en déplacement et d'un liquide sous pression.

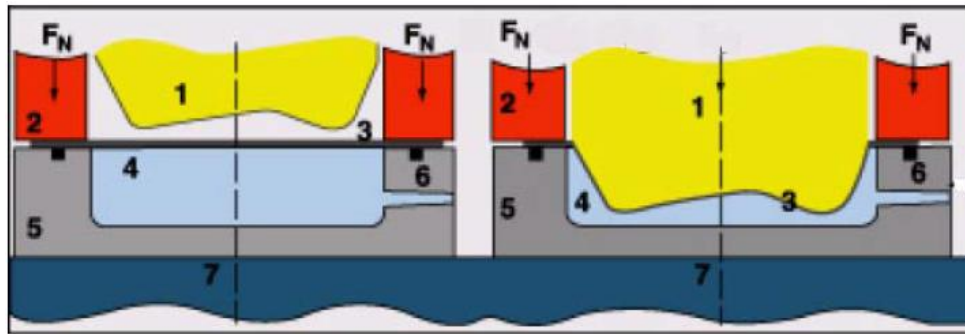


Figure 13: Principe d'hydroformage des flans

- | | |
|-------------|------------------------|
| 1 : poinçon | 2 : serre flan |
| 3 : flan | 4 : pression de fluide |
| 5 : matrice | 6 : joint de retenue |
| 7 : table | |

II.4.2.3. L'hydroformage de flans doubles

Au cours de ce procédé, deux plaques sont formées simultanément à l'intérieur d'une même matrice comportant une partie supérieure et une partie inférieure. Ce procédé a l'avantage de fournir deux pièces simultanément.

a. Les avantages de l'hydroformage

- La mise en forme des pièces de forme complexes avec une bonne reproductibilité et une précision dimensionnelle
- Plus léger (Moins de joints de soudure, Moins de pièces),
- Grande rigidité (utilisation de matériaux moins épais, écrouissage inhérent du procédé)
- Jusqu'à 27% d'économie par rapport au poids comparé à l'emboutissage (Coûts d'outils moins élevés, économie de production des pièces creuses qui nécessitent un plus grand rapport résistance/poids, les changements de matériaux ne requièrent pas d'outils neufs).

- Qualité de pièce améliorée. La distribution uniforme de la déformation peut amener :
- Moins de retour élastique,
- Moins de distorsion des surfaces,
- Meilleure tolérance des dimensions extérieures,
- Pas de frottement entre outils et tôle. [17]

b. Les inconvénients de l'hydroformage

- Procédé lent et cadence de production peu élevée,
- Nécessite des matrices de haute qualité (polies),
- Les forces de frottements augmentent avec la rugosité des matrices,
- Les matrices rugueuses peuvent causer l'amincissement des parois et la rupture des pièces. [17]

II.4.3. Le repoussage

Les tôles sont appliquées sur un mandrin ayant la forme de la pièce désirée, grâce à des repousseurs, généralement à molette. L'opération nécessite souvent plusieurs passes et s'effectue sans variation notable de l'épaisseur des tôles contrairement au fluotournage

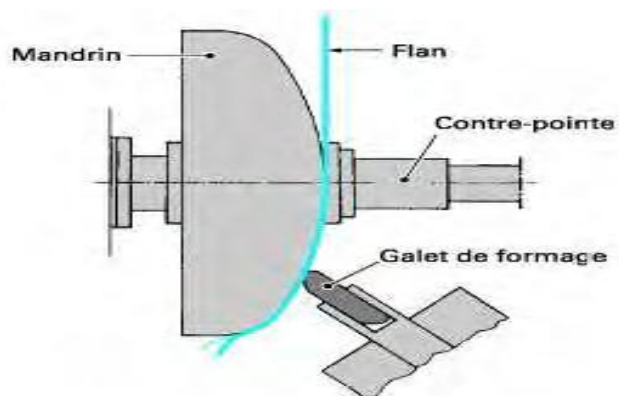


Figure 14: Repoussage

En fluotournage, le principe est le même, les tôles sont appliquées et étirées sur une forme mère de révolution entraînée par un mandrin, grâce à des molettes exerçant une pression élevée. Le fluotournage permet de façonner des pièces de formes plus complexes. [16]

II.4.4. Le découpage

a. Définition

Le découpage est un procédé de fabrication des pièces qui consiste à cisailer sur un contour fermé une pièce de faible épaisseur ; L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices qui permettent de cisailer la tôle sur sa profondeur en donnant la forme de la pièce désirée [18]; il existe plusieurs familles de découpage selon quelle partie qu'on conserve, par exemple si on conserve la partie intérieure de flan c'est de poinçonnage, et si on le considère comme un décher donc on parle sur le découpage

b. Type de découpage

On peut distinguer trois types d'opération de découpage :

1. **Découpage simple** : on utilise deux outils de découpage sur deux presses et la pièce est obtenue en deux opérations (exemple obtention d'une rondelle).
2. **Découpage consécutif** : on utilise une presse et on fixe sur son coulisseau deux ou plusieurs poinçons. La pièce est obtenue après deux pas d'avance de la bande.
3. **Découpage simultané** : la pièce est obtenue après une opération de découpage et poinçonnage simultanément. [19]

c. Les familles de découpage

1. Crevage :

C'est un découpage incomplet, généralement fait sur des tôles épaisses, il consiste de ne pas détacher la chute complètement de la pièce [20].

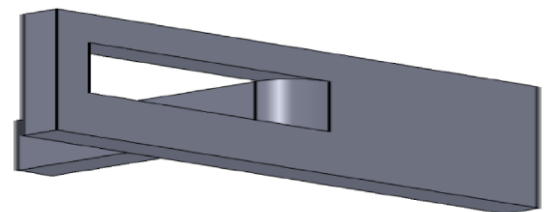


Figure 15: Crevage

2. Encochage:

C'est une opération qui s'effectue sur des pièces finies, consiste à découper des encoches débouchant de la pièce considérée [20].

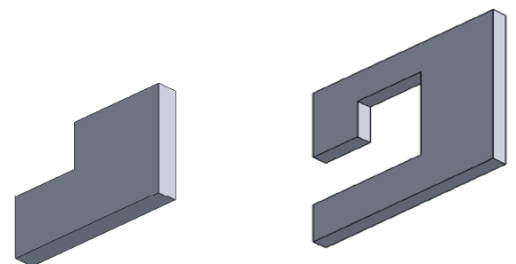


Figure 16: Encochage

3. Détourage

Le détourage est une opération de finition du contour d'une pièce déjà pliée au cours d'une déformation ; il consiste à enlever par découpage un excédent de métal autour d'une pièce préalablement formée, le détourage est alors la dernière opération de formage.

Suivant le type de pièce, on trouve plusieurs techniques [20] :

- Les collerettes, après emboutissage, ne sont jamais régulières, il est possible de leur donner une forme régulière par détourage ;
- Lorsqu'on ne désire pas de collerette, l'arête de l'outil découpe suivant un bord non perpendiculaire à la surface de la tôle.

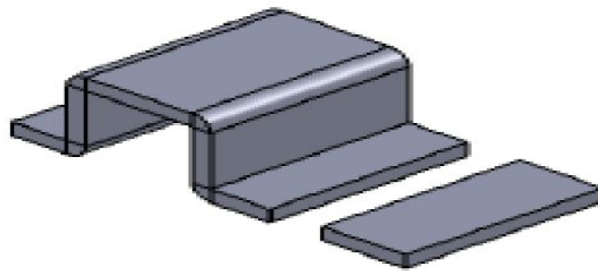


Figure 17: Détourage

4. Poinçonnage

C'est une opération semblable au découpage, mais l'on conserve la partie extérieure, le déchet étant la déboucheur [20]

Le terme perforation désigne plus particulièrement des opérations de poinçonnage de petits diamètres (1 à 3 fois l'épaisseur de la tôle par exemple), sur un flan ou en pleine tôle.

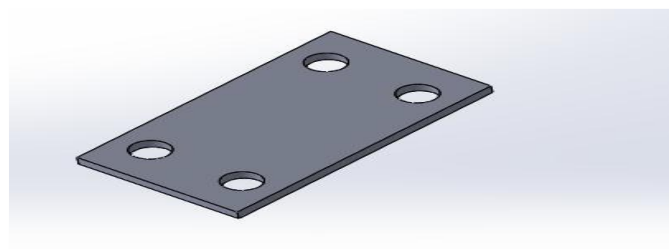


Figure 18: Poinçonnage

d. Analyse du processus

Un outil de découpage est principalement constitué d'un poinçon et d'une matrice. La tôle à découper étant située entre les deux. Lors du découpage, on distingue 3 phases

Le graphe suivant montre ces trois phases de découpage :

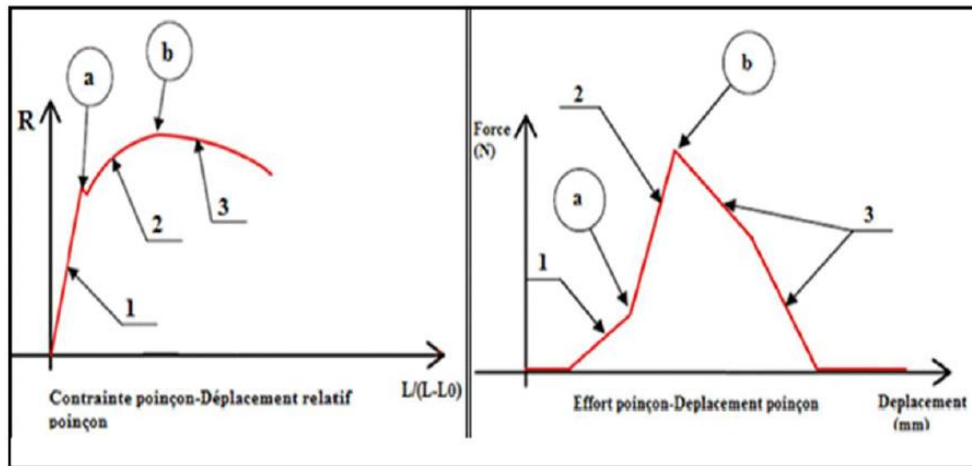


Figure 19: Effort et contrainte sur poinçon lors des phases du découpage

1. Au début, l'effort croît lentement jusqu'au point (a) le poinçon s'enfonce lentement sans détacher les particules de métal. C'est la phase de déformation élastique

2. Ensuite, l'effort prend sa valeur maximale (b) c'est l'effort de cisaillement (séparation et accélération des particules de métal).

Des fissures apparaissent au voisinage des arêtes du côté poinçon et du côté matrice.

3. Enfin, l'effort tombe jusqu'à la valeur nécessaire pour vaincre le frottement entre les parties détachées de matière et pour l'éjection de la pièce découpée. Les fissures se rejoignent, la pièce est alors découpée [19]

e. Effort de découpage

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donnée, il est égal au produit du périmètre **P** de la pièce par son épaisseur **e** et par la résistance **Rc** à la rupture au cisaillement du métal à découpé [18].

$$F_d = P \times e_p \times R_c$$

Avec :

F_d : effort de découpage (daN)

P : le périmètre de la surface à découper en mm ;

e_p : épaisseur de la surface à découper en mm;

R_c : résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm²).

Le tableau suivant donne Rc pour les métaux les plus fréquemment découpés à la presse. Lorsqu'on ne connaît pas Rc, qu'elle est 4/5 de la résistance à la rupture par traction, mais ce n'est qu'une approximation [18]

Matériaux	Rc (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier mi-dur	50
Tôle au silicium	50
Acier doux	40
Tôle d'emboutissage	35
Laiton recuit	30

Tableau 11: Résistance au cisaillement Rc de quelques matériaux

f. Effort d'extraction

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7% de celui du découpage selon la bande entourant le poinçon soit :

- 7 % de l'effort de découpage en pleine tôle.
- 2 % si la chute de découpage est faible [18]

g. Effort déjection

C'est l'effort nécessaire pour sortir la pièce découpée de la matrice. Cet effort est d'environ 1.3% de l'effort de découpage.

h. Jeux de découpage

Les fissures sont obliques pour qu'elles se rejoignent, et que la tranche de la pièce découpée soit propre, il est important de prévoir entre la matrice et le poinçon un jeu [21].

Pour le découpage le jeu est à prendre sur le poinçon varie selon la nature et l'épaisseur(e) du matériau à découper

$$J = \frac{R_{ma} - R_p}{e_0} \times 100$$

Avec :

R_{ma} : rayons de la matrice.

e₀ : L'épaisseur initiale de la tôle

R_p : rayons de poinçon.

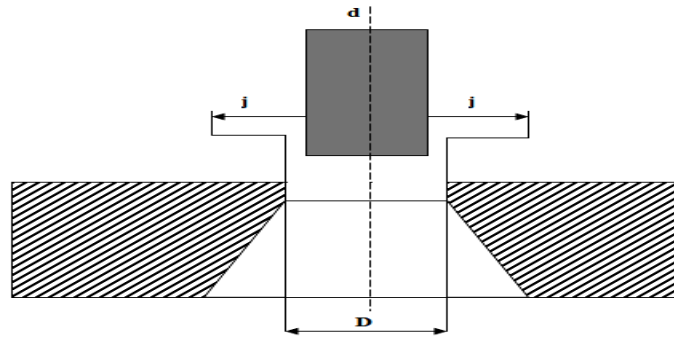


Figure 20: Jeu de découpage

Le tableau suivant donne le jeu nécessaire pour quelque matériau :

Matériaux	Jeu diamétral
Laiton et Cuivre : 1/20ème de l'épaisseur de la bade	$J=1/20*e$
Acier demi-dur : 1/16ème de l'épaisseur de la bande	$J=1/16*e$
Acier : 1/14ème de l'épaisseur de la bande	$J=1/14*e$
Alliage d'aluminium : 1/10ème de l'épaisseur de la bande	$J1/10*e$

Tableau 12: Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper [21]

h. Vitesse de découpage

Le travail des tôles sur presse, on parle plus volontiers de cadence que de vitesse.

Or, si la cadence est le paramètre que l'on règle sur la presse, c'est implicitement la vitesse d'impact du poinçon de découpage sur la tôle que l'on va changer.

Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas [22].

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle. Les vitesses typiques, dans le découpage traditionnel, varient entre 40 et 400 mm/s.

II.4.5. Le pliage

Le pliage est la technique la plus utilisée dans la mise en forme. Une pièce pliée est formée par l'action verticale d'un poinçon rectiligne, sur une tôle supportée par une matrice (Figure 22) dont les rayons d'attaque sont parallèles à l'arête du poinçon [23]

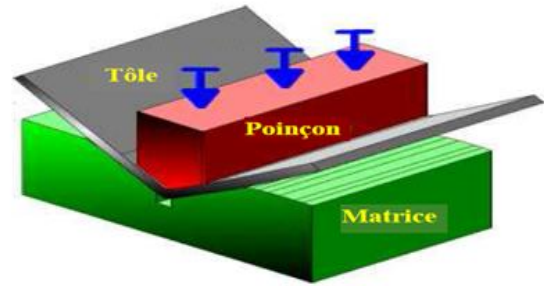


Figure 21: Procédé de pliage

Cependant il existe plusieurs types de pliage tels que : le pliage en V, le pliage en l'air, le pliage à double matrice ou en L, le pliage en U etc.

II.4.5.1. Différent type de pliage

Selon la géométrie de la pièce finie obtenue suivant la géométrie de poinçon et la matrice on distingue trois types de pliage en V, L et en U. [23]

1. Pliage en V

Dans le cas de pliage en V le serre flan est inutile ; l'angle de formage de tôle dus à l'angle sur la matrice et le poinçon et elle varie selon la course de ce dernier ; le pliage est en frappe ou en air.

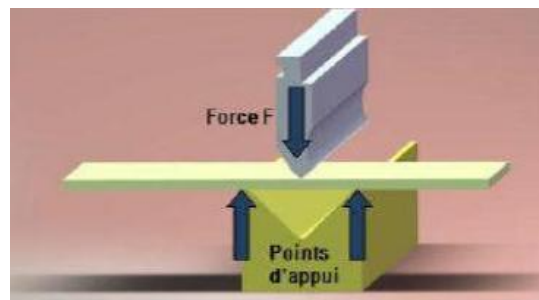


Figure 22: pliage en V

2. Pliage en air

Dans ce type de pliage l'angle final de la tôle est celle de l'angle d'outillage plus le retour élastique de la tôle donc on peut obtenir différent angle avec un même outil.

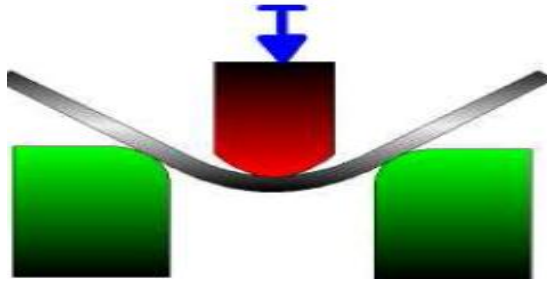


Figure 23: Pliage en air

3. Pliage en frappe

Ce type de pliage se effectue en deux temps ; initialement un pliage en air se effectue jusqu'à l'angle désirer puis le poinçon descend rapidement et frappe la tôle jusqu'à illuminer le retour élastique ; l'angle de la matrice et le poinçon sont égaux aux l'angle de produit fini.

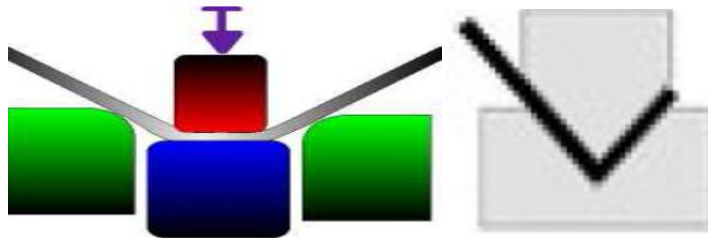


Figure 24: Pliage en frappe

4. Pliage en U

Ce type de pliage exige un serre flan mobile bloque la tôle sous le poinçon et qui invite le glissement entre les deux blocs de la matrice

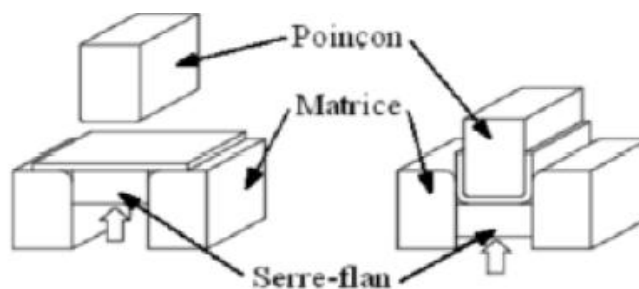


Figure 25: Pliage en U

5. Pliage en L

On l'appelle aussi le pliage en tombé de bord ; ce type de pliage consiste à plier le flan maintenue entre le serre flan et la matrice a 90°

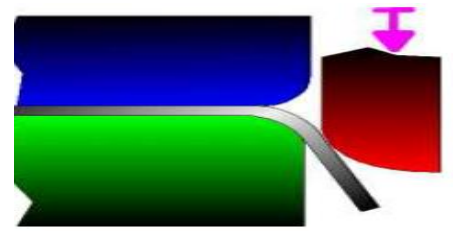


Figure 26: Pliage en L

II.4.5.2. Le rayon minimal

Lors du pliage d'une tôle, dans le pli, se produit une déformation plastique. Cette déformation est de type allongement de la partie extérieure et compression de la partie intérieure [24]

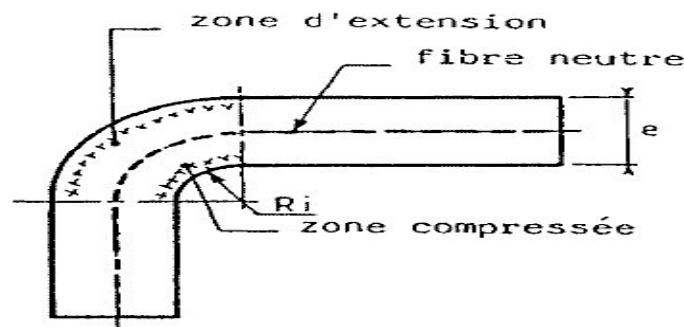


Figure 27: Rayon intérieur de pliage

Cette déformation doit assurer le non rupture du matériau dans cette zone. Autant le rayon de pliage est grand, autant la déformation plastique est minimale. La fibre neutre est une fibre qui ne subit pas de déformation. [25]

L'équation donnant la valeur du rayon minimal est la suivante

$$R_{min} = \frac{ep}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \cdot \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

R_{min} : rayon minimal de pliage (mm)

ep : épaisseur de la tôle (mm)

$A\%$: allongement

$Z\%$: coefficient de striction

Avec :

$$A\% = \frac{Lu - L_0}{L_0} \times 100 \quad [26]$$

L₀ : longueur initial entre repère (mm)

Lu : longueur ultime entre repère ou longueur reconstituée après rupture

$$Z\% = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100 \quad [26]$$

S₀ : l'air de la section initial

S_u : l'air de la section après la rupture

L'expression du rayon de pliage **R_{min}** désigne le rayon intérieur

II.4.5.3. Rayon de poinçon

Pour obtenir des pièces à des cotes précises, il faut tenir compte à le retour élastique ou cours de la conception d'outillage ; D'où le rayon du poinçon à utiliser en pliage [27] :

$$\frac{Rp}{Re} = \frac{\frac{R}{ep}}{1 + 3 * \frac{R.Re}{E.e}}$$

II.4.5.4. Le rayon de la matrice de pliage

Afin d'éviter le découpage ou l'étirage de la pièce à plier, le rayon de la matrice doit être supérieur à deux fois l'épaisseur de la tôle : $r \geq 2.e_p$ [18]

II.4.5.5. Le jeu de pliage

Lors de la conception de l'outil de pliage, il faut prévoir un jeu de pliage entre l'arrête verticale extérieure du poinçon et l'arrête intérieure de la matrice. Le jeu doit être égal à l'épaisseur de la tôle plus une tolérance maximale [18] :

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

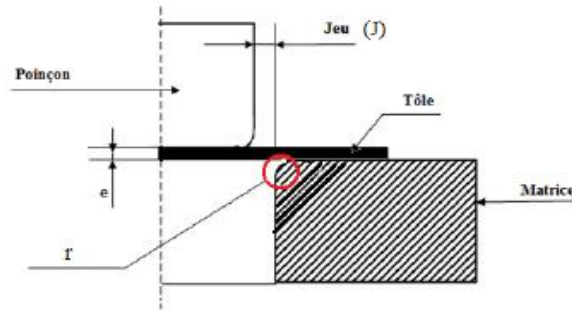


Figure 28: Jeu de pliage et rayon de la matrice

II.4.5.6. Effort de pliage [28]

En pratique, on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit :

$$F_p = (L \times e_p \times Re) / 10 \quad [28]$$

Tels que :

F_p : effort de pliage (daN)

L : longueur de pli (mm)

e_p : épaisseur de la tôle (mm)

Re : résistance de la tôle au cisaillement (daN/mm²)

Il faut noter que l'encombrement des outils utilisés conduit à l'emploi de presses qui exercent un effort nettement supérieur à celui requis. Le calcul de l'effort de pliage s'avère donc inutile pour le choix de la presse à utiliser.

II.4.6. L'emboutissage

II.4.6.1. Définition

L'emboutissage est une technique de fabrication permettant d'obtenir à partir d'une feuille de tôle plane et mince, un objet dont la forme n'est pas développable. Contrairement aux opérations plus simples que sont le pliage, le roulage ou le profilage ; ce procédé est utilisé très générale permet de fabriquer les pièces de carrosserie automobile, des appareils

électroménagers ou des ustensiles de cuisine, des emballages métalliques et pièces mécaniques. [1]

Il est essentiellement composée de :

- D'une matrice qui sert d'appui à la tôle et lui donne la forme extérieure finale.
- D'un poinçon coulissant suivant l'axe vertical, et déformant la tôle. [13]
- D'une serre flan qui a le rôle de maintenir le flan afin d'assurer un écoulement homogène du métal et de prévenir les risques de plis ou autres défauts d'emboutissage.

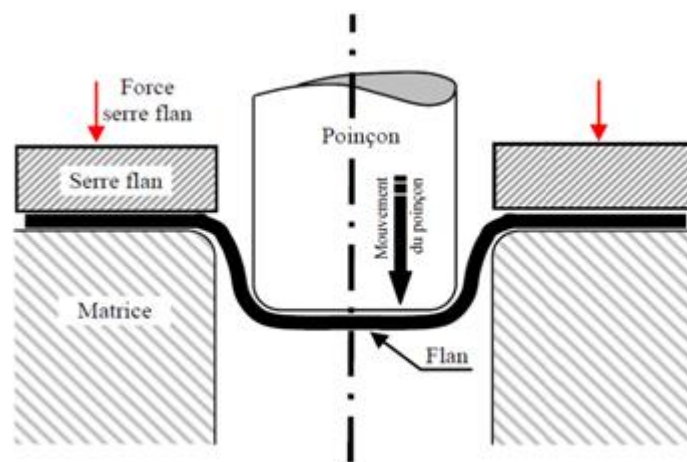


Figure 29: Procédé d'emboutissage avec freinage de la tôle sous serre flan.

II.4.6.2. Les deux familles d'emboutissage

Il existe deux familles d'emboutissage selon la forme de la pièce finie :

a) L'emboutissage de pièce en forme de profilé : qui ressemble davantage à des pièces obtenues par pliage. Ce sont par exemple des longerons utilisés dans l'automobile.

Ces emboutis présentent de forts retours élastiques.

b) L'emboutissage profond : concerne principalement des pièces de révolution où le diamètre est faible par rapport à la hauteur de la pièce. La principale difficulté de fabrication de ces pièces est de ne pas déchirer la matière et de minimiser les amincissements de l'épaisseur de l'embouti. [1]

II.4.6.3. Le principe de l'emboutissage

Le principe est basé sur la déformation plastique du matériau (en général un métal) déformation consistant en allongement ou rétreint local de la tôle pour obtenir la forme désirée. Par suite de la conservation globale du volume du matériau, les zones d'étirement subissent un amincissement (qui doit rester limité pour éviter la rupture) et les zones de rétreint (compression) [16] subissent une combinaison d'épaississement et de plissement on cherche en général à éviter ce dernier effet, mais il ne peut jamais être complètement absent et on cherche donc à le provoquer dans les parties des tôles qui seront élimées dans la suite du processus de fabrication.

L'opération d'emboutissage consiste, tout d'abord, à serrer le flan entre le serre flan et la matrice. Ensuite, le poinçon descend dans la matrice. Au cours de ce mouvement, le flan pousse la forme du poinçon et de la matrice en se déformant plastiquement. Le mouvement de la tôle est contrôlé par un serre-flan empêchant l'apparition de pli sou de déchirures sur la pièce en lui imposant une pression de retenue. [13]

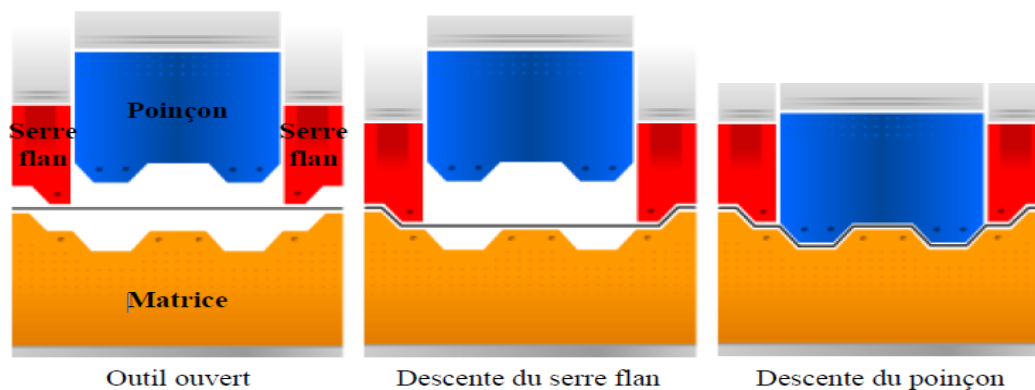


Figure 30: Procédé d'emboutissage.

II.4.6.4. Type d'emboutissage

L'emboutissage impose à la tôle différents modes de déformation dont le but est l'obtention d'une surface creuse. Le type d'outillage conditionne les deux cas limites de déformation :

a) L'expansion

C'est l'accroissement du diamètre d'un corps creux, par action sur sa paroi interne à l'aide d'un outil, d'un fluide ou d'un matériau élastique. La figure ci-dessous met en évidence

un emboutissage par expansion sur le poinçon, le flan étant bloqué sous le serre flan, l'épaisseur sous le poinçon diminue. [13]

b) Le rétreint

C'est la réduction diamétrale de l'extrémité ouverte d'un corps creux. La figure montre un emboutissage profond avec rétreint du métal glissant sous la serre-flan, l'épaisseur entre serre flan et matrice peut augmenter

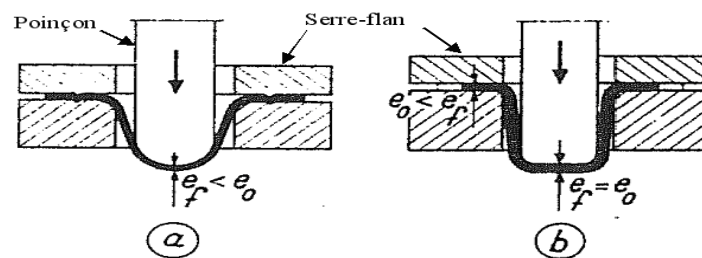


Figure 31: Principaux modes de déformation par emboutissage. [16]

Avec :

e_o : l'épaisseur de la tôle à l'état initial (mm)

e_f : l'épaisseur de la tôle à l'état final (mm)

a : l'expansion

b : le retrait

II.4.6.5. Les matériaux et formes de l'emboutissage

a) Les matériaux

La technique d'emboutissage permet de mettre en forme de nombreux matériaux que ce soit des aciers, des alliages non ferreux. [18] Néanmoins, la mise en œuvre d'une opération d'emboutissage d'une tôle nécessite certains réglages ou certaines actions préalables dépendant de la nature même du matériau :

-Les aciers

Les techniques modernes de laminage permettent d'obtenir des tôles d'acier très minces, avec une surface propre et lisse, une structure homogène et une gamme de caractéristiques mécaniques adaptées aux exigences de l'emboutissage. Ces tôles sont classées

en trois catégories : tôle de fabrication courante (TC), tôle d'emboutissage (E), et tôle d'emboutissage spéciale (ES).

Les aciers inoxydables se comportent différemment de l'acier doux en raison de la présence de nickel et de chrome. Ainsi les vitesses d'emboutissage doivent être plus lentes que pour les autres nuances.

-Les alliages non ferreux

-Les laitons : Les plus couramment utilisés sont ceux désignés sous le nom de (60% ; 40%) (Contenant 60% de cuivre et 40% de zinc) (Avec addition de plomb pour les utilisations en horlogerie et sans addition pour les pièces optique, de sidérurgie) et de (72% ; 28%) (Pour l'emboutissage extra profond). Il est employé pour la fabrication de cartouches et de douilles évitant des opérations de recuit).

-L'aluminium et ses alliages : ces alliages s'écrouissent à l'emboutissage, l'étrépage profond ne s'obtient qu'avec les qualités les plus douces. On peut toutefois obtenir des emboutis peu profond avec des qualités plus dures.

-Le cuivre : non allié appelé cuivre rouge possède d'excellentes qualités d'emboutissage extra profonds ; souvent supérieures à celles du laiton ou des aciers spéciaux.

-Le zinc : il s'emboutit facilement mais, dans le cas d'emboutissage de forme complexe, il est nécessaire de le chauffer entre 100 et 150°C.

-Le nickel et ses alliages : ils possèdent d'excellentes qualités d'emboutissage. Les plus couramment utilisées sont ceux contenant 60 à 65% de cuivre, 20 % de zinc, et 15 à 20 % de nickel.

-Le titane : ce métal se comporte comme le magnésium : les flans doivent être chauffés entre 200 et 350°C, selon s'il s'agit de titane pure ou d'un alliage. La matrice et le poinçon sont également chauffés pour éviter le choc thermique auquel le métal est sensible.

-Le magnésium : c'est le plus léger des métaux utilisés dans l'industrie. A température ambiante le magnésium ne peut être embouti que dans certaines limites. Pour réaliser des pièces semblables à celles obtenues avec l'acier, il est indispensable de chauffer de 200 à 500°C en fonction de la qualité d'emboutis souhaités.

b) Les formes

L'emboutissage est une opération qui transforme une tôle plane en pièce avec une forme plus ou moins complexe. On peut obtenir des différentes formes parmi lesquelles on a :

- **Forme rectangulaire** : Dans les emboutis rectangulaires on peut considérer que seuls les rayons latéraux sont emboutis (quart d'embouti cylindrique), les flancs étant simplement cambrés.

- **Les formes cylindriques** : sont facilement réalisables avec de bonnes conditions opératoires. A partir de cette forme simple il est possible de réaliser des formes plus évoluées avec la méthode d'emboutissage dit renverser

- **les formes coniques** : la forme conique ne peut être obtenue qu'après au moins 4 passes. Cette technique permet d'obtenir des formes qu'il aurait été impossible en une seule passe.

- **Les formes hémisphériques** : l'emboutissage d'une demi-sphère est difficile en raison de la formation de plis mais il est possible en une seule passe si la matrice est munie d'un bourrelet

- **Les formes complexes** : Ces formes sont relativement difficiles à réaliser et ne sont généralement réalisables qu'avec un emboutissage par étapes, c'est à dire un emboutissage où la forme désirée n'est obtenue qu'après un certain nombre de phases successives.

II.4.7.6. Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage**a) Les avantages de l'emboutissage :**

- Pièces minces de formes géométriques complexes.
- Bon état de surface.
- Très bonne qualité esthétique et travaux de finition de polissage moins lourds et moins coûteux.
- Bas prix de revient et cadences de production très élevées. [1]

c) Les inconvénients de l'emboutissage

- Les zones d'étirement subissent un amincissement important et les zones de retrait subissent une combinaison d'effets d'épaississement et de plissement.
- Les phénomènes du retour élastique (après que le poinçon se retire) conduisent à un retrait de la matière.
- Le rayon d'entrée de la matrice doit être très arrondi et poli pour éviter toute déchirure du métal.
- Temps de préparation important.
- Mise au point des outils (poinçon, matrice) très coûteuse et nécessite un savoir-faire de l'entreprise.

II.4.6.7. Les paramètres d'emboutissage

Lors de l'emboutissage d'une pièce ; plusieurs paramètres doivent être bien précisés pour avoir la forme souhaitée avec une bonne qualité mais aussi doit être respectée la rentabilité de l'entreprise. Ces paramètres sont :

- Le rayon sur la matrice
- Arrondi sur le poinçon
- La pression du poinçon.
- La vitesse du poinçon.
- La pression de serrage des serres-flans.
- Le jeu entre le poinçon et la matrice.
- L'effort d'emboutissage. [13]

1. Le rayon sur la matrice

Ce paramètre a une très grande importance autant pour la qualité de l'embouti que pour la répartition des forces. En effet, on comprend parfaitement que dans les deux cas extrêmes ci-dessous, l'emboutissage n'est pas viable. [13]

On observera pour $r = 0$ un déchirement du flan et pour $r = (D-d)/2$ la formation de plis.

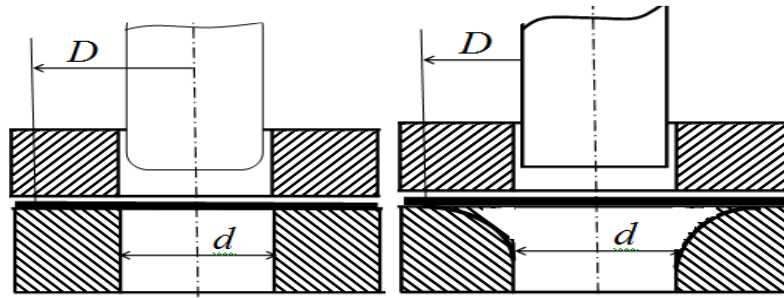


Figure 32: Variation de l'arrondi sur la matrice et le poinçon.

2. Arrondi sur le poinçon

La partie de la tôle qui se trouve en contact avec la surface inférieure du poinçon subit l'action des forces de frottements qui empêchent la matière de bouger. L'effort du poinçon se transmet aux parois de l'embouti. Le poinçon doit contenir un arrondi pour ne pas percer le flan. Généralement, on prend le rayon du poinçon inférieur à celui de la matrice.

3. L'effort d'emboutissage

La description de ces efforts n'est pas simple ; [13] il n'existe pas une loi analytique exacte pour cela on utilise des formules approchées ou bien des calculs par simulation numérique.

L'effort nécessaire pour emboutir la tôle est différente selon la forme de l'emboutissage tel que :

a) Emboutissage cylindrique

Dans le cas d'un emboutissage cylindrique, l'effort d'emboutissage se calcule comme suit [29] :

$$F_e = d \times e_p \times \pi \times R_m \times K$$

Avec :

F_e : effort d'emboutissage (daN).

d : diamètre du poinçon (mm).

D : diamètre du flan (mm).

e_p : épaisseur de la tôle (mm).

R_m : résistance de la tôle à la traction (daN/mm²)

K : Coefficient en fonction du rapport **d/D**

Le tableau ci-dessous montre la valeur de coefficient K en fonction de d/D

d/D	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
K	1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4

Tableau 13: Le coefficient Ken fonction de d/D

b.Effort de l'emboutissage rectangulaire

L'effort d'emboutissage se calcule comme suite : [30]

$$F_e = P_p \cdot e_p \cdot R_m \cdot k$$

Avec :

Fe: Effort d'emboutissage en (daN)

Pp : Périmètre de poinçon d'emboutissage (mm)

ep: Épaisseur de la tôle (mm) ;

Rm: La résistance de la tôle(Mpa)

4. La vitesse d'emboutissage

Elle se définit comme la vitesse du poinçon au moment de l'attaque de la tôle. Les transformations que subit le métal à froid entraînent un écrouissage de celui-ci dépendant de cette vitesse. Une vitesse trop faible, tend donc à générer un écrouissage trop important sur le métal, le rendant moins malléable. Une grande vitesse tend à empêcher la propagation de la force du poinçon jusqu'au niveau du flan. Cette altération pouvant alors se traduire par une rupture du flan. [13]

La vitesse d'emboutissage de l'acier est 200mm/s, d'après le tableau 6:

matériaux	Vitesse d'emboutissage (mm/s)
L'acier	200
Acier doux	280

L'aluminium	500
-------------	-----

Tableau 14: de la vitesse d'emboutissage selon la matière de flan [29]**5. La pression du serre flan**

La suppression des plis est un des objectifs majeurs de l'emboutissage. Le rôle du serre flan consiste à empêcher la formation de plis sur le rebord du flan en exerçant une pression appropriée. La présence du serre flan ne s'impose que si $d < 0,95 * D$ ou $e < 0,2 * (D-d)$. [29]

Dans la pratique, il faut que le serre flan soit bien trempé et rectifié. La pression est réglée à l'aide de clés dynamométriques, de ressorts ou de caoutchouc, en fonction de l'aspect de l'embouti :

- Si la paroi est sans plis et d'aspect brillant, la pression est adaptée.
- Si la paroi est bonne mais que les bords supportent des marques de dentures, c'est que la pression est trop faible.
- S'il se produit un déchirement lors de la descente du poinçon, c'est que la pression est trop importante.

a. Le cas cylindrique :

Pour un emboutis cylindrique :

$$F_e = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P$$

Avec :

F_e : effort d'emboutissage

D : diamètre de flan

d : diamètre de poinçon

P : la pression spécifique sur le serre flan

Le tableau ci-dessous présente la pression spécifique de quels matériaux de flan :

Matière (flan)	P (daN/mm ²)
Acier doux	0.25
Tôle étamée	0.3
cuivre	0.2
laiton	0.2
Acier inoxydable	0.2
aluminium	0.12
duralumin	0.16

Tableau 15:Quelques matériaux de flan et leur pression spécifique

b. Le cas rectangulaire

La force de serrage on emboutissage rectangulaire est donnée comme suivant :

$$F_s = p \cdot S$$

Avec :

F_s : force de serrage (N)

P : pression de serrage (Pas)

S : surface de serre flan (mm²)

6. Jeu entre le poinçon et la matrice

Lorsque l'espace entre le poinçon et la matrice est théoriquement égal à l'épaisseur de la tôle, il se produit une augmentation de l'épaisseur de la paroi. L'augmentation de ce jeu a une influence favorable sous l'effet du poinçon mais entraîne certains inconvénients tels que :

- La détérioration du profil de la paroi.
- Déviation du poinçon entraînant la formation de languettes sur le bord de l'embouti.
- Apparition de plis sur la paroi de l'embouti.

Inversement, si l'épaisseur du flan est plus grande que l'espace existant entre le poinçon et la matrice, il se produit un écrasement et un amincissement indésirables de la paroi. [13]

II.5. Défauts en mise en forme des tôles métalliques

Au cours des opérations de mise en forme des tôles métalliques et parfois postérieurement, divers défauts peuvent apparaître sur les pièces. Ces défauts peuvent être classés en deux catégories : les défauts globaux et les défauts locaux, que nous définissons comme suit : $\frac{3}{4}$ Un défaut global concerne la géométrie finale de la pièce. A l'issue de l'opération de mise en forme d'une tôle, par exemple par emboutissage, la géométrie finale obtenue après enlèvement des outils peut ne pas correspondre exactement à la forme recherchée. Deux phénomènes sont essentiellement à l'origine de ces défauts le retour élastique et le plissement. $\frac{3}{4}$ Un défaut local concerne des zones plus ou moins réduites de la pièce, où une diminution nette de l'épaisseur, voire rupture, peut apparaître. La striction localisée en est un exemple. D'autres phénomènes plus rares, comme la rupture différée en est un autre. Nous décrivons ces principaux défauts dans les paragraphes suivants.

1. Retour élastique

Dans la mise en forme d'une tôle métallique par emboutissage, la forme recherchée est celle définie par le profil des outils à la fin de l'étape d'emboutissage. Cependant, après extraction de la pièce, à cause du comportement élastique du matériau, elle se relâche et la forme de la pièce évolue vers un nouvel état d'équilibre jusqu'à relaxation des contraintes

Ce phénomène n'apparaît, heureusement, pas sur toutes les pièces, mais uniquement sur certaines formes où des degrés de liberté en rotation de la tôle sont possibles. C'est la raison pour laquelle ce phénomène n'apparaît pas par exemple sur des pièces de forme tubulaire (godets, bouteilles, tubes etc. [9] Le niveau du retour élastique est sensible à plusieurs facteurs ces facteurs sont liés, d'une part, au procédé de mise en forme et, d'autre part, à la tôle elle-même. Les paramètres du procédé sont l'effort de serrage, la vitesse de mise en forme, la nature du contact entre les outils et la tôle (avec ou sans frottement), ainsi que les paramètres géométriques, tels que les rayons de courbure des outils et la course du poinçon.



Figure 33: Retour élastique

2. Vrillage

Le vrillage c'est la torsion de la pièce autour d'un axe parallèle à sa plus grande dimension. Ce phénomène est couramment observé après la mise en forme de pièces longues, droites et ouvertes, dont la section a une forme en U, [9] ainsi que beaucoup de longerons, brancards et autres pièces de structure qui sont souvent faites, et de plus en plus, à partir d'aciers à hautes caractéristiques mécaniques.

3. Striction

Le phénomène de striction en mise en forme des tôles métalliques pose un problème délicat pour l'industrie, du fait qu'il limite le domaine de formabilité de la tôle. La faisabilité de la pièce par grandes déformations plastiques dépend de l'aptitude de la tôle à se déformer d'une manière quasi-homogène.

Cette striction est caractérisée par la diminution de l'épaisseur de la tôle. Deux types de striction peuvent être définis : diffuse et localisée.

a) **La striction diffuse** : est caractérisée par une large zone de concentration des déformations.

b) **La striction localisée** : est caractérisée par une concentration des déformations dans des zones étroites, principalement sous forme de bandes. Ces bandes sont le lieu de rupture par fissuration lors de la mise en forme du matériau.

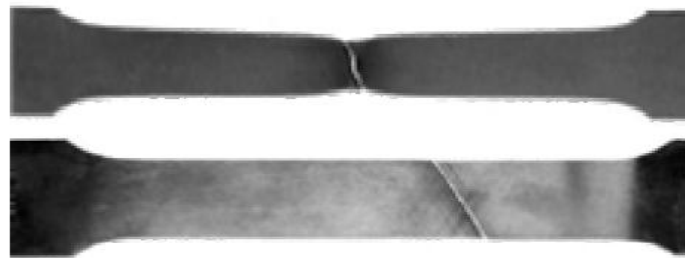


Figure 34: Striction sur une tôle épaisse (en haut) et très mince (en bas)

4. Plissement

Les tôles métalliques, vues leurs caractéristiques dimensionnelles (rapport très faible entre l'épaisseur et les dimensions de la tôle dans son plan), sont très sensibles au flambement. Ceci se traduit au cours de la déformation de la tôle par la formation de plis. Ce

phénomène est dû aux contraintes de compression qui se développent au cours de la mise en forme et qui agissent dans le plan de la tôle comme des efforts de flambement [31]



Figure 35: Rupture avec formation de plis

II.6.Conclusion

La mise en forme des tôles occupe une place importante dans l'industrie grâce à sa diversité d'emploi et sa grande cadence de fabrication ; Ce chapitre nous a donné un aperçu sur les procédés de la mise en forme des tôles (formage) et leurs paramètres, ainsi que ses défauts dans la fabrication qu'on doit chercher à éliminer. La première opération soumise sur un bloc d'acier est appelée laminage qui lui transforme en une tôle puis ; il est soumis à différents procédés de mise en forme pour avoir la géométrie désirée.

Chapitre III

Généralités sur les presses

III. 1. Introduction

La déformation à froid des métaux est très utilisée dans l'industrie, pour sa rapidité d'exécution et sa précision, elle nous fournit une pièce avec une bonne qualité et une production moins de déchets que l'usinage.

Les moyens utilisés pour effectuer ce procédé sont généralement les presses. [32]

III.2. Définition

La presse mécanique est une machine qui permet de changer la forme d'une pièce en exerçant une pression sur cette pièce.

La presse est un ensemble d'organes mécaniques, elle est composée essentiellement de deux plateaux se rapprochant à l'aide d'une commande mécanique ou hydraulique pour comprimer la pièce qui se trouve entre eux. [32]

Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et une partie fixe (bâti) qui porte la matrice.

III.3. Type de presses

Les presses peuvent être classées suivant :

- Leur mécanisme : Hydraulique, Mécanique
- Leur fonction : presse d'emboutissage, presse plieuse, presses d'estompement, presses de forgeage
- Leur contrôlabilité : conventionnelle, servo-presses [32]

III.3.1. La presse mécanique

Une presse mécanique est une machine qui utilise un mécanisme pour faire fonctionner les matrices à la vitesse appropriée, et leur donner l'énergie suffisante pour découper, percer, et obtenir la forme désirée. [32]

Les éléments estampés sont faits par profilage, emboutissage, découpage ou perçage d'un métal tôle ou bobine entre deux demis (supérieur et inférieur) d'un outil presse appelé matrice. L'élément supérieur est attaché au poinçon et l'élément inférieur est serré ou

boulonné à la plaque d'appui ou au banc de la presse. La matrice est conçue pour créer la forme de la pièce en un travail de série de façon à satisfaire les demandes de production.

La force (charge) et la précision sont nécessaires pour atteindre les demandes de la tolérance et de quantité de la pièce estampée et pour garantir un bon assemblage des parties de la pièce finale. [32]...

Exemple : presse mécanique et sa fiche technique

➤ **Description**

rapide : french.alibaba.com

Commande numérique par ordinateur ou pas:

Normal

Source d'énergie : Mécanique

Point d'origine: Anhui, China

Marque nom: DAMA

Tension: 380V

Dimension (L*W*H): 1940*1490*2850mm

Numéro de Type: J23-100T power presse

Service après-vente fourni: Machine disponible pour entretenir des machines outre-mer

Poids: 100ton

Puissance (W): 7.5kw

Nominal pressure: 1000kn

Slipper stroke: 100mm

Sipper stokes times: 40(time/min)

Max closing height: 300(mm)

Height adjustment: 80 mm

Slipper centre and machine distance: 310mm

Worktable dimension: 570*860mm

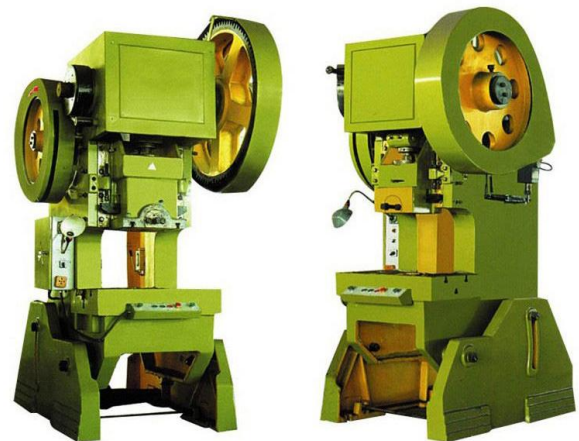


Figure 36: La presse mécanique

II.3.1.1 Avantages

- Les presses hydrauliques sont très robustes et fiables.
- Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression.

- Elles sont idéales pour l'hydroformage qui est une technique de formation des métaux nécessitant la présence d'un agent liquide.
- Elles sont lentes ce qui donne suffisamment de temps au métal pour se former.
- Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles.
- Destinés pour les travaux de grandes séries.

III.3.1.2 Inconvénients

- La presse mécanique est plus chère que la presse hydraulique.
- La presse mécanique ne peut pas être surchargée car le système est protégé par deux soupapes de décharge séparément ajusté.
- Difficulté d'arrêt du coulisseau en cas de danger.
- Réglage d'approche du coulisseau difficile.

III.3.2. La presse hydraulique

Une presse hydraulique est une machine avec un circuit hydraulique qui fournit une grande force de compression.

Elle permet de transmettre un effort démultiplié et un déplacement, servant à écraser, déformer un objet ou soulever une pièce lourde.

Il est préférable d'utiliser une presse hydraulique plutôt qu'une presse mécanique, lorsqu'il est indispensable de réguler la pression et de la maintenir hydraulique et sa fiche technique constante pendant un certain laps de temps. [33]

➤ Description rapide

Type de Machine: Presse hydraulique à trois poutres à quatre colonnes

Retour Force (kN): 1000 kN

Système: Servo

Point d'origine: Shandong, China

Marque nom: Dingrun

Dimension (L*W*H): 1100x650x2500mm



Figure 37: presses hydraulique

Poids (T): 2.5 T

Puissance du moteur (kw):7.5kw

Composants de base: Roulement, Moteur, Pompe, Engrenage, PLC, Récipient sous pression, Moteur, Boîte de vitesses

Power Source: Hydraulic

Product name: 100 ton

Working speed: 16-24mm/s

III.3.2.1. Avantages

- Les presses hydrauliques sont très robustes et fiables.
- Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression.
- Elles sont lentes ce qui donne suffisamment de temps au métal pour se former.
- Le tonnage de la presse est facilement ajusté ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles.
- Destinés pour les travaux de grandes séries.
- Un moteur plus puissant que celui de la presse mécanique parce qu'il n'y a pas un volant d'inertie pour stocker l'énergie.
- Arrêt du coulisseau à n'importe quelle position de travail.
- Modification de la course du coulisseau.
- Très souples.
- Vitesse de réglage et de travail lente.
- Vitesse d'approche et de retour rapide.

III.3.2.2. Inconvénients

- La maintenance de la presse hydraulique est plus difficile que celle de la presse mécanique car les pannes de cette dernière sont facilement détectables.
- Cependant, les presses hydrauliques demandent beaucoup de maintenance. L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse.
- Risque de pannes (joints, pompes...etc..).
- Moins rapides dans les cadences élevées.

- Un moteur plus puissant que celui de la presse mécanique parce qu'il n'y a pas un volant d'inertie pour stocker l'énergie. [34]

III.3.3.Classification

Elles sont classées d'après :

III.3.3.1.Le nombre de coulisseaux

a) Presse à simple effet

On a un seul coulisseau qui peut être commandé par une ou plusieurs bielles et montés sur les différents types de bâtis.

b) Presse à double effet

Deux coulisseaux à commandes indépendantes.

c) Presse à triple effet

Ou triple action, presses à double effet complètes par un troisième coulisseau.

III.3.3.2.La forme du bâti

Les bâtis sont en fonte, en acier moulé, et plus souvent en acier laminé et soudé.

a)Presses à col de cygne

Elles sont utilisées pour les moyennes séries, et petites puissances (jusqu'à 150 tonnes. [34])

Leur bâti offre l'avantage d'être dégagé sur trois cotés à fin d'assurer l'évacuation par simple gravité.

➤ **Caractéristique : directindustry.fr**

Actionnement : hydraulique

Fonction : à redresser, de découpage

Structure : à col de cygne directindustry.fr



Figure 38:Presses à col Signe

b) Presses à arcade

Elles sont munies d'un bâti en arcade, Elles sont plus rigides et sont utilisées pour les travaux nécessitant de grands efforts en bas de course atteignant 300 tonnes force, elles ne sont dégagées que sur les deux côtes avant et arrière.

➤ Caractéristiques

Actionnement : hydraulique

Fonction : à poinçonner, pour assemblage

Structure : à arcade

Force :

Max: 600kN**Min:** 150kN



Figure 39: presses à arcade

c) Presses à montants droits

Leur bâti est du type assemblé, les montants assurent deux fonctions : le guidage du coulisseau et la jonction entre le chapiteau et la table par quatre tirants en acier serré à chaud.

Elles sont très robustes, peuvent atteindre des dimensions impressionnantes, leur puissance peut atteindre 1000 tonnes force.

➤ Caractéristiques : fr.harsle.com

Force nominale : 1000 KN

Force de coupe : 250KN

Hauteur d'ouverture max : 800 mm

Course de glissière : 500 mm

Coup de grâce : 200mm

Puissance du moteur : 11kw



Figure 40: Presses à montants droits

d) Presses à colonnes

Le sommier supérieur et le sommier inférieur sont réunis par quatre colonnes cylindriques qui servent de glissières au coulisseau.

Ces presses sont très puissantes mais moins précises que les précédents.

Elles sont employées surtout pour le forage

➤ Détails techniques

surplex.com

Pression : 100 t.

Gorge : 415 mm.

Surface de la table l x l : 1400 x 730 mm.

Hauteur d'installation : 450 mm.

Poids approx : 9 000 Kg.

Dimensions (L x l x h) : 2 400 x 2 130 x 2 575 mm.



Figure 41: Presses à

III.4. Exigence pour le choix d'une presse

- Types du travail.
- L'effort nécessaire.
- Dimension de l'outil et la pièce à réaliser.
- Cadence nominale de fonctionnement (Coups/mn).
- Longueur de course des coulisseaux.

III.5. La partie électrique

III.5.1. Définition

Les moteurs asynchrones : sont des machines convertisseurs électromagnétiques qui transforment l'énergie électrique fournie par le réseau en énergie mécanique. Ils sont basés sur l'entraînement d'une masse métallique par l'action d'un champ tournant. Le terme asynchrone provient [35]



Figure 42: Moteur asynchrone

De fait que la vitesse du rotor et la vitesse du champ magnétique tournant ne sont pas égale ou même des moteur.

III.5.2. La constitution de moteur asynchrone

La machine asynchrone est constituée de deux armatures coaxiales (une armature fixe dite stator et une armature mobile dite rotor) et de Les organes mécaniques permettant la rotation du rotor et le maintien des différents sous ensembles

a) Stator

C'est la partie fixe de moteur ; Il est constitué d'un enroulement bobiné réparti dans les encoches du circuit magnétique saturique. Ce circuit magnétique est constitué d'un empilage de tôles dans lesquelles sont découpées des encoches parallèles à l'axe de la machine et canalisées le flux magnétique. [35]

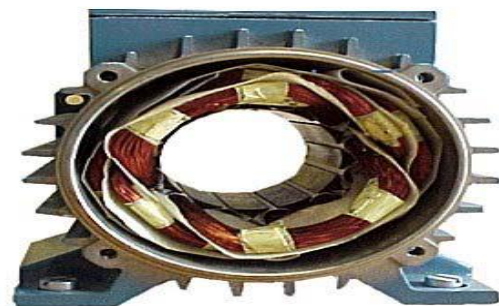


Figure 43: le stator

On utilise des tôles minces dont l'épaisseur varie entre 0.35 et 0.50 mm pour minimiser les pertes dans le circuit magnétique.

De plus, afin de limiter l'effet des courants de Foucault, on isole habituellement les tôles d'une mince couche de vernis ou de silicate de soude.

Différents types de moteurs asynchrones ne se distinguent que par le rotor; dans tous les cas le stator reste au moins dans son principe le même.

b) Rotor

Le rotor est constitué comme le stator de tôles empilées et habituellement du même matériau. Dans les petits moteurs, les tôles sont découpées dans une seule pièce et assemblées sur un arbre. [36] Dans de plus gros moteurs, chaque laminations est constituée de plusieurs sections montées sur un moyeu.

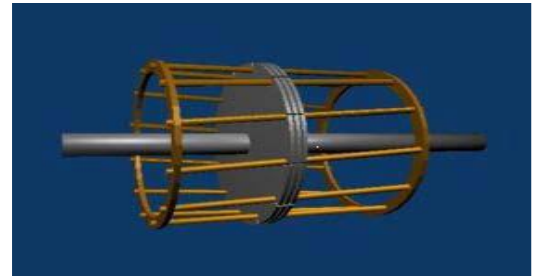


Figure 44: Le rotor

c) Les organes mécaniques

Le stator autoporteur reçoit de chaque côté un flasque sur lequel le rotor sera positionné grâce à des roulements à billes ou à rouleaux suivant le type de charge (axial ou radial). Un ventilateur est placé en bout d'arbre sur le rotor pour le refroidissement de la machine. Il peut être remplacé par une ventilation forcée motorisée pour le refroidissement aux vitesses très lentes. [37]

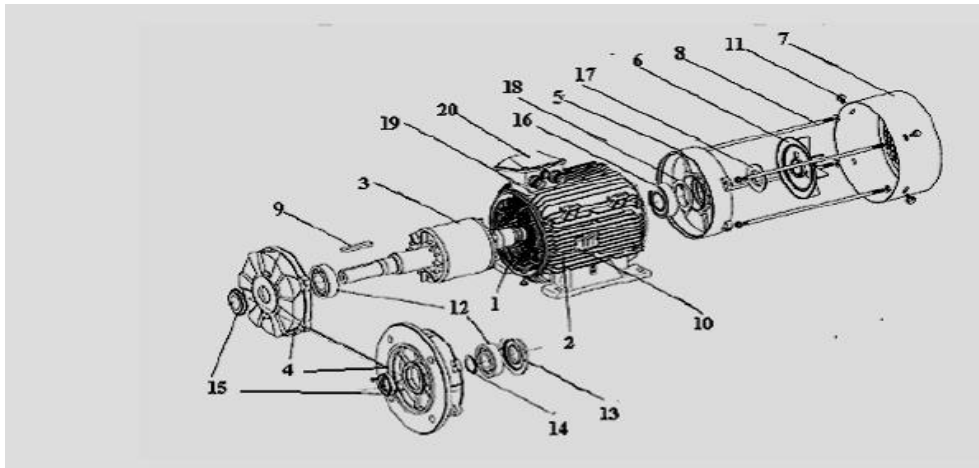


Figure 45: Les organes de la machine asynchrone

- | | |
|--|--|
| 1 : Stator bobiné | 11 : Vis de fixation du capot |
| 2 : Carcasse | 12 : Roulement côté accouplement |
| 3 : Rotor | 13 : Chapeau intérieur côté accouplement |
| 4 : Flasque côté accouplement | 14 : Ci clips de côté accouplement |
| 5 : Flasque arrière accouplement | 15 : Joint côté accouplement |
| 6 : Ventilateur | 16 : Roulement arrière |
| 7 : Capot de ventilations accouplement | 17 : Joint arrière |

8 : Tiges de montage

9 : Clavette

10 : Plaque signalétique

18 : Rondelle de perchage

19 : Corps de boîte à bornes

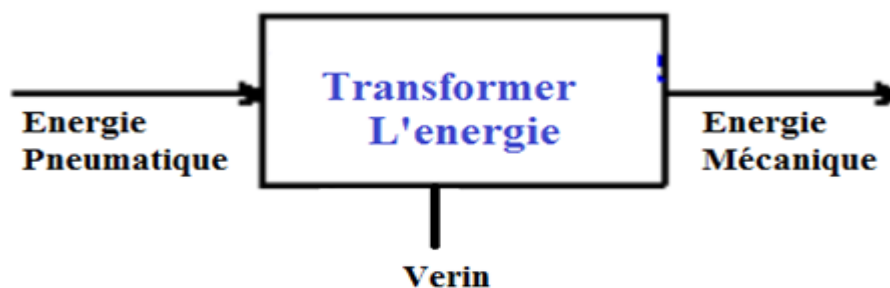
20 : Couvercle de boîte à bornes

III.6.Partie hydraulique

III.6.1. Les vérins

a) Définition

Un vérin est un actionneur qui permet de transformer l'énergie de fluide en travail mécanique, il est soumis à des pressions qui permettent d'obtenir des mouvements dans un sens, puis dans l'autre. [38] Les mouvements obtenus peuvent être linéaire ou rotatifs.



b) La constitution de vérin

Les vérins sont constitués d'un cylindre fermé de ces deux extrémités, à l'intérieur il coulisse l'ensemble tige piston, on désigne deux chambre (la chambre arrière, la chambre avant)

- La chambre arrière est la partie de cylindre ne contenant pas de la tige de vérin.
- La chambre avant est la partie de cylindre qui contient la tige de vérin.

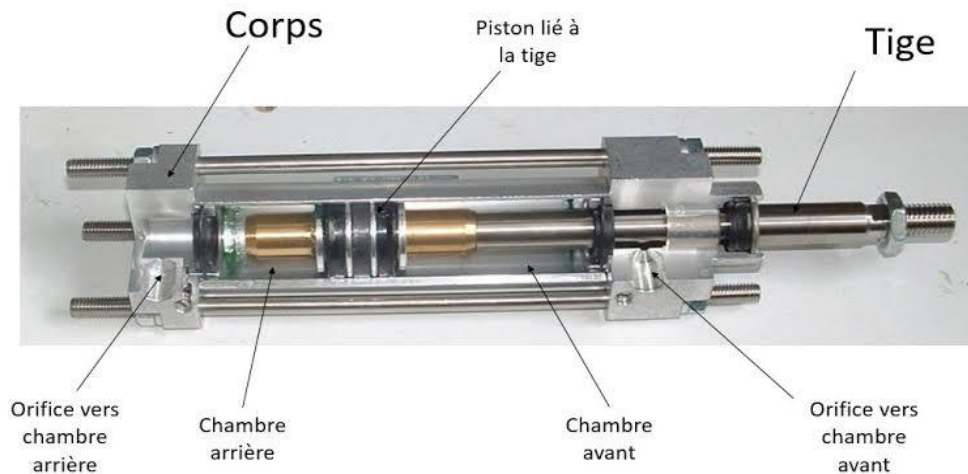


Figure 46: Constitution d'un vérin

c) Classification des vérins

On distingue les familles de vérins suivantes :

- **Les vérins simples effet.**
- **Les vérins doubles effets.**
- **Les vérins télescopiques.**
- **Les vérins rotatifs.**

III.6.2. La pompe

a) Définition

La pompe hydraulique est une machine mécanique ou électromécanique qui permet de transporter le fluide d'un point A pour l'envoyer à un point B. Pour que ce transfère s'effectue, il faudrait que la pompe aspire le fluide pour déclencher le mécanisme de transfère qui provoque une compression mécanique occasionnée par un piston ou encore par un autre mécanisme qui aspire et refoule le fluide. Pour son fonctionnement il a besoin d'être équipé d'un moteur qui a son tour sera alimenté par de l'énergie électrique, thermique ou mécanique. Mais lorsqu'il s'agit d'énergie électrique ou thermique il est transformé de façon automatique en énergie mécanique puisque le moteur fonctionne à partir de ce dernier. Le moteur alimenté par l'énergie mécanique occasionne le déplacement du liquide. [39]

Il existe deux types de pompe: rectiligne et rotatif



Figure 47: Pompe hydraulique

b) Principe de fonctionnement

En premier ; le moteur aliment les pompes et transforme l'énergie thermique ou électrique en énergie mécanique pour permettre le mouvement des organes de la pompe ; pour les transmettre au fluide, finalement Cette énergie de fluide se traduit sous forme de débit (énergie cinétique) et de pression (énergie potentielle).

c)Classification des pompes

On regroupe les pompes en deux grandes familles :

➤ Pompes volumétriques

Elle se compose d'un volume hermétiquement clos (corps de pompe) à l'intérieur duquel se meut un élément mobile Rigoureusement ajusté, dont le déplacement engendre soit le vide requis à l'aspiration (pompe à pouvoir d'aspiration), soit l'impulsion nécessaire au refoulement, soit enfin l'un et l'autre, permettant le transfert d'un volume donné de liquide de consistance plus ou moins pâteuse, ou de gaz, depuis l'aspiration vers le refoulement[40]

Pompes volumétriques se partage en deux partie :

1. Alternatives : Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Les principaux types de pompes sont les suivants : à membrane ou à piston

Parmi les pompes alternatives on cite : Pompes à membranes, Pompes à piston

2. Rotatives : Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation circulaire autour d'un axe, qui tourne dans une enveloppe (le corps) et crée le mouvement du fluide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement [40]

Parmi les type de pompe rotatif on cite : à palettes, à engrenages, à lobes, à vis...etc.

➤ **Turbopompes**

Elles sont toutes rotatives. Ce sont les pompes centrifuge, à hélice, hélico-centrifuge. Les turbopompes (hydrodynamiques) sont de construction très simple : en version de base, elles sont essentiellement constituées d'une pièce en rotation, le rotor appelé aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelé corps de pompe. [41] La différence entre les pompes centrifuge hélico-centrifuge et à hélice porte essentiellement sur la direction de la vitesse donnée au fluide

III.5. Conclusion

Pour qu'on réalise la déformation à froid des métaux on utilisant des presses. Parce que sont utilisés pour concevoir beaucoup de produit qu'on utilise quotidiennement.

Pour engendrer un mouvement on utilise soit la méthode mécanique, hydraulique et chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients et le choix d'une méthode se fait suivant la tâche et le taux de production prévus.

Chapitre IV

Étude et conception de la machine d'emboutissage

IV.1. Introduction

Durant la mise en forme de la tôle l'ingénieur doit intervenir avant l'usinage, pour une bonne production et pour minimiser le maximum d'erreur qui peut apparaître, au même temps il doit respecter le cahier des charges imposé par l'entreprise ; cette intervention est basée sur des connaissances acquises durant sa formation universitaire, et avec son expérience dans l'entourage professionnel. Qu'il doit les utiliser pour améliorer ses techniques de fabrication, qui mène au développement de l'entreprise.

IV.2. Le travail demandé

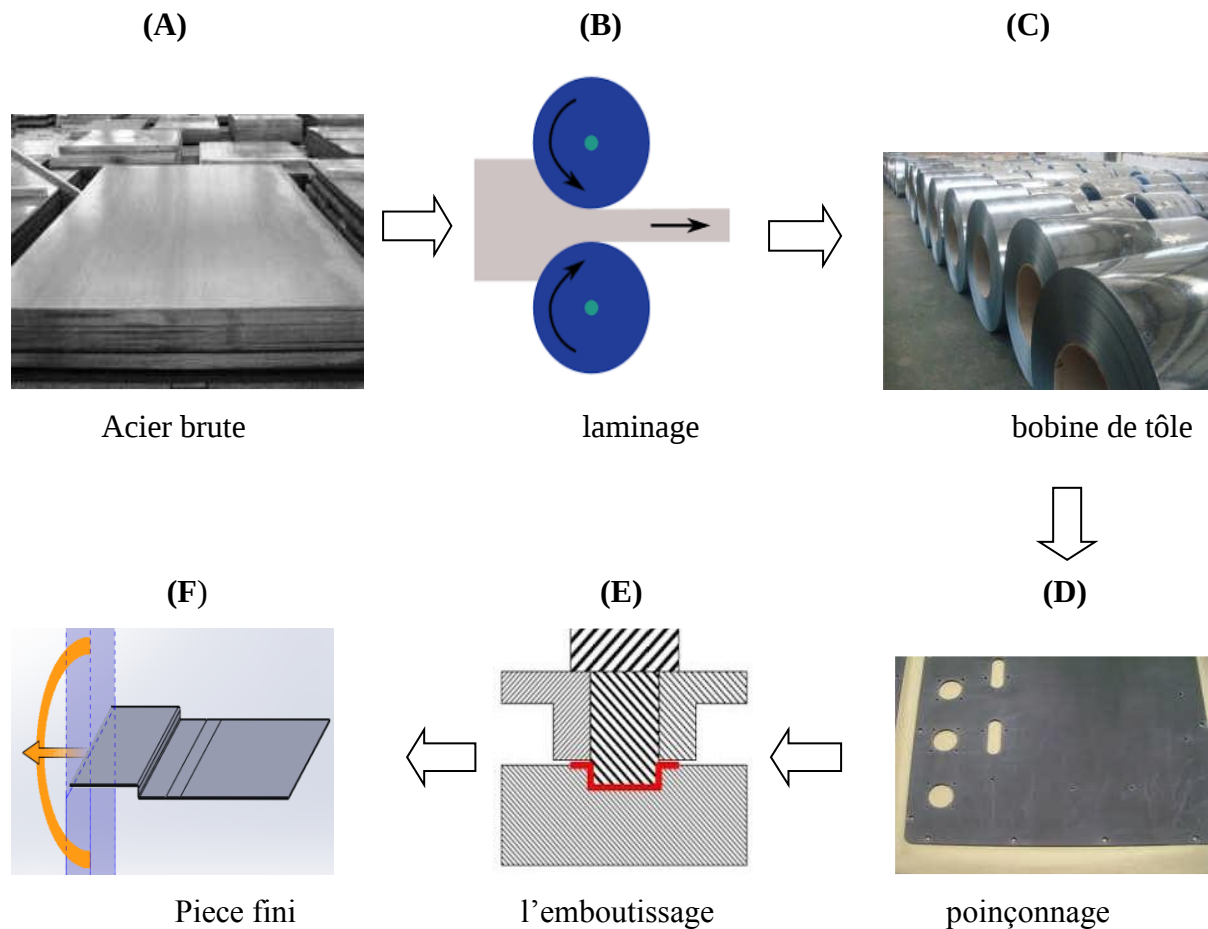
Le travail consiste à améliorer une machine d'emboutissage pour fabriquer une porte de réfrigérateur (tôle DC03) avec des démentions bien déterminer d'ou on minimise les rebuts ; qui vient de la descente oblique de l'outil, ce phénomène est apparu a cause de l'utilisation de deux vérins pour pousser la partie supérieur de la machine, mais réellement ces deux vérins ne peut pas être synchronisé ,et de là commence le problème, puis quand l'outil descend pour emboutir la tôle l'absence de serre flan empêche son maintien correcte durant l'opération , et a la fin quand l'outil termine son travail et monte, il perde son guidage a cause de dimension des colonne de guidage .

La descente oblique de l'outil peut provoquer aussi la fissure sur la colonne de guidage ou les casser ; et ou pire des cas peut gâcher notre moteur ou provoquer une fuite dans les canaux si il y a un blocage au niveau des colonnes de guidage, cela peut jouer sur la sécurité de l'utilisateur.

Et pour régler ces problème on a pensé à utiliser un seul vérin situer au centre, et pour repartir la charge sur l'outil on a utilisé des partie supérieur avec des épaisseurs d'une façon qu'il résiste au flexion ; et on a grandi la longueur des colonne de guidage d'une manière que l'outil reste toujours guidé, et aussi on a mis deux serre flan pour maintenir la tôle ,et on a diminué la matière supplémentaire de l'outil pour des raison économique.

IV.3. Les étapes d'obtention de la pièce finie

Ce schéma représente les déférentes étapes de la mise en forme de la matière première pour obtenir la pièce désiré.



IV.4.Tôles DC03 A et leur état de livraison

Les tôles sont des produits les plus utilisés à l'entreprise l'ENIEM. Elles sont livrées sous forme de bobines laminées à froid, généralement importées d'Allemagne ou de la Turquie. [32]

Ces bobines doivent être fournies huilées des deux faces avec une couche d'huile à neutre non siccative, exempte de corps étrangers et réparties de façon uniforme, de manière que dans des conditions normales d'emballage, de transport, de manipulation et de stockage, les produits ne présentent pas de corrosion.

Les bobines sont emballées avec châssis en bois, papier imperméable protégées par deux flasques pour éviter d'abîmer les flancs de la bobine. L'emballage doit protéger la qualité du produit qui ne doit en aucun cas se détériorer lors du transport, la manutention et le stockage, et une à température qui varie de -5°C à $+55^{\circ}\text{C}$. En outre, chaque bobine devra porter le numéro de coulée et le poids.

Le fournisseur est tenu de joindre les documents de contrôle des matériaux dans lesquels on pourra lire la composition chimique sur l'échantillon de coulée, les caractéristiques

mécaniques et le numéro de la coulée. Pour identifier la tôle DC03 A, un récapitulatif est représenté ci-dessous. [32]

- D : produit plat pour formage ;
- C : pour les produits laminés à froid ;
- 03 : emboutissage ;
- A : aspect de surface

Selon le diagramme fer carbone on peut classer notre acier comme un acier extra doux.

III.3.5. Dimensions des bobines

La tôle devra être livrée en bobine de 6 à 10 tonnes [32]

- Diamètre intérieur minimal : 470 mm
- Diamètre extérieur maximal : 1800 mm
- Largeur : 681 mm

Certains objets manufacturés comme ce type de tôle, doivent avoir un minimum de solidité pour pouvoir supporter les charges, le poids et bien d'autres efforts. L'essai de traction permet de caractériser ces matériaux, indépendamment de la forme de l'objet sollicité, ou la performance d'un assemblage mécanique

IV.5. Cahier des charges

Dans notre travail la pièce à réaliser est une porte de réfrigérateur en **DC03** dont les caractéristiques sont présentées au dessin de définition de la pièce. Le cahier des charges fourni par l'entreprise E.N.I.E.M est présenté ci-après.

IV.6. La fiche technique de la tôle DC03

a. Désignation de la tôle

Selon la norme FN EN : **10 130 DC03** [32]

b. Domaine d'utilisation

La tôle laminée à froid est utilisée pour réaliser des pièces en tories des réfrigérateurs électriques

c. Dimension

Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
0.5	1112±0.2

Tableau 16 : les démentions de la tôle a embouti [32]**d. Caractéristique**

La tôle doit conforme à la norme **NF NE 10 130-DC03 A** [32]

e. Composition chimique

Composition chimique en %				
C	P	S	Mn	Ti
0.10	0.035	0.035	0.45	-

Tableau 17: les compositions chimiques de la tôle à emboutir [32]**f. Caractéristique mécanique**

Re (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)	A 80% min	R 90 min	N90 min
140/240	270/370	34	1.3	-

Tableau 18: caractéristiques mécaniques de la tôle DC03**g. Aspect de surface**

Aspect de surface **A** selon la norme **NF EN 10130** [32]

h. Aptitude de revêtement de surface

Les pièces après transformation seront peintes.

i. Soudabilité

Le procédé utilisé est le soudage par point (court circuit), soudage à l'arc électrique sous argon (plasma)

IV.7.Emplacement de la pièce



Figure 48 : Emplacement de la porte TN

IV.8.Description de la machine

C'est une machine conventionnelle pour l'emboutissage, qui réalise de porte de réfrigérateur. Elle est constitué de :

- **Chassie** : son rôle est de porter les autre partie de la machine ; il doit résister a toutes les charges.
- **Le moteur** : son rôle est d'alimenter la machine
- **La pompe** : son rôle est de développée la pression de fluide pour donner l'action au notre vérin
- **Le vérin** : son rôle est de pousser la partie supérieure de l'outil pour emboutir la pièce dans notre machine on a choisit un vérin double effet.
- **Capteur** : c'est un élément détecte le point d'arriver(le point haut) de l'outil
- **Distributeur** : c'est un élément lié au vérin ; c'est lui qui distribue le fluide fourni par la pompe au vérin pour qu'il puisse faire ses course.

- **La pédale** : c'est l'élément qui donne l'ordre à la machine pour effectuer une opération.
- **Le bouton d'arrêt d'urgence** : il est lié à la boîte électrique de la machine ; il nous permet de couper l'électricité en cas d'urgence pour arrêter le travail de la machine.
- **L'outil** : c'est un ensemble des éléments, il est composé de deux parties (partie supérieure et partie inférieure)
- **Partie supérieure** : c'est la partie mobile de l'outil, elle est composée de :
 - **Poinçon** : c'est l'élément qui exécute réellement le travail, il est en **XC48** pour résister aux efforts d'emboutissage.
 - **Porte poinçon** : c'est l'élément où on fixe le poinçon
 - **Serre flan** : son rôle est de maintenir la pièce sur la matrice durant l'opération, et empêche l'apparence de pli
 - **Semelle supérieure** : elle porte tous les éléments de la partie supérieure
- **La partie inférieure** : C'est la partie fixe de l'outil ; elle est constituée de
 - **Semelle inférieure** : elle porte tous les éléments de la partie inférieure.
 - **La matrice** : elle est en **XC48** pour résister aux efforts de l'emboutissage son rôle est de donner la forme à la pièce
 - **Porte matrice** : c'est l'élément où on fixe la matrice
 - **Colonne de guidage** : son rôle est de guider l'outil
 - **Butté** : son rôle est d'éliminer une translation selon **OX**, il assure le bon positionnement de la pièce.
 - **Porte butée** : son rôle est de porter la butée :
 - **Les embases** : c'est un élément qui assure le guidage entre les deux semelles inférieure et supérieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage

Remarque

Toutes les pièces de la machine sauf la matrice, le poinçon et le serre flan sont de l'acier ordinaire E24

IV.9.Fiche technique de XC48

-	Composition	Traitement thermique	durté	utilisation
XC48	0.35%C ,0.5à0.8 %Mn, 0.1à0.4%Si	Recuit d'adoucissement 680à710°C Trempe : 800à830°C-eau 850à875°C-eau	49à57HRC	Plaque ou corps, moule outil à moins outils agricole résistant 600à650 N/mm ²

Tableau 19: Fiche technique de XC48 [32]

IV.10. Dureté de XC avant et après le traitement thermique

Nuance	Avant trempe HRC	Après trempe HRC	Revenue (HRC)				
XC48	13,5	52	100°	200°	300°	400°	500°
			64	61	58	54	50

Tableau 20:Dureté de XC 48 avant et après le traitement thermique [32]

IV.11.Etude de l'outil

IV.11.1. Le jeu entre le poinçon et la matrice

Théoriquement le jeu entre la matrice et le poinçon c'est l'épaisseur de la tôle, et réellement égal a l'épaisseur de la tôle plus intervalle de tolérance.

$$J = e_p + It$$

$$J = 0.5 + 0.2$$

$$J = 0.7 \text{ mm}$$

IV.11.2. Le rayon minimal et maximal de la tôle

D'après la définition de l'emboutissage, dans des cas particulier (l'emboutissage de pièce en forme de profilé) on peut considérer notre emboutissage comme un pliage, donc on peut utiliser quelque loi de pliage comme le rayon maximal et minimale de la tôles.

1. Rayon minimal de la tôle

$$R \min = \frac{e}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \cdot \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

$$A\% = \frac{Lu - L0}{L0} \times 100$$

$$A\% = \frac{2.5 - 1.96}{1.96} \times 100$$

$$A\% = 27,5$$

$$Z\% = \frac{S0 - Su}{S0} \times 100$$

Avec

$$S0 = (1112 + 0.5) \times 2$$

$$S0 = 2225 \text{ mm}$$

$$Su = (1111.6 + 0.33) \times 2$$

$$Su = 2223,86 \text{ mm}$$

$$Z\% = \frac{2225 - 2223,86}{2225} \times 100$$

$$Z\% = 0.051$$

Donc

$$R \min = \frac{0.5}{\left(\frac{27,5-4}{100-0,051}\right) \cdot \left(\frac{27,5-4}{100-0,051} + 2\right)}$$

$$R \min = \frac{0.5}{(0.23) \cdot (2,23)}$$

$$R \min = 0,96 \text{ mm}$$

Et pour mesure de sécurité on prend

$$R \min = 2e_p$$

$$R \min = 2 \times 0,5$$

$$R \min = 1 \text{ mm}$$

2. Rayon maximale de la tôle

$$R_{\max} = R_{\min} + e_p$$

$$R_{\max} = 1 + 0,5$$

$$R_{\max} = 1,5 \text{ mm}$$

IV.11.3. L'arrondi sur le poinçons et la matrice

Théoriquement l'arrondi sur le poinçon et la matrice c'est le rayon de la tôle (cas de pièce en forme profilée) mais dans la pratique en tenue compte au retour élastique donc en fait un décalage de première distribuée entre le poinçon et la matrice, afin d'avoir les rayons désirer après le retour élastique.

IV.11.4. L'effort d'emboutissage

nous avons un emboutissage rectangulaire donc on utilise la formule suivante :

$$F_e = P_p \cdot e_p \cdot R_m \cdot K$$

➤ Calcul de périmètre de poinçons

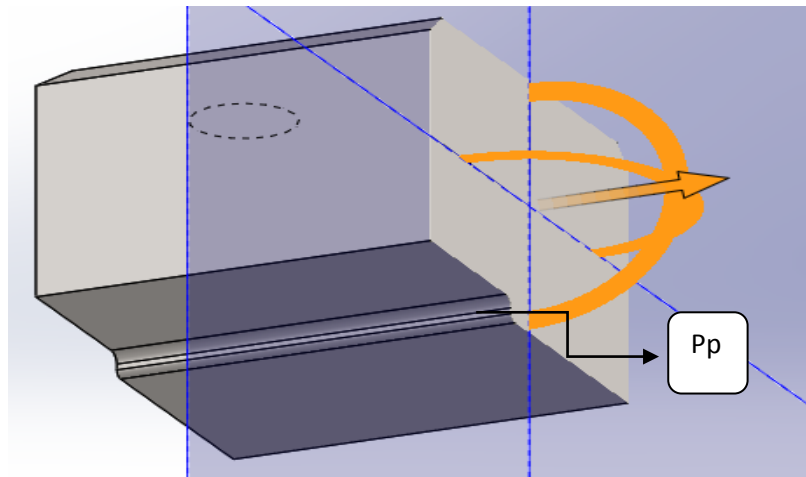


Figure 49: Poinçons

$$P_p = (2.36 + 2 + 1.14 + 1200) \cdot 2 = 2411 \text{ mm}$$

nous avons aussi

$$K = f\left(\frac{P_p}{P_f}\right) = f\left(\frac{2411}{3916.18}\right) = f(0.61)$$

D'après le tableau on prend $K = 0.72$

Et d'après les caractéristiques de notre tôle nous avons

$$e_p = 0.5 \text{ mm}$$

$$R_m = 370 \text{ N/mm}^2$$

Donc

$$F_e = 2411 \times 0.5 \times 370 \times 0.72$$

$$F_e = 321145 \text{ N} = 321.1452 \text{ KN}$$

IV.11.5. Calcul l'effort de serre flan

Vu que l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de d'emboutissage, selon la bande entourant le poinçon est faible donc en prend :

$$F_{sf} = 2\% F_e$$

$$F_{sf} = \frac{2 \times 321145}{100} = 6422,9 \text{ N}$$

➤ L'effort total

$$F_T = F_e + F_{sf} + P_{ps}$$

$$F_T = 320966,72 + 6419,4 + 2368,9$$

$$F_T = 329755,02 \text{ N}$$

$$F_T = 329.75 \text{ KN} = 33,625 \text{ Tonne}$$

IV.11.6. Choix de ressort

Le choix de ressort est une opération très importante pour maîtriser l'effort de dévêtissage qui consiste à plaquer la bonde contre la matrice lors des opération de formage pour éviter la déformation de plis et la remonter de la bonde lors du retour des poinçon



Figure 50: Ressort de compression [25]

➤ Calcul de l'effort de ressort

Vu que la géométrie de l'outil est assez importante alors pour des raisons d'équilibre on utilise 15 ressorts

On a

$$Fr = \frac{Fs f}{N}$$

Avec :

Fr : force d'un seul ressort (N)

F_{sf}: l'effort l'effort de serre flan(N)

N : nombre de ressort

$$Fr = \frac{6422,9}{15} = 428N$$

Pour notre outil nous avons choisis le ressort de charges légères de couleur vert du catalogue Rabourdin (REF.355 ; ISO 10243) avec les caractéristiques suivantes :

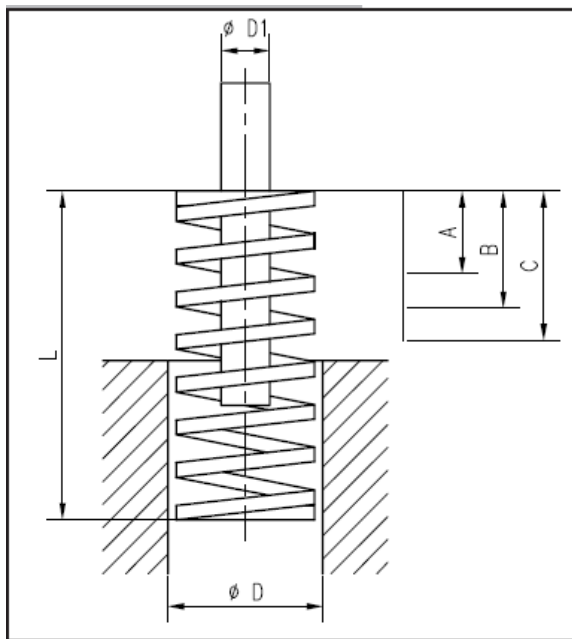
D= 20 mm

D1=10 mm

L= 25 mm

K=55.8 N/mm

Section de fil : 4*2.1



L =Longueur totale du ressort détendu.

K =Charge exprimée en newton pour obtenir une course d'un millimètre.

A =Charge et course recommandées pour une longue durée.

B =Charge et course maximales de travail.

C =Charge et course approximatives du ressort comprimé à bloc.

Figure 51:Caractéristiques ressort [25]

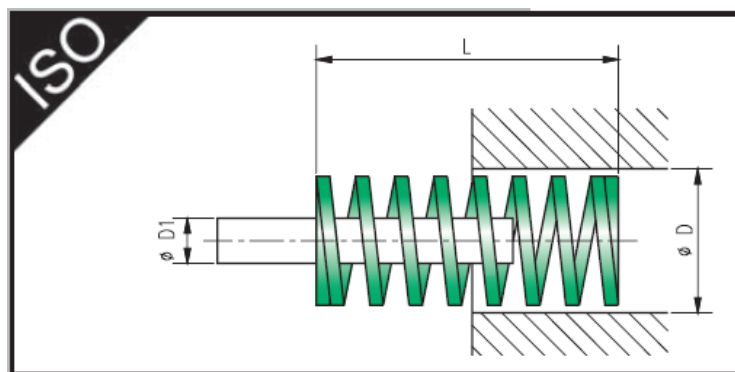


Figure 52:Ressort chargement léger, couleur vert, rectangulaire [25]

GAMME DISPONIBLE										
D	D1	L	K	A 30 %		B 40 %		C Approximatif		REF. 355
mm	mm	mm	N/mm	N	mm	N	mm	N	mm	
10	5	25	10	75	7,5	100	10	130	13	
		32	8,5	82	9,6	109	12,8	136	16	
		38	6,8	78	11,4	103	15,2	136	20	
		44	6	79	13,2	106	17,6	144	24	
		51	5	77	15,3	102	20,4	135	27	
		64	4,3	83	19,2	110	25,6	151	35	
		76	3,2	73	22,8	97	30,4	125	39	
		305	1,1	101	91,5	134	122	169	154	
12,5	6,3	25	17,9	134	7,5	179	10	233	13	
		32	16,4	157	9,6	210	12,8	279	17	
		38	13,6	155	11,4	207	15,2	286	21	
		44	12,1	160	13,2	213	17,6	315	26	
		51	11,4	174	15,3	233	20,4	331	29	
		64	9,3	179	19,2	238	25,6	344	37	
		76	7,1	162	22,8	216	30,4	298	42	
		89	5,4	144	26,7	192	35,6	270	50	
16	8	102	4,6	141	30,6	188	40,8	267	58	
		305	1,4	128	91,5	171	122	227	162	
		25	23,4	176	7,5	234	10	304	13	
		32	22,9	220	9,6	293	12,8	389	17	
		38	19,3	220	11,4	293	15,2	386	20	
		44	17,1	226	13,2	301	17,6	428	25	
		51	15,7	240	15,3	320	20,4	424	27	
		64	10,7	205	19,2	274	25,6	385	36	
20	10	76	10	228	22,8	304	30,4	430	43	
		89	8,6	230	26,7	306	35,6	447	52	
		102	7,8	239	30,6	318	40,8	452	58	
		305	2,5	229	91,5	305	122	415	166	
		25	55,8	419	7,5	558	10	725	13	
		32	45	432	9,6	576	12,8	765	17	
		38	33,3	380	11,4	506	15,2	666	20	
		44	30	396	13,2	528	17,6	720	24	
		51	24,5	375	15,3	500	20,4	662	27	
		64	20	384	19,2	512	25,6	700	35	
		76	16	365	22,8	486	30,4	640	40	
		89	14	374	26,7	498	35,6	686	49	
		102	12	367	30,6	490	40,8	660	55	
		115	10,9	376	34,5	501	46	676	62	
127	9,5	362	38,1	483	50,8	675	71			
139	8,4	350	41,7	467	55,6	638	76			
152	7,5	342	45,6	456	60,8	608	81			
305	4	366	91,5	488	122	672	168			
Section du fil 1,7 x 1,1										
Section du fil 2,3 x 1,5										
Section du fil 3,2 x 1,7										
Section du fil 4 x 2,1										

Figure 53: Catalogue Rabourdin Ressorts charges léger [25]

IV.11.7. Choix de vérin

Vu que nous n'avons pas trouvé un vérin avec la même valeur calculer, donc on va choisir un vérin avec de force supérieur la plus approcher la valeur théorique, pour qu'il puisse de pousser la partie supérieur de l'outil.

Donc nous avons opté pur ce vérin avec les caractéristique suivante :

$$F=50kN=50000N$$

$$\text{cours}=350mm$$

$$T=4s$$

$$d_{\text{piston}}=100mm$$

$$d_{\text{tige}}=70mm$$

➤ La force pour pousser la tige

La force réelle pour vaincre les différents frottements au niveau des joints et les étanchéités au niveau de piston est de 90% la force théorique.

$$F_r = 90\% F$$

$$F_r = 0.9 \times 50000$$

$$F_r = 45000 \text{ N} = 45 \text{ kN}$$

Le frottement présent (3-20)% de la force théorique, alors on choisit à prendre 10%

➤ La force pour entrer la tige

$$F_{en} = p \cdot S$$

Avec

$$S = S_1 - S_2$$

$$S = \pi (r_1^2 - r_2^2)$$

$$S = 3.14 (5^2 - (3,5)^2)$$

$$S = 40.035 \text{ cm}^2$$

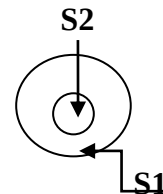
Et

$$P = 637 \text{ N/cm}^2$$

donc

$$F_{en} = 637 \times 40,035 = 25502,3 \text{ N}$$

$$F_{en} = 25,53 \text{ kN}$$



i. Choix de moteur

➤ Calcul de la puissance hydraulique

$$P_h = P_r \times Q_v$$

Avec

P_h : puissance hydraulique (W)

P_r : puissance (W)

Qv : débit volumique (m^3s^{-1})

➤ **Calcul de débit volumique**

$$Q_v = V.S$$

Avec

V : la vitesse (m/s)

S : la section (m^2)

Qv : débit volumique (m^2/s)

$$V = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$$

$$V = \frac{350 \times 10^2}{4}$$

$$V = 8.75 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

Et nous avons aussi

$$S = \pi.r^2$$

$$S = 3.14 \times 50^2 \times 10^{-6}$$

$$S = 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Donc

$$Q_v = 8.75 \times 10^{-2} \times 7.85 \times 10^{-3}$$

$$Q_v = 6.9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Calcul de la puissance**

$$Pr = \frac{F}{s}$$

Avec

Pr : pression (bar)

F : force de pousser le vérin(N)

S : la section (mm^2)

Donc

$$Pr = \frac{50000}{3.14 \times 5^2}$$

$$Pr = 637 \text{ N/cm}^2 = 63.7 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 10^5 \text{ pas}$$

Donc

$$Ph = 63.7 \times 0.69 \times 10^{-3} \times 10^5$$

$$Ph = 4395.3 \text{ W} = 4.4 \text{ KW}$$

Donc nous avons choisi un moteur avec une puissance de 5 KW.

Le tableau ci-dessous représente la fiche technique de moteur utilisée pour la machine d'origine.

N°			Type6SM/100LB4		
3Kw		A=11,3/6,52			
V 230/400Δ/Y	50Hz		V _{pm} 1440		Cos Ø
V 275/480Δ/Y	60 Hz		V _{pm}		Cos Ø
IEL-85,5%(100%) 86%(75%) 84.35%(50%)					
~ 3	S1	IP			26,4KG

- Type : référence propre de constructeur
- La puissance : 3KW puissance utile délivrée sur l'arbre de moteur
- A : intensités, elle représente l'intensité absorbée par le moteur
- V230/400 Δ/Y: tension 230/400, la première indique la valeur nominal de la tension aux bornes d'un enroulement couplage (Δ) ; la seconde indique la valeur nominale de la tension aux bornes de deuxièmes enroulement (couplage Y)

- V275/480 : tension, 275/480 la première indique la valeur nominal de la tension aux bornes d'un enroulement couplage (Δ) ; la seconde indique la valeur nominale de la tension aux bornes de deuxièmes enroulement (couplage Y)

Elle justifiée le couplage (étoile Y ou triangle Δ à effectuée en fonction de réseau d'alimentation.

- 50Hz : fréquence de réseau d'alimentation associé a la tension V230/400 Δ/Y
- Vmp 1440 : vitesse (tr/min) indique la vitesse nominale de moteur associé à la tension V230/400 Δ/Y
- 60Hz : fréquence de réseau d'alimentation associé a la tension V275/480
- Cos $\varnothing$: facteur de puissance permet de calculer de la puissance réactive consommé par le moteur.
- IEL-85,5%(100%) : le rendement 85 ,5% représente 100% de puissance
- 86%(75%) : le rendement 85% présente 75% de puissance
- 84.35%(50%) : le rendement 84,35% présente 50% de puissance

Rendement permet de connaître puissance électrique consommée : $\frac{\text{puissance utile}}{\text{puissance absorbée}}$

$$\text{rendement} \Rightarrow P_a = \frac{P_u}{P_{\text{rea}}}$$

- ~ 3 : nombre de phases 3 pour moteur triphasé
- S1 : facteur d'utilisation de moteur service (S1) définie le type d'utilisation de moteur

IV.12.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de développer les connaissances acquises dans notre étude avec des calculs pratique des paramètres mécanique nécessaire, pour atteindre le but de notre travail, et assurer la résistance de notre machine à tous les efforts.

Chapitre V

Étude technico-économique

V.1. Le but de l'étude

La machine à modifier est une machine d'emboutissage conventionnelle pour faire un nouveau désigne pour la porte de réfrigérateur, afin d'attirer les clients, et vu que la machine d'origine crée des rebuts, plus de 3% de totales des pièces, et cela est indésirable dans l'industrie car il diminue les gains de production, donc nous avons pensé à faire des modifications sur la machine (ces modifications sont citées dans le chapitre précédent) pour l'améliorer et minimiser le maximum des rebuts.

L'étude technico-économique permet d'obtenir le prix de revient de toutes les modifications soumises sur la machine d'emboutissage ; mais dans cette étude on va s'intéresser seulement sur la partie active de la machine (l'outil), alors nous nous sommes approchés auprès du service technique de l'atelier central de l'entreprise afin de nous estimer sur le prix de revient de l'outil ; d'où on nous a proposé un coût maximal de 305304DA et cela a été pris après la consultation des dessins de définition de l'outil.

Le prix de revient de la modification de l'outil est calculé comme suite :

V.2. Le prix de la partie supérieure

a. Semelle supérieure

Nombre de la pièce	Le temps de chaque opération	Coût de la présentation	Coût de la matière	Le prix total
1	Fraisage conventionnelle : 28h Rectification : 03h Perçage : 07h Fraisage mik : 07h Débitage : 01h	32600DA	11410Da	A1=44010DA

b. Porte semelle

Nombre de la pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 21h Rectification : 05h Perçage : 04h Débitage : 01h	23100DA	8085DA	A2=31185DA

c. Porte semelle 02

Nombre de la pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
02	Fraisage conventionnelle : 21h Rectification : 04h Perçage : 07h Débitage : 02h	21100 DA	7385 DA	A3=28485DA

d. Embout

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 10h Rectification : 01h Débitage : 00h30	10664DA	2765DA	A4=13429DA

e. Poinçon

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 10h Rectification : 02h Débitage : 00 h30 Perçage : 02h	10100DA	3535DA	A5=13635DA

f. Serre flan 01

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 14h Rectification : 02h Débitage : 00 h30 Perçage : 01h	11800DA	4130DA	A6=15930DA

g. Serre flan 02

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 10h Rectification : 02h Débitage : 00 h30 Perçage : 02h	9400DA	3290DA	A7=12690DA

a. Bague de guidage

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Tournage conventionnelle : 02h Rectification : 01h Traitement thermique : 00 h30 fil : 03h	14100DA	3525DA	A8=17625DA

b. Fixe de bague de guidage

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
04	Fraisage conventionnelle : 06h	2800DA	700DA	A9=3500DA

Le prix de revient de la partie supérieure(A) est la somme de prix de tous les éléments cité précédemment

$$A = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9$$

$$A = 44010DA + 31185DA + 28485 + 13429 + 13635 + 15930 + 12690 + 17625 + 3500$$

$$A = 180489DA$$

V.3. Le prix de la partie inférieure**a. Semelle inférieure**

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 18h Rectification : 03h Poinçonnage : 08h Débitage : 01h	18300DA	6405DA	B1=24705DA

b. Porte matrice

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 14h Rectification : 02h Perçage : 03h Débitage : 00h30h	12600DA	4410DA	B2=17010DA

c. Matrice

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
01	Fraisage conventionnelle : 21h Rectification : 02h perçage : 02h Débitage : 01h	17300DA	6055DA	B3=23355DA

d. Le guide

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
02	Fraisage conventionnelle : 10h Rectification : 01h Débitage : 01h	6700DA	2345DA	B4=9045DA

e. Porte guide

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
02	Fraisage conventionnelle : 10h Rectification : 02h Débitage : 01h	8800DA	3080DA	B5=11880DA

f. Colonne de guidage

Nombre du pièce	Le temps de chaque opération	Cout de la présentation	Cout de la matière	Le prix total
02	Tournage conventionnelle : 10h Rectification : 04h T-Thermique : 03h Débitage : 01h	13200DA	4620DA	B6=17820DA

Le prix de revient de la partie inférieure de l'outil (B) est la somme de toute les prix de ces éléments :

$$B=B1+B2+B3+B4+B5+B6$$

$$B=24705+17010+23355+9045+11880+17820$$

$$B=103815DA$$

N.B : l'ajustement de l'ensemble de pièces sur la partie fixe et la partie mobile est de 35h avec un prix de 21000DA

V.4.Le prix de revient totale de l'outil

Le prix de revient total (Pt) de l'outil est la somme du prix de toutes les pièces de la partie mobile (A) et la partie fixe (B) plus le prix de l'ajustement de l'ensemble.

$$Pt=180489+103815+21000=305304DA$$

Conclusion générale

Le stage pratique que nous avons fait au sein de l'entreprise ENIEM nous a ouvert une petite fenêtre sur le milieu industriel d'une part ; et d'une autre part nous a permis de confronter nos connaissances théoriques acquises durant cette étude et durant notre formation universitaire aux applications pratiques, dont nous avons découvert un monde industriel complexe qui regroupe plusieurs disciplines allant des matériaux à la mécanique, l'hydraulique et l'électricité.

Cette étude nous a permis d'améliorer une machine d'emboutissage conventionnelle pour une meilleure production, cette modification est faite d'un choix parmi tant d'autres d'une manière à faciliter la réalisation du produit désiré en respectant le cahier des charges, ainsi que de diminuer son prix de revient, et d'autre part la facilité de réaliser ces modifications sur la machine d'origine.

Le premier pas pour réaliser un produit de qualité c'est de choisir un matériau avec des propriétés mécaniques et chimiques conformes au domaine d'usage du produit. Dans ce travail nous avons eu la chance de rendre un aperçu sur les aciers, le matériau le plus utilisé dans l'industrie grâce à ces propriétés mécaniques et chimiques.

La mise en forme des tôles est un domaine très vaste qui contient tant de procédés. Il est nécessaire de les maîtriser pour faire un meilleur choix pendant la réalisation du produit (le choix du procédé, de la presse et le réglage sur les paramètres de cette dernière.) pour obtenir le produit avec la norme voulue, avec la réalisation la plus facile en maîtrisant le prix de revient de fabrication.

Avant d'entamer la fabrication il est nécessaire de faire une étude technico-économique, car le premier but de la fabrication est l'intérêt économique, donc on doit assurer que les gains de la production dépassent le prix de revient de la fabrication.

Références bibliographiques

- 1 : Yann Ledoux ; thèse de doctorat« Optimisation des procédés d'emboutissage par caractérisation géométrique et essais numériques ».2005
- 2 :« Science et génie des matériaux modulo Editeur », 2001,233AV Dunbar Mont Royal Québec, Canada.
- 3 : guide de dessinateurs industriel « chevalier » édition 2004.
- 4 : « chevalier » guide de dessinateur industriel, édition 2001 /2002.
- 5 :Lakhtine .Métalogie et traitement de métaux, Édition MIR 1978 .
- 6: M. Fontannaz « Métalogie Connaissance des métaux » .édition ; Delta et Sers
- 7 : J. Barralis ; Gmeader édition Nathan « précis de métallurgie »2005
- 8 : N. Bouaoudja « matériaux métallique » édition OPU Alger.
- 9 : Alain Col : « L'emboutissage des aciers » Dunod, Paris, 2010 ISBN 978-2-10-0550975
- 10 : R. Desgagnés, R. Langevin « guide d'auto-apprentissage pour les opérateur en traitement thermique » Le Comité sectoriel de la main-d'œuvre dans la fabrication métallique industrielle (PERFORM), septembre 2015.
- 11:A. Halloumi ; Thèse doctorat «Modélisation mécanique et thermique du procédé de laminage asymétrique» Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, 2011.
- 12: C.C. CHU «Elastic plastic spring back of sheet metals subjected to complex plane strain bending histories» 1986.
- 13:Zaoui Miloud, these de doctorat «La recherche d'un matériau économique pour la réalisation des outils d'emboutissage pour la mise en forme des tôles minces » 2018.
- 14 : « le robert -sejer » dictionnaire alphabétique et analogique, édition Bérengère Baucher 2005
- 15 :METONORM(www.metonorm.com/content/fr/Dossiers/89/DC01-DC03-DC04-DC05-DC06/)

16 : Decultot Nicolas « Formage incrémental de tôle d'aluminium, étude du procédé à l'aide de la mesure de champs et identification de modèles de comportement » thèse de doctorat de l'université de Toulouse le 10 décembre 2009

17 : Chemakh Abdeslam thèse de doctorat « optimisation des procédé de mise en forme par les réseaux de neurones artificiels» Laboratoire de Génie Mécanique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir, Tunisie 2007.

18 : B. Wassilief « Emboutissage, Règle principales, Calcul ». Edition Dunod, Paris 3ème édition. 1970

19 : Linher Lerome , « Cours des microtechnique – découpage », De Lycée JULES HAAG, France

20 : M.Kheroub, M.Hamadi, Etude et conception d'un Outil à suivre pour la Fabrication d'un panneau latéral autonettoyant Dune cuisinière E.N.I.E.M. mémoire de master Professionnel en genie mécanique. Proposé par Mr B.Tabeche .2013/2014

21 : R. Quatrema « Déformation plastique des tôles. » Édition DELGRAVE 1981

22 : Lyes Ait Amrane, Ahmed Derdi « étude et conception d'un outil de pliage pour la réalisation d'une pièce de réfrigérateur ENIEM. Mémoire de Master Académique option Construction Mécanique. Proposé par E.N.I.E.M. » Promotion 2016/2017

23 : Daniel Lepadatu « Optimisation des procédés de mise en forme par approche couplée plans d'expériences, éléments finis et surface de réponse » Sciences de l'ingénieur, Université d'Angers, 2006. Français.

24 : Michel MAYA, « Cours de Mécanique des Milieux Continus » Ecole Supérieure d'Arts et Métiers Centre d'Enseignement et de Recherche de CLUNY 2009/2010.

25 : L.P. AULNOYE « Construction Mécanique appliquée : cours et applications

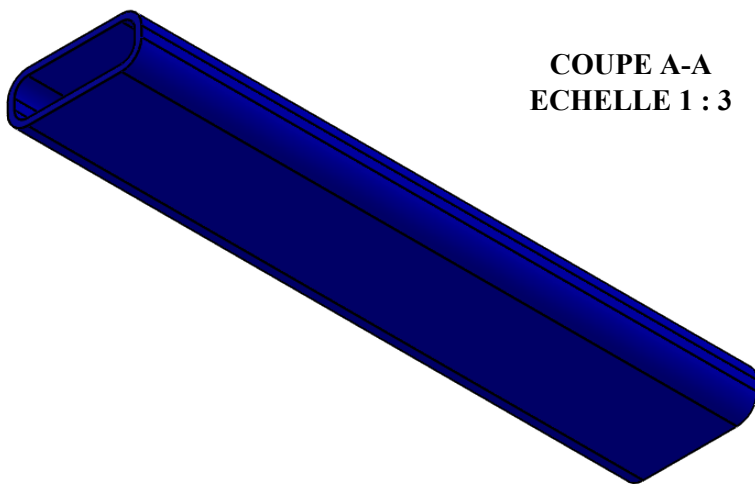
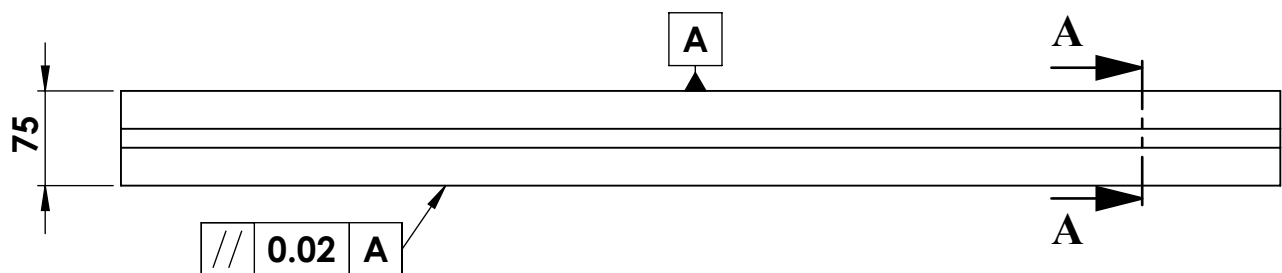
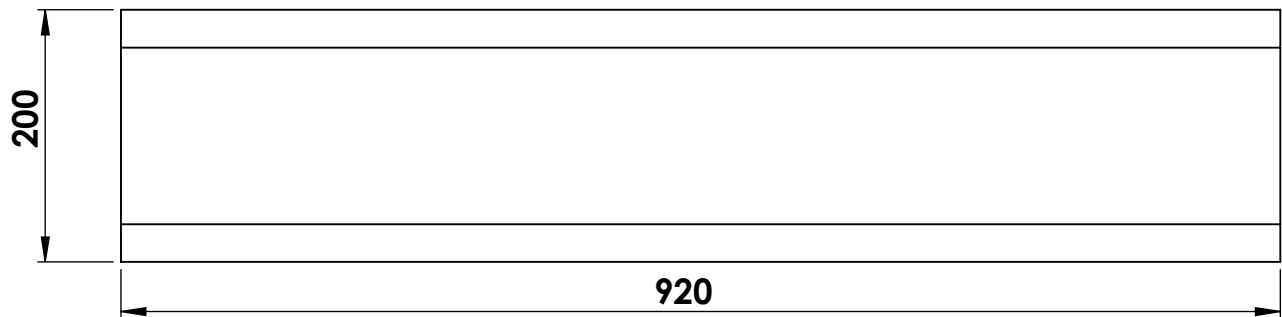
26 : Gharbi Ibrahim « travaux pratique essai de traction » université Batna 2

27: Mourad Jerbi, « procédés de mise en forme » Support de cours Génie Mécanique niveau 21 I.S.E.T.N. 2017/2018

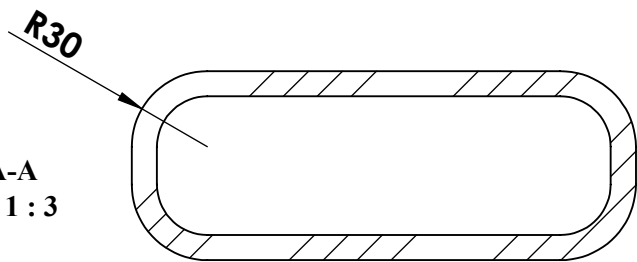
- 28 :** Eric Gildemyn « Caractérisation des procédés de fabrication, de pièce de sécurité automobile optimisation multi-objectifs de la mise en forme » Thèse Doctorat. Ecole national supérieur d'art et métiers Paris Tech 19 novembre 2008.
- 29 :** N. nezlaoui, D. Larbi , mémoire fin d'étude « mise en forme des métaux en feuille application à l'emboutissage du bandeau bombé d'une cuisinière ENIEM » université Mouloud Maamri 2018.
- 30:** C .Ould ben Hammou ,F .Abderrahmami mémoire étude et conception d'outil de poinçonnage pour la fabrication d'une pièce de cuisinière ENIEM université Mouloud Maamri 2018.
- 31:** Haddag thèse de doctorat « contribution a la modalisation de la mise en forme des tôles métallique, application au élastique et à la localisation » l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, 2007.
- 32:** document ENIEM
- 33 :** cuisinière. Réalisé par : M r O. Tebani, Mr L. Meghenem et Mr S. Lounas Étude et conception d'un outil à bande pour la réalisation de la patte de fixation de la nouvelle poignée
- 34:** Haug, E.J., Aurora, J.S.: Applied optimal design: Mechanical and structural systems, 1st edition. Wiley , New York, 1979.
- 35:**G. Pinson, « Physique Appliquée C34 - Machine Asynchrone (MAS) édition 2001
- 36:**Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique, " Moteurs asynchrones Choix et problèmes connexes» édition 2003
- 37 :** Lebrun, é Machine Asynchrone »Polycopies de lycée Louis Armand, 173Bd de Strasbourg, 94736 NOGENT sur Marne,
- 38:**Amar Zerout « Cours de Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques»3 ème Année Licence Construction Mécanique Université Hassiba Ben Bouali de Chleff 2016/2017
- 49:** KAHOUL.F « Pompe et compresseur », Cours, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 2013.
- 40:**C. Bernard « Pompe volumétrique pour le liquide » Ingénieur de l'Ecole Spéciale de Mécanique et d'électricité ESME-SUDRIA,2009

41 : Sayah .A, Yahiaoui. H, Séminaire « Pompes centrifuges » 2014 IAP Boumerdes

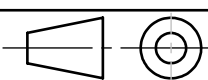
Annexes

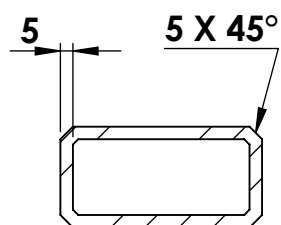
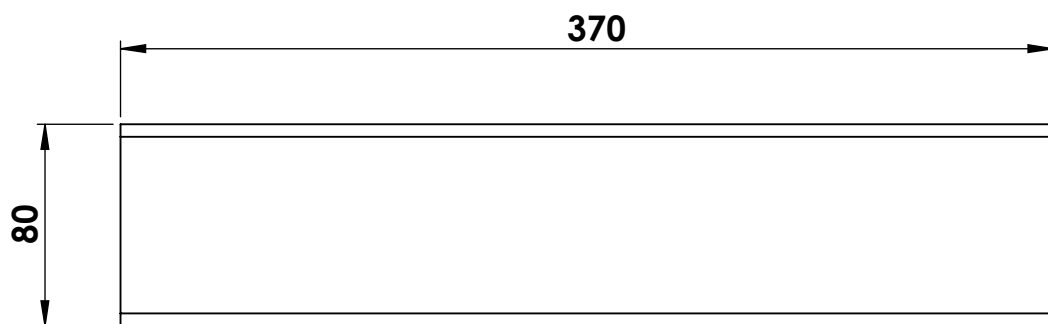


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

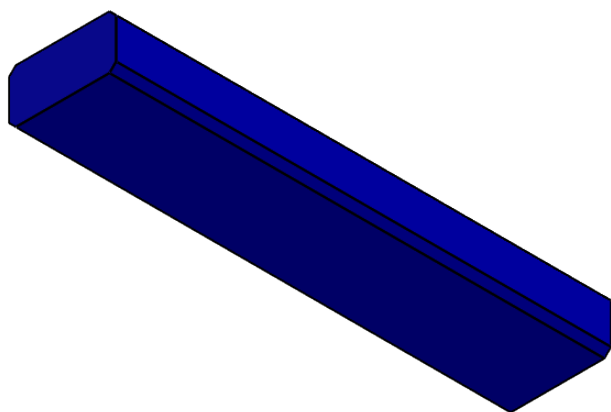
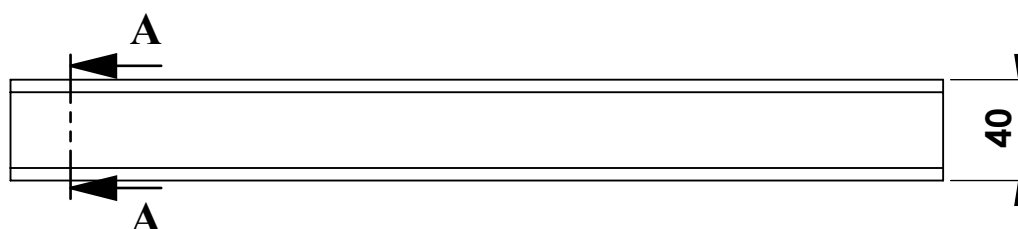


$Ra = \sqrt{3.2}$ IT = ± 0.5

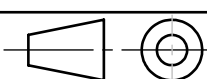
10	2	Poutre 10	Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle: 1:6	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm ³ Masse = 33517.63 g	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				
A4	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

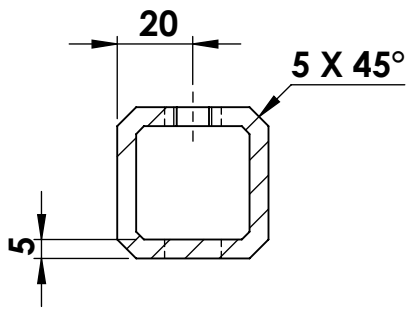


COUPE A-A

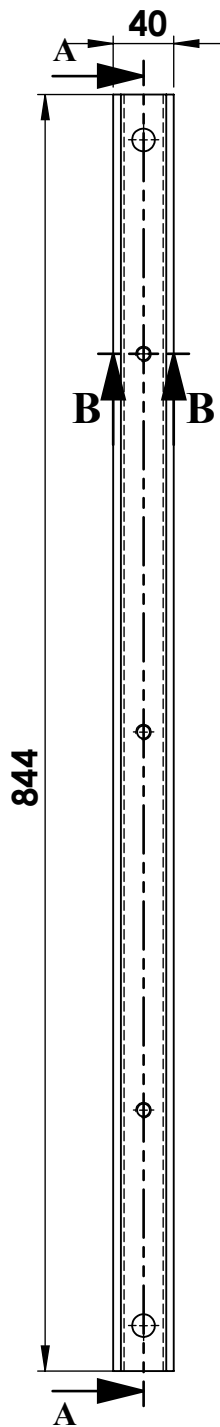


Ra= 3.2 **IT=±0.5**

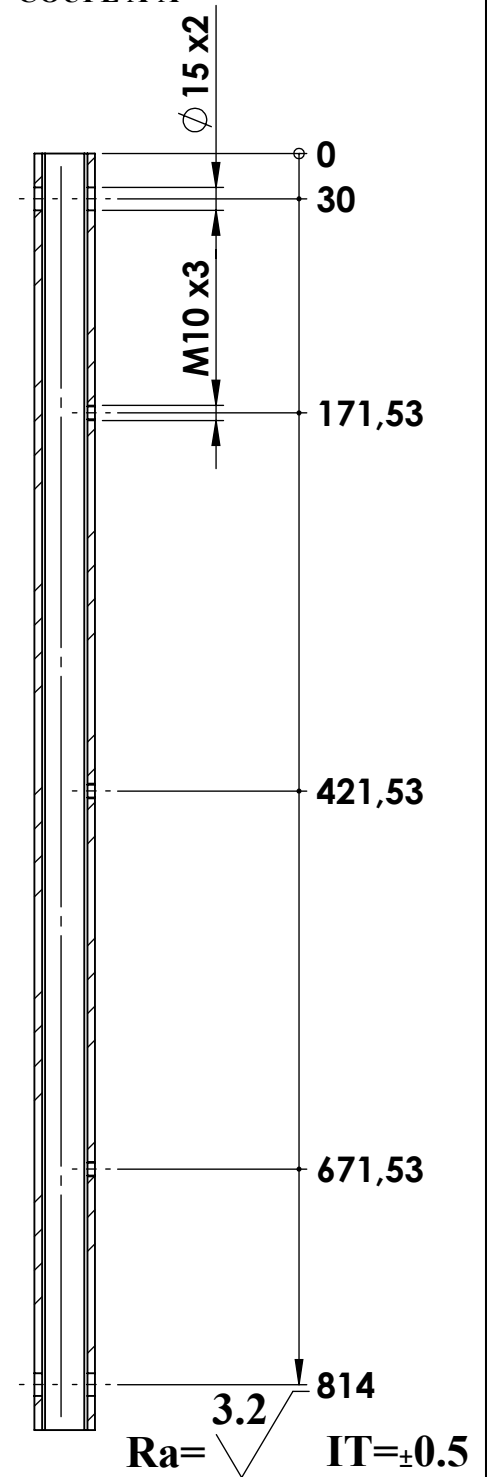
11	2	spport de la poutre 07		Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
1:3			Masse = 3218.19 g	ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



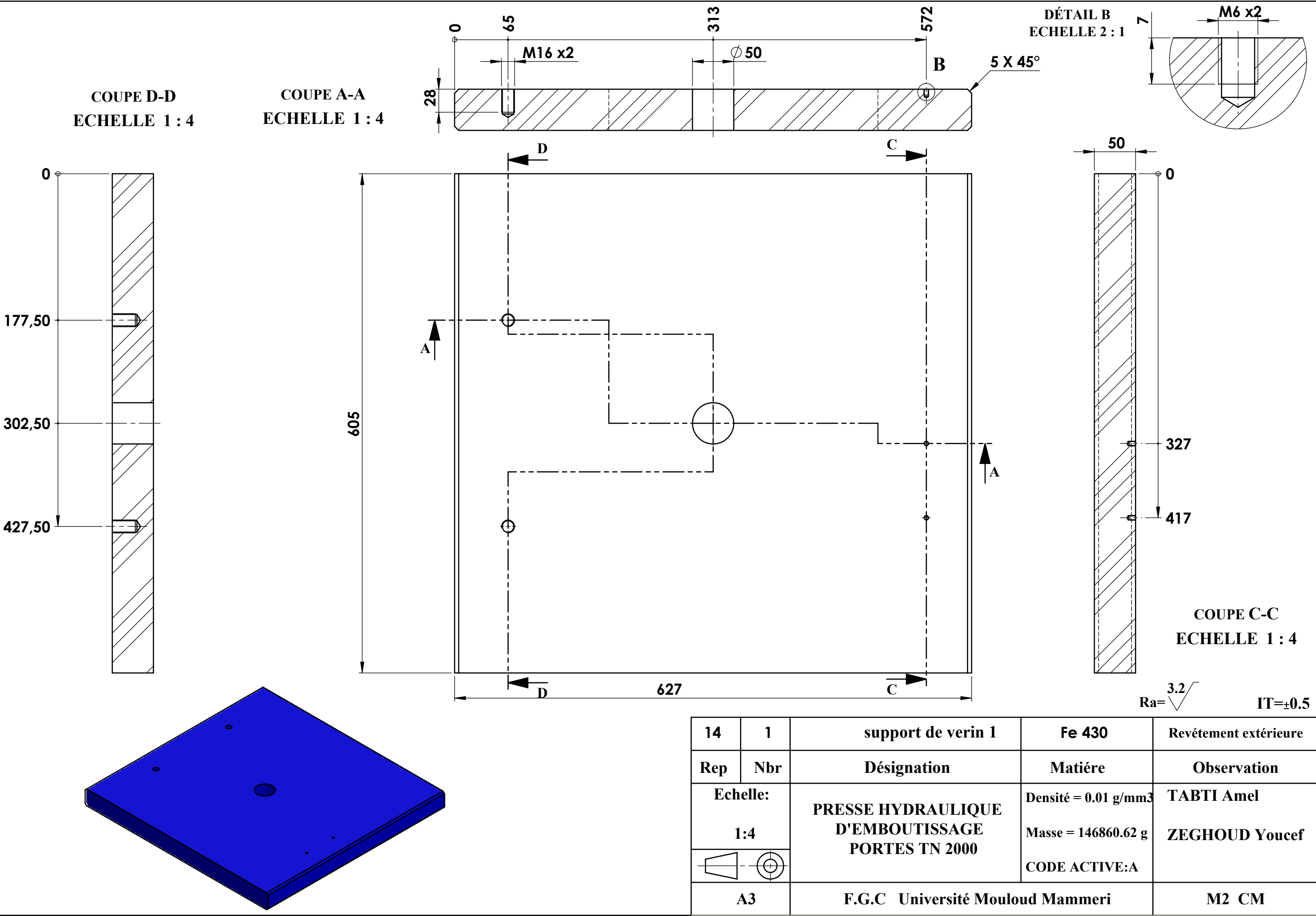
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 2

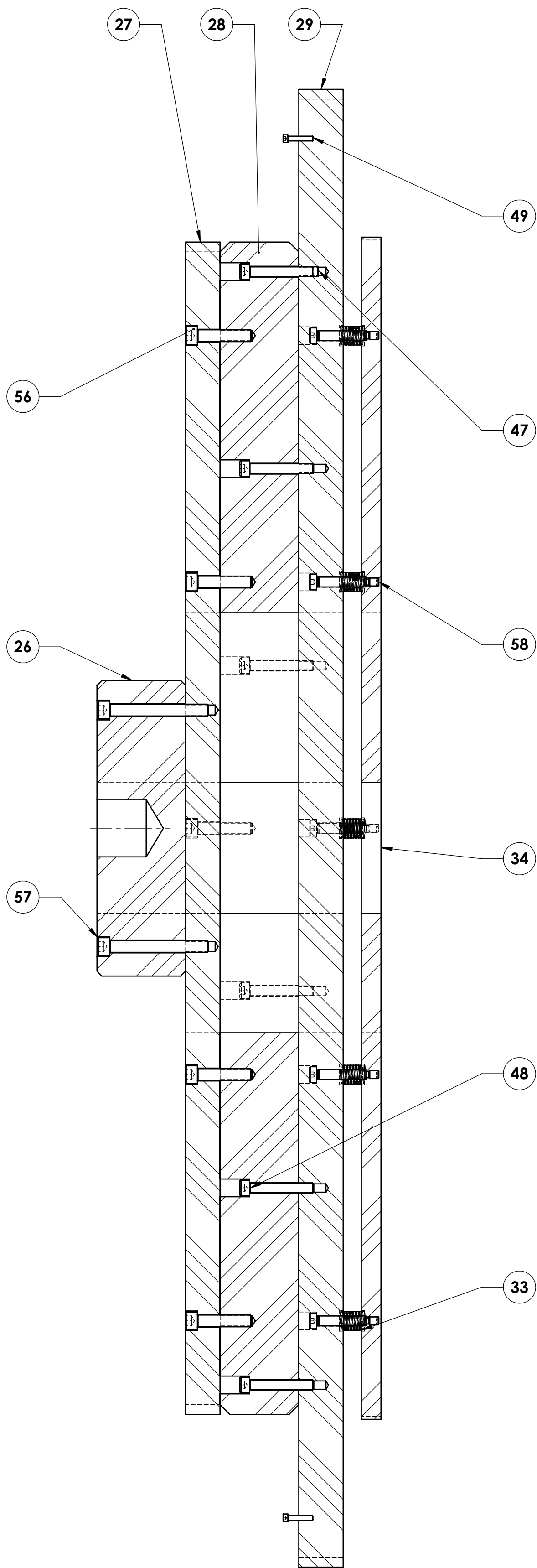


COUPE A-A

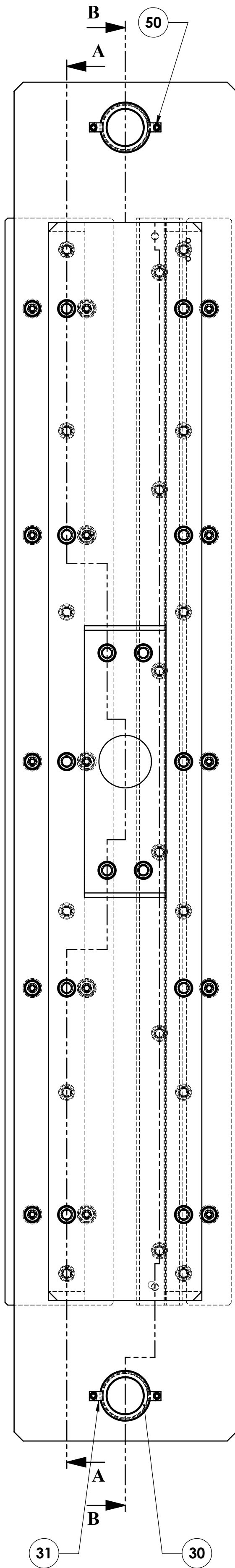


15	2	Support de moteur	Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 551.45 g	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM

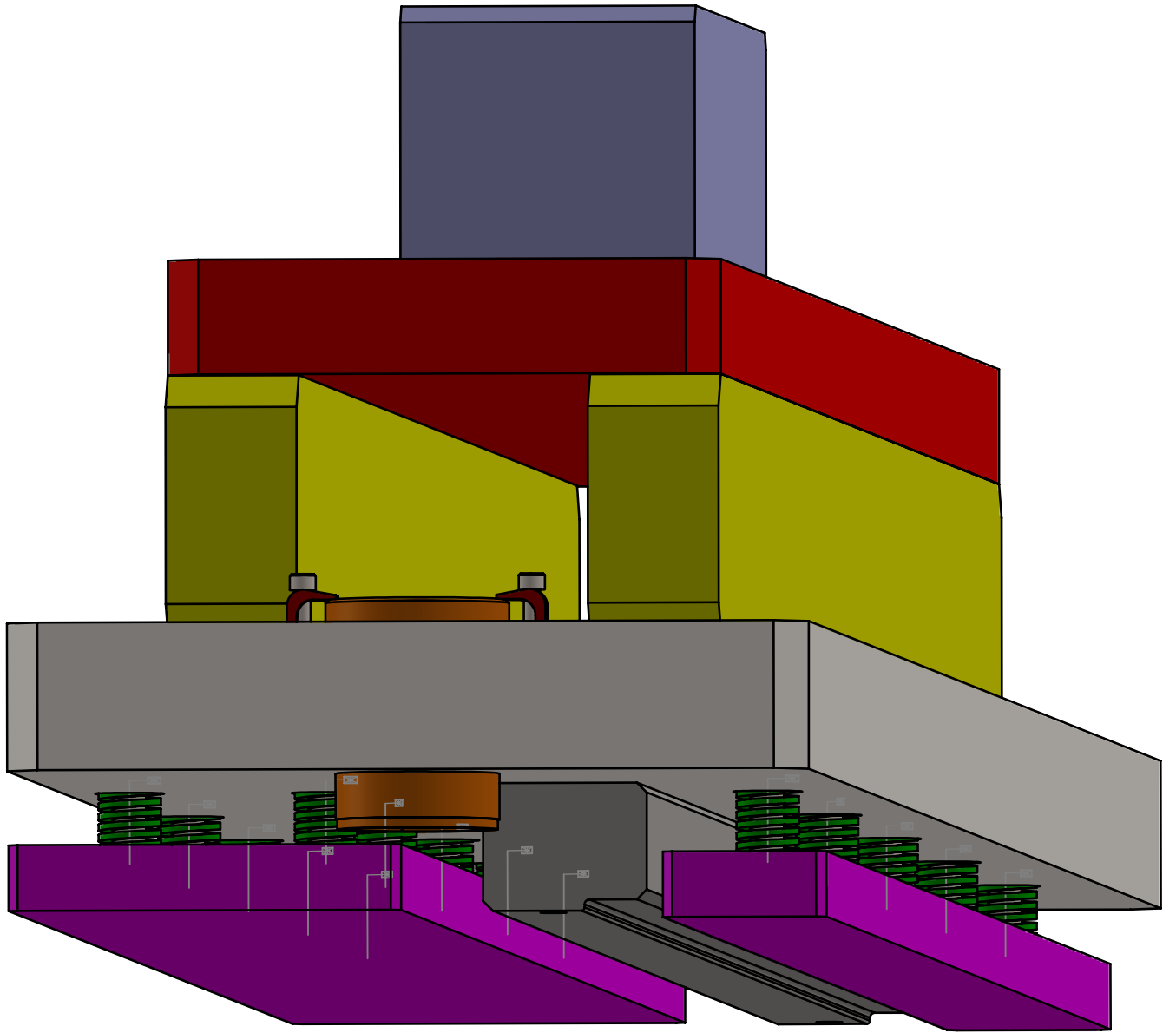
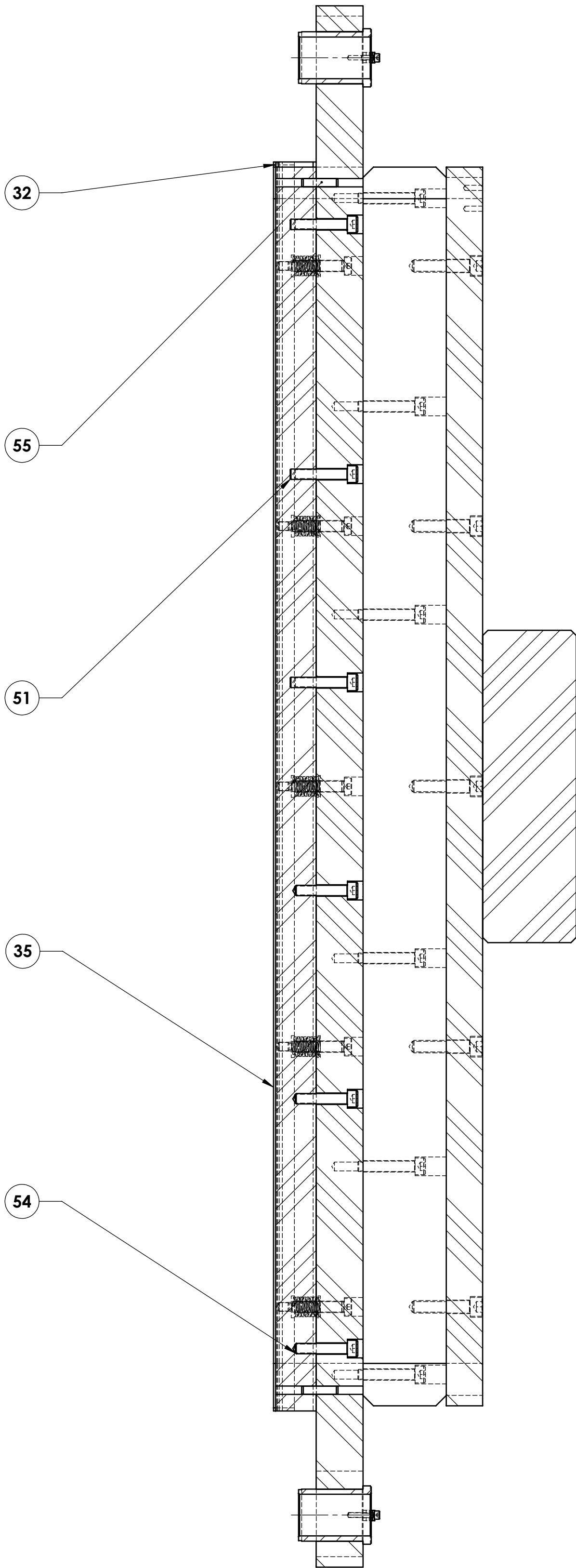


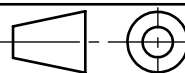


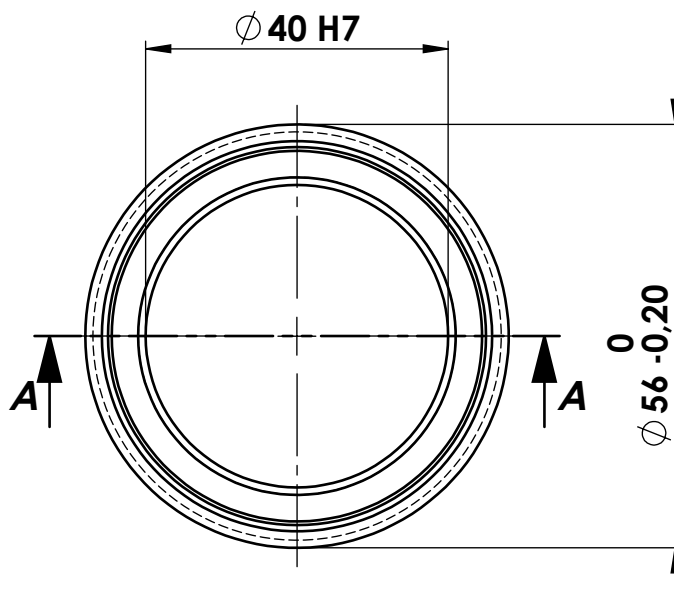
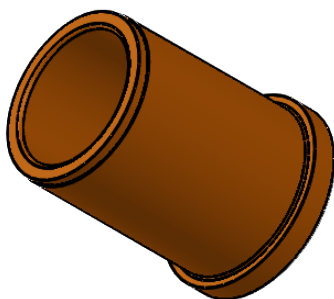
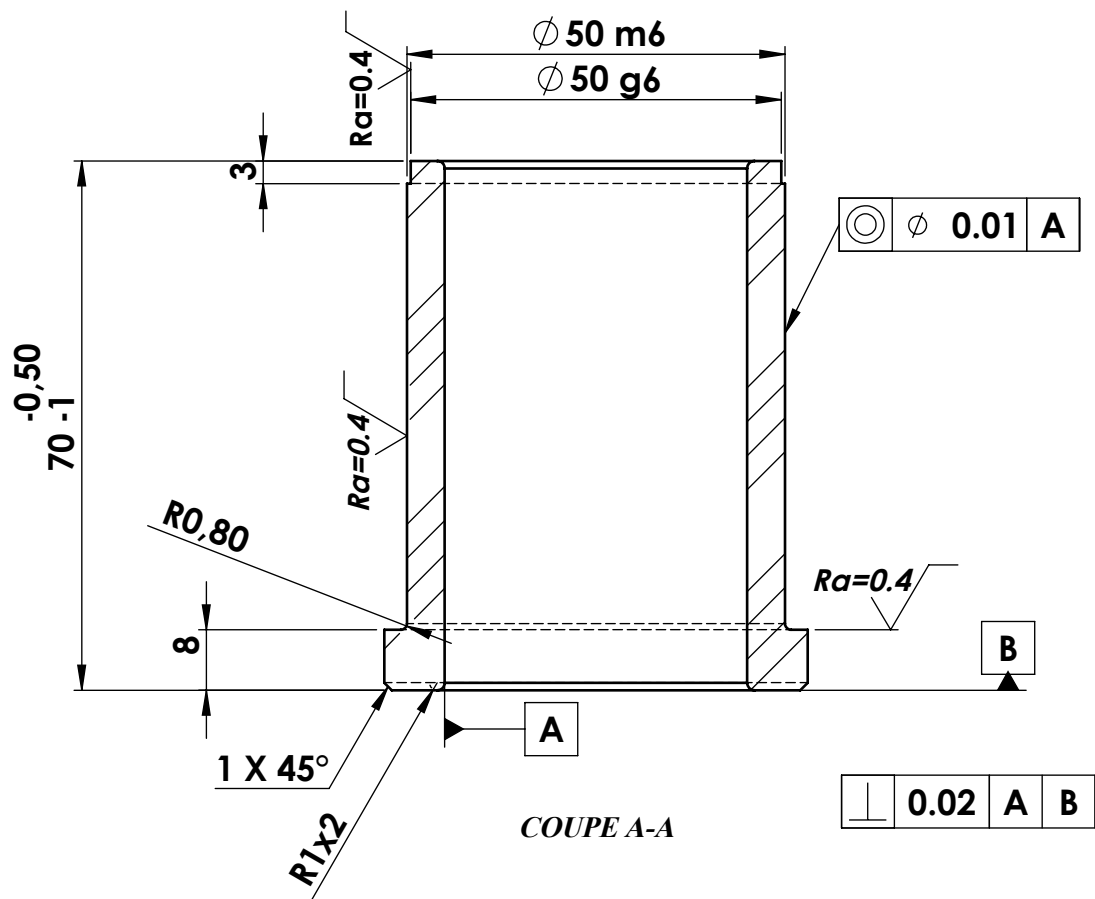
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3.5

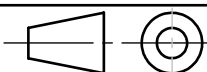


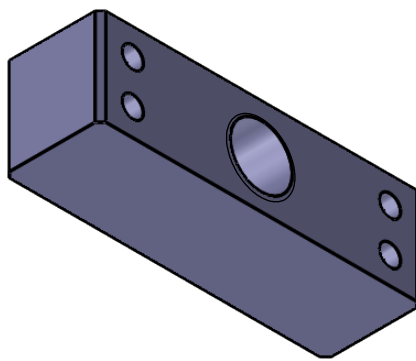
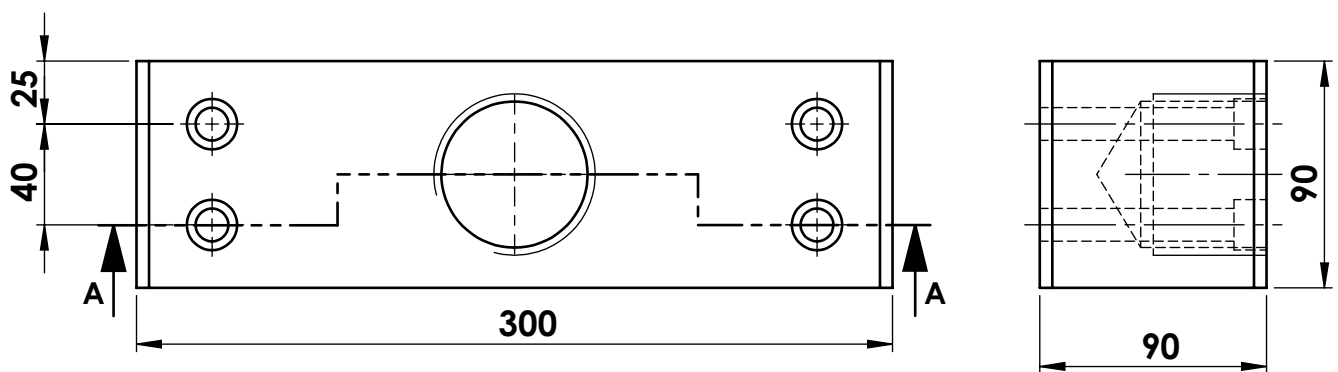
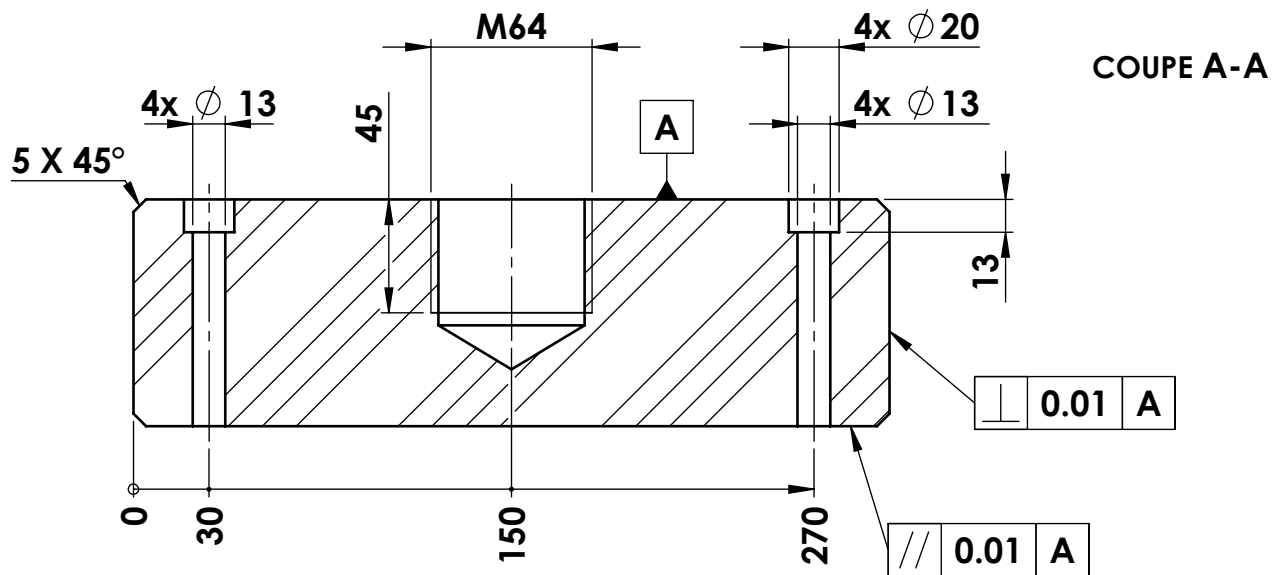
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3.5



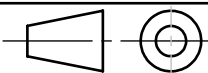
59	15	Vis CHC ISO 7379 - 10 x 50 --- N	XC38	57 HRC
57	10	ISO 4762 M12 x 55 - 36N	XC38	57 HRC
56	2	Goupille ISO ø8 x 36	36NiCrMo16	Trempe
55	6	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	XC38	57 HRC
49	4	Vis CHC ISO 4762 M6 x 16 - 16N	XC38	57 HRC
48	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 55 - 32N	XC38	57 HRC
35	1	Serre flan	E 24	Revêtement extérieure
34	1	Ser flan 2	E 24	Revêtement extérieure
33	15	Ressort	51Si7(55S7)	
32	1	Poinçon	XC 48	49 à 57 HRC
31	4	Fixe de bague de guidage	E 24	Revêtement extérieure
30	2	Bague de guidage 70	XC65 (C60E)	Trempé
29	1	Semelle superieure modifier	E 24	
28	2	Porte semelle 01	E 24	Revêtement extérieure
27	1	Port semelle1	E 24	Revêtement extérieure
26	1	Embot 3	E 24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000			TABTI Amel
1:3.5				ZEGHOUD Youcef
				
A1	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

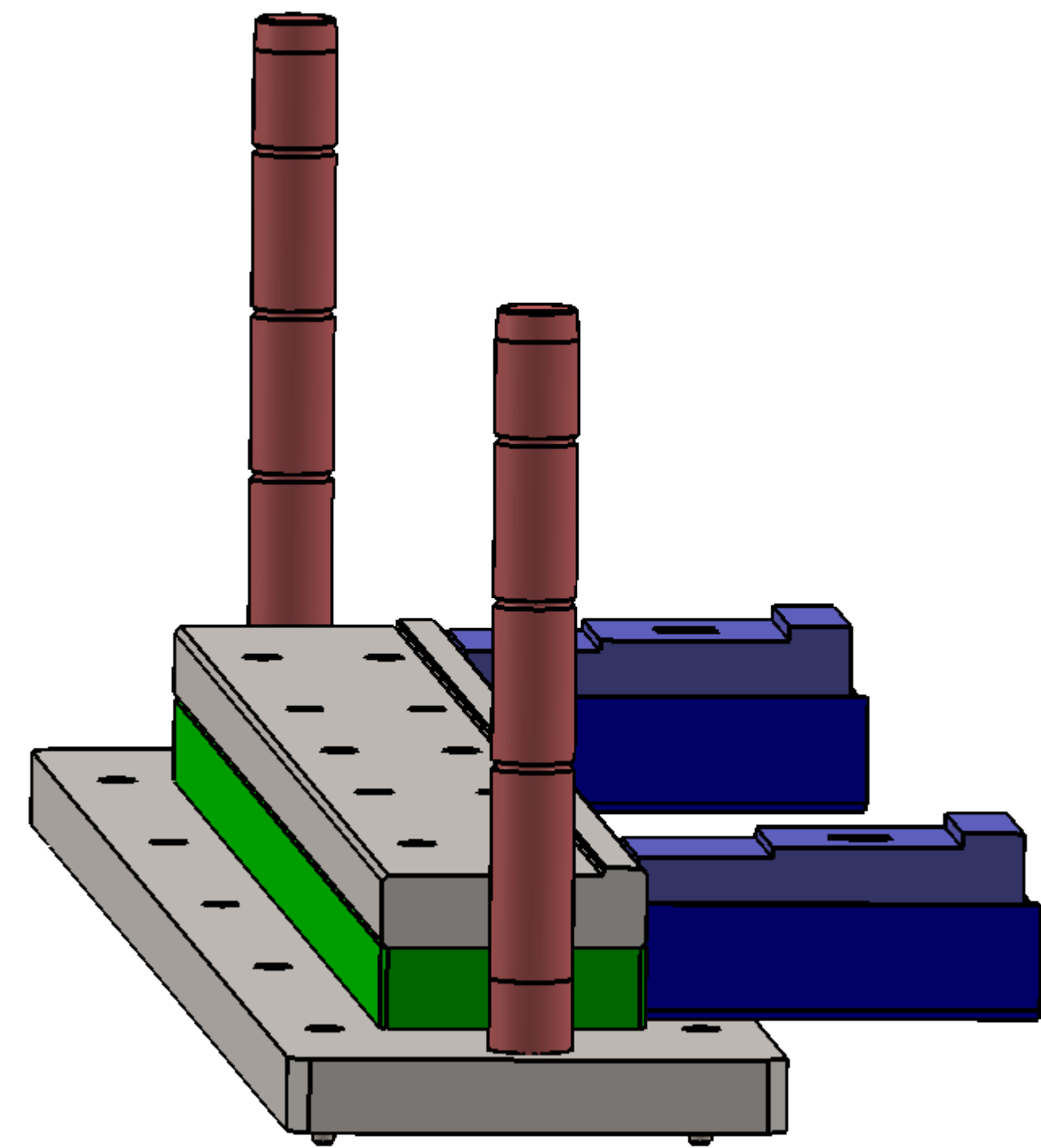
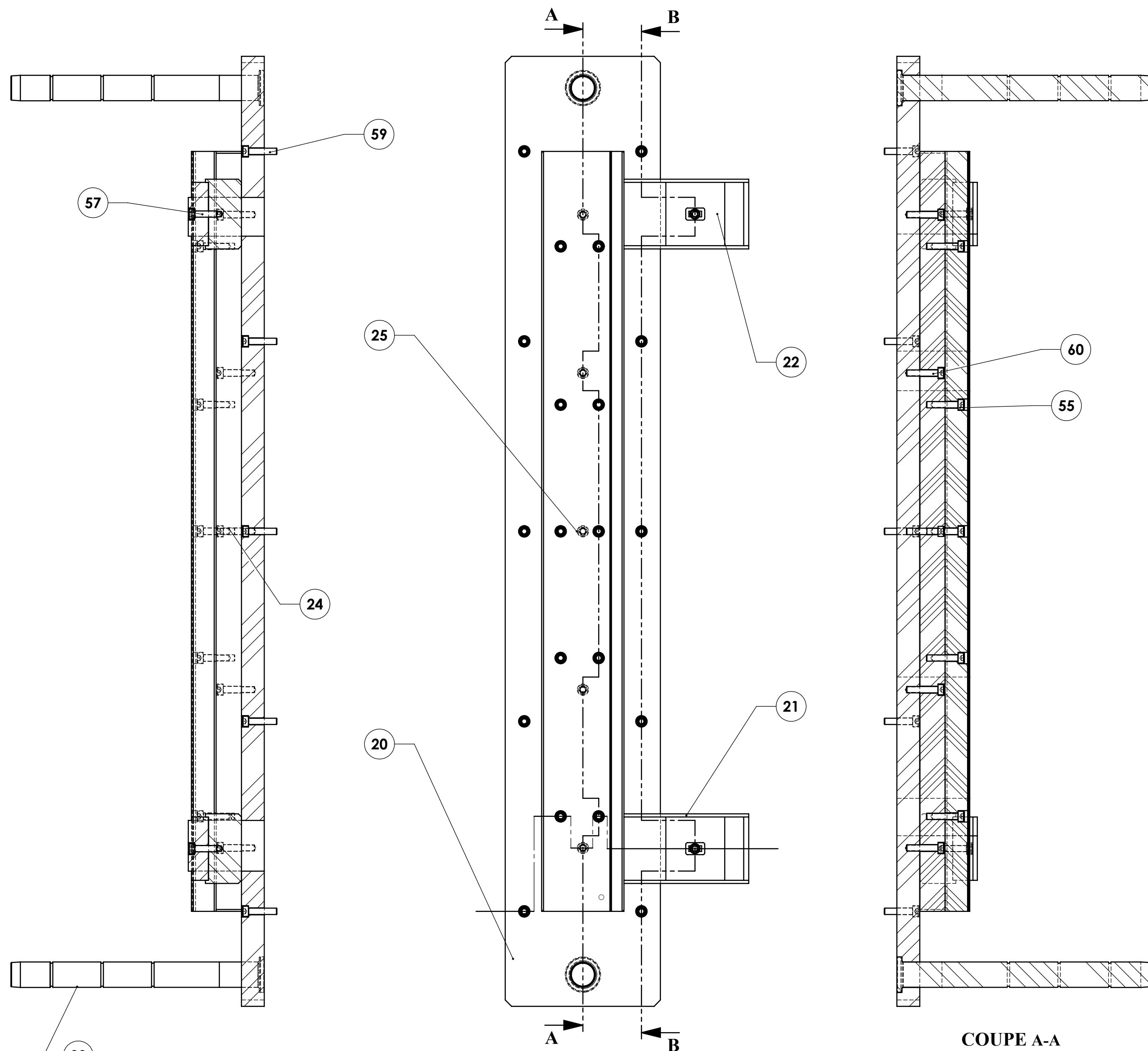


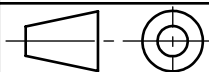
30	2	Bague de guidage		105WCr6	
Ref	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle: 1:1		Partie mobile de la presse hydraulique d'emboutissage	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
			Masse = 414.36 g	ZEGHOUD Youcef	
			CODE ACTIVE: A		
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



$Ra = \sqrt{3.2}$ IT = ± 0.05

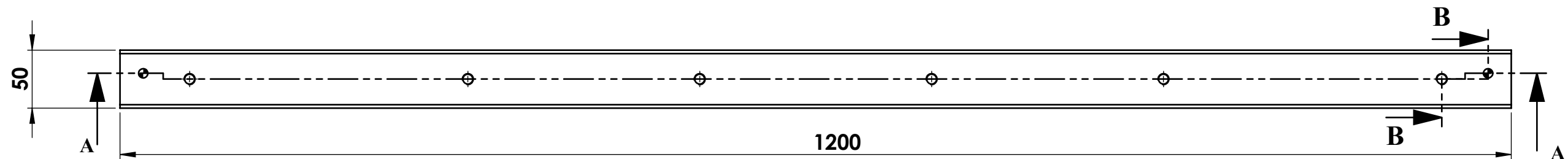
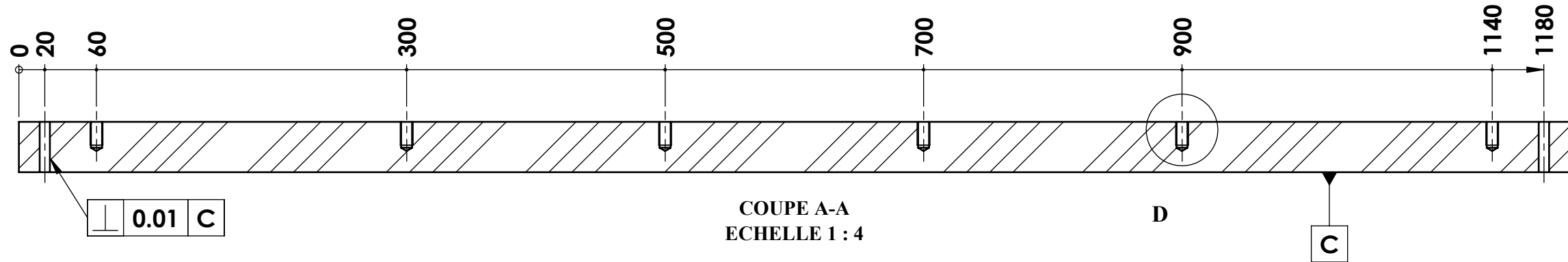
26	1	Embout	E 24	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm ³ Masse = 17344.95 g CODE ACTIVE: A	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				
A4	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



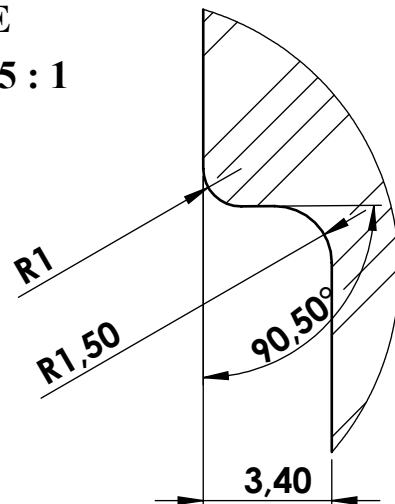
61	5	VIS CHC ISO 4762 M10 x 50 - 32N	XC38	57 HRC
60	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 40 - 40N	XC38	57 HRC
58	2	Vis CHC ISO 4762 M10 x 35 - 35N	XC38	57 HRC
56	12	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	XC38	57 HRC
25	1	Matrice	XC 48	49 à 57 HRC
24	1	Porte matrice	E 24	Revêtement extérieure
23	2	Colonne de guidage 400	X200Cr12	Trempé
22	1	Guide	E 24	Revêtement extérieure
21	2	Port de guide	E 24	Revêtement extérieure
20	2	Semelle inferieur modifier	E 24	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000		TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				
A2		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM

COUPE B-B

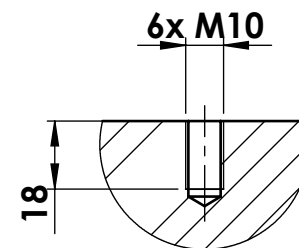
COUPE A-A



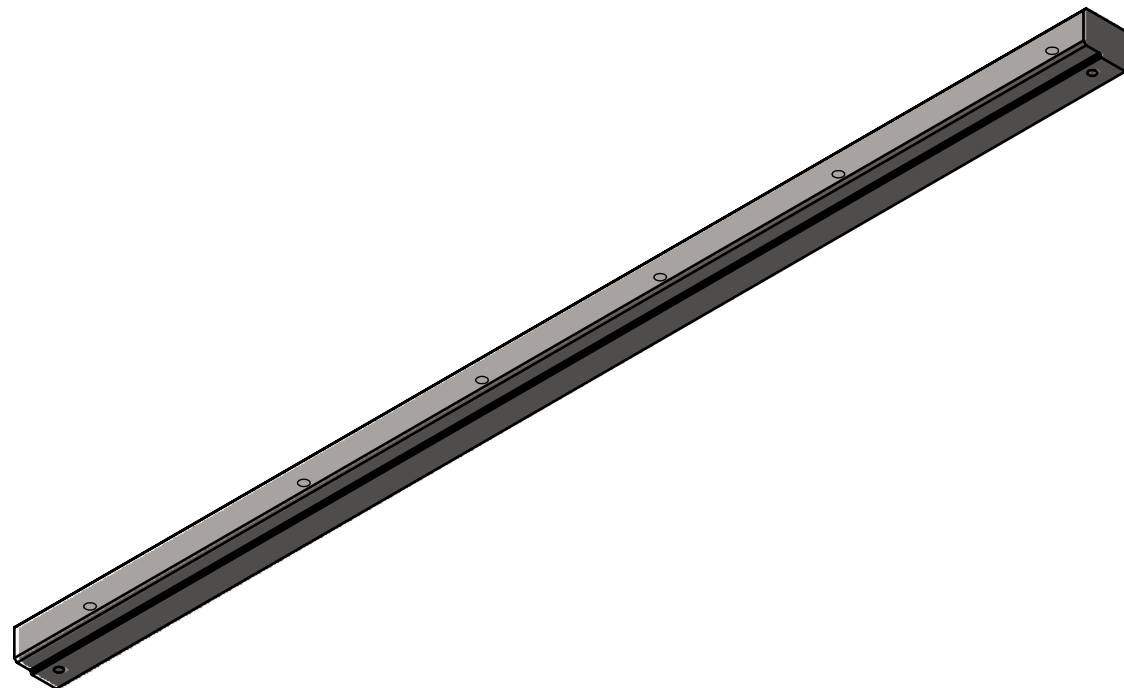
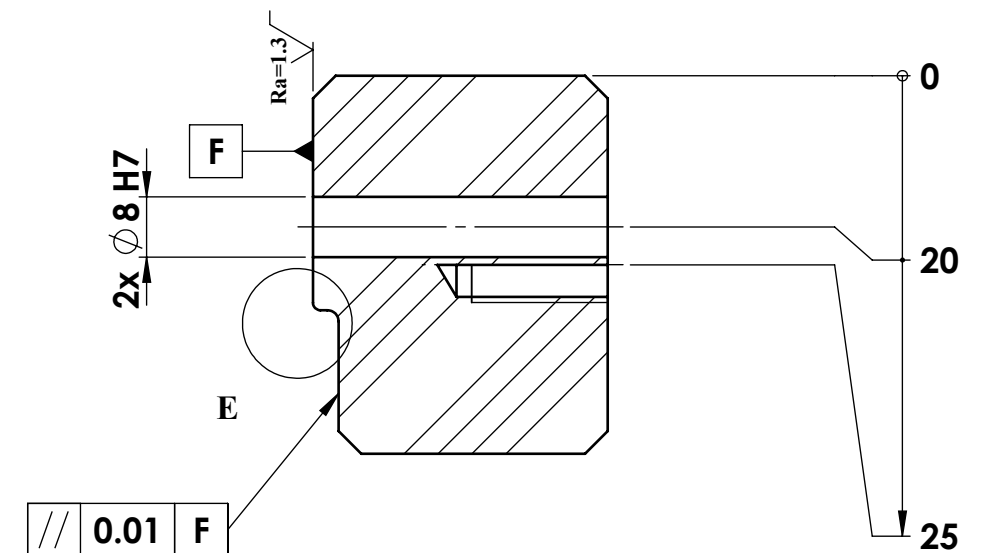
DÉTAIL E
ECHELLE 5 : 1



DÉTAIL D
ECHELLE 1 : 2

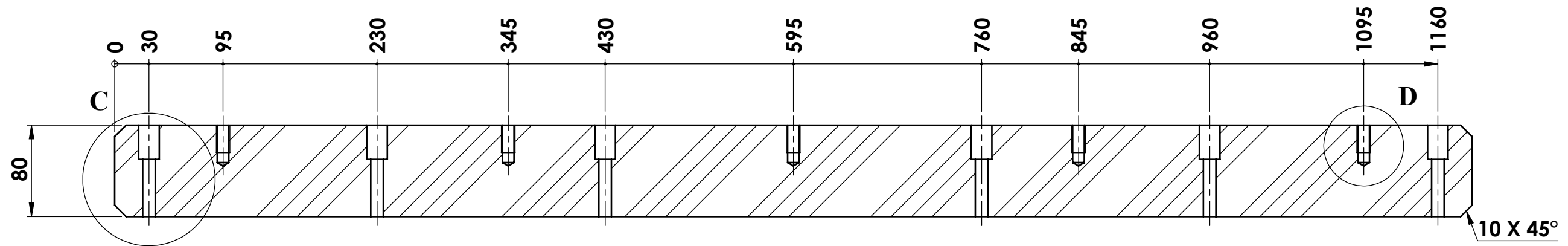


COUPE B-B
ECHELLE 1 : 1

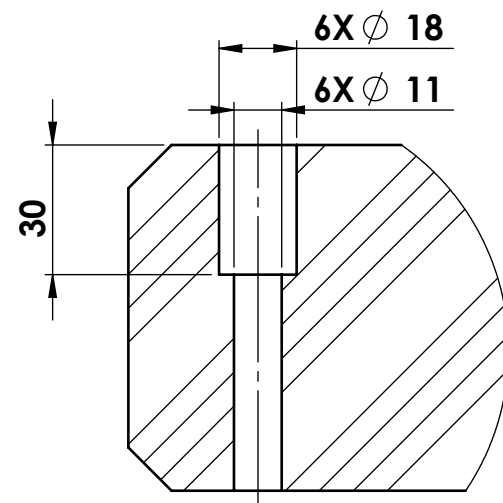
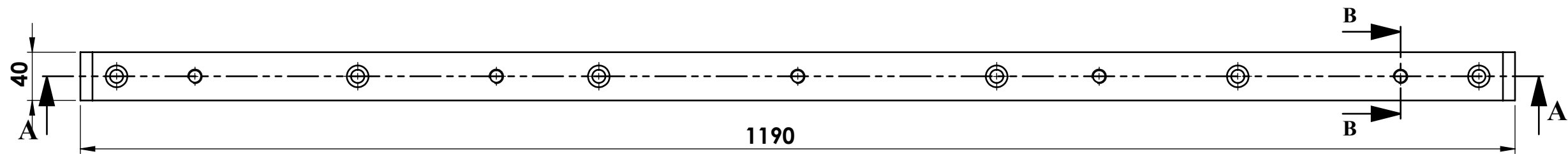


$Ra = \sqrt{3.2}$
IT = ± 0.02

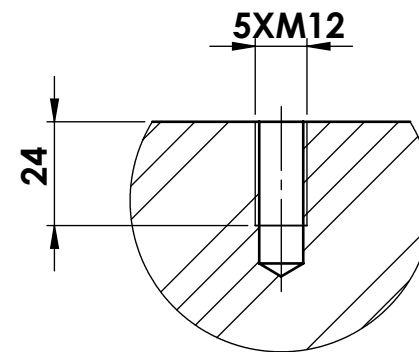
32	1	Poincon	XC 48	49 à 57 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
1:4			Masse = 17395.53 g	ZEGHOUD Youcef
			CODE ACTIVE: A	
A3		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 4

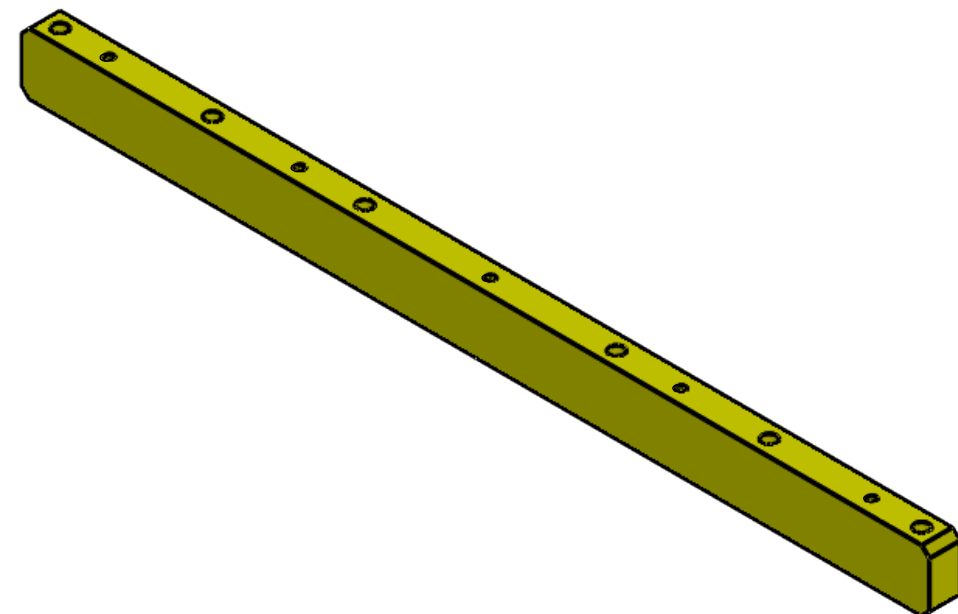
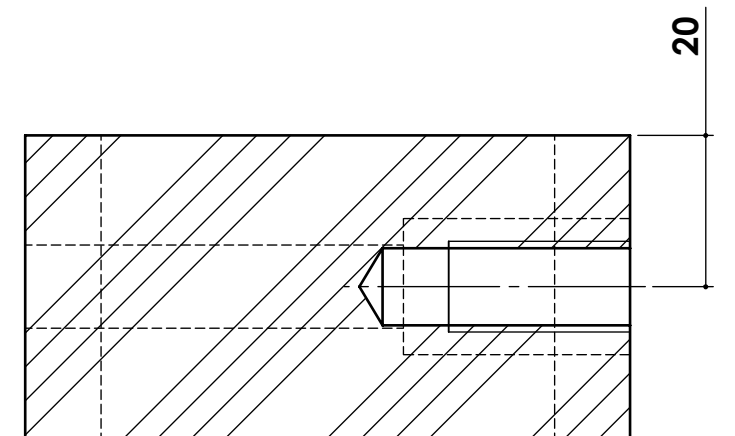


DÉTAIL C
ECHELLE 2 : 3.5



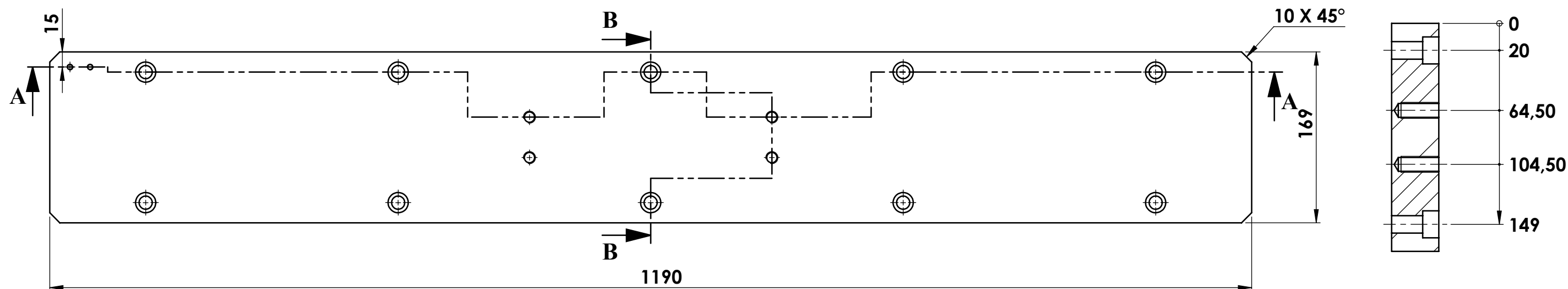
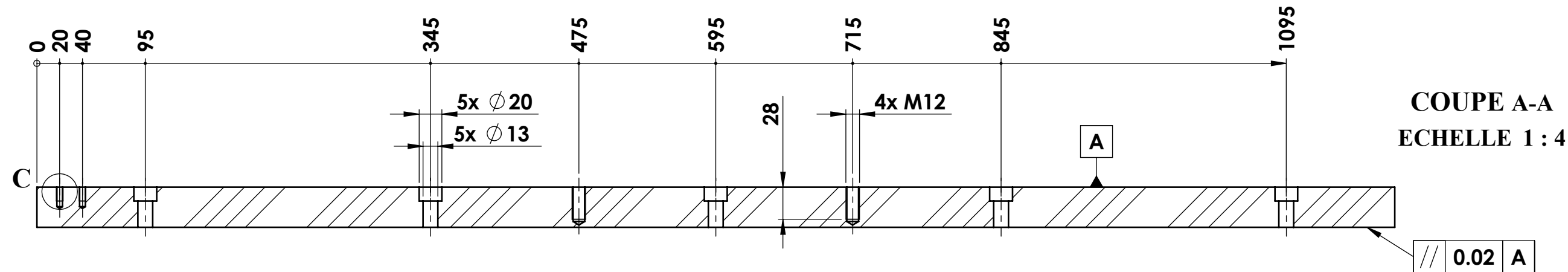
DÉTAIL D
ECHELLE 2 : 3.5

COUPE B-B
ECHELLE 1 : 1

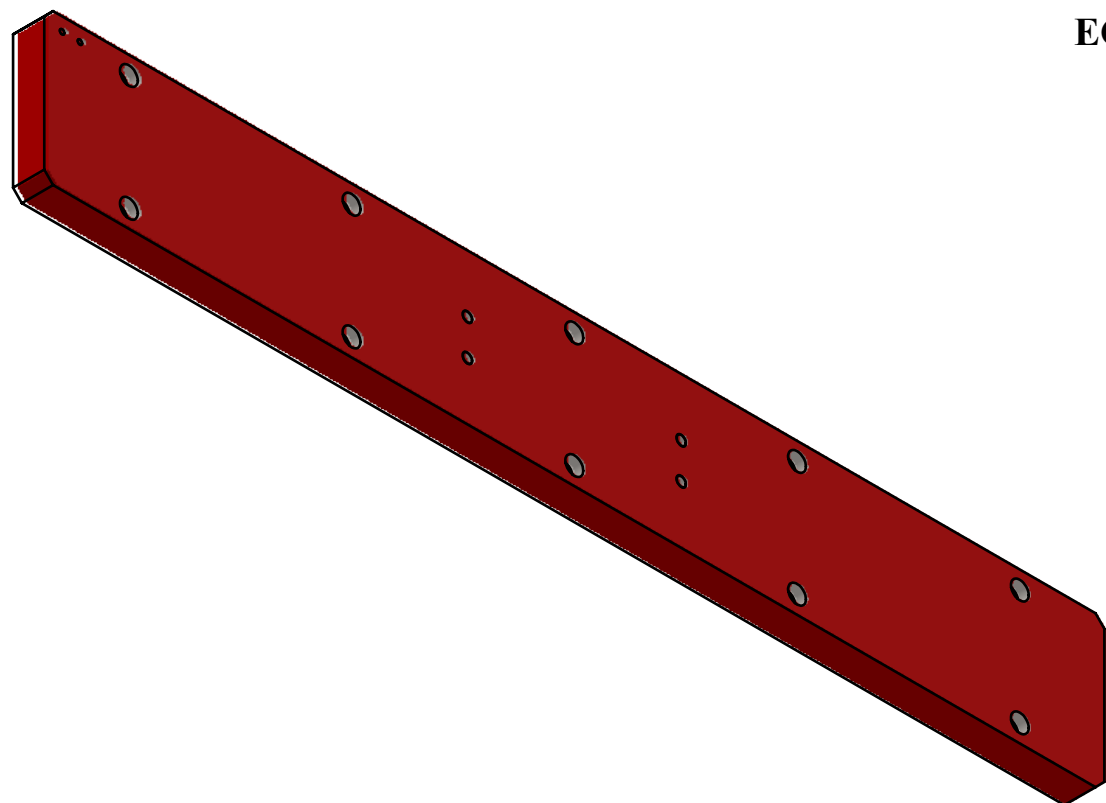
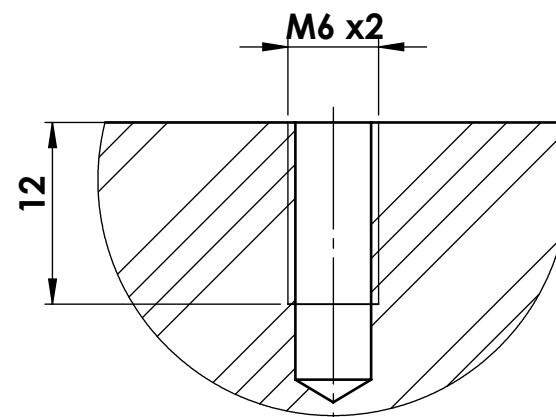


Ra= 3.2
IT=±0.5

28	2	port semelle 2	E24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle:	1:3.5	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
			Masse = 28952.72 g	ZEGHOUD Youcef
			CODE ACTIVE: A	
A3		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM

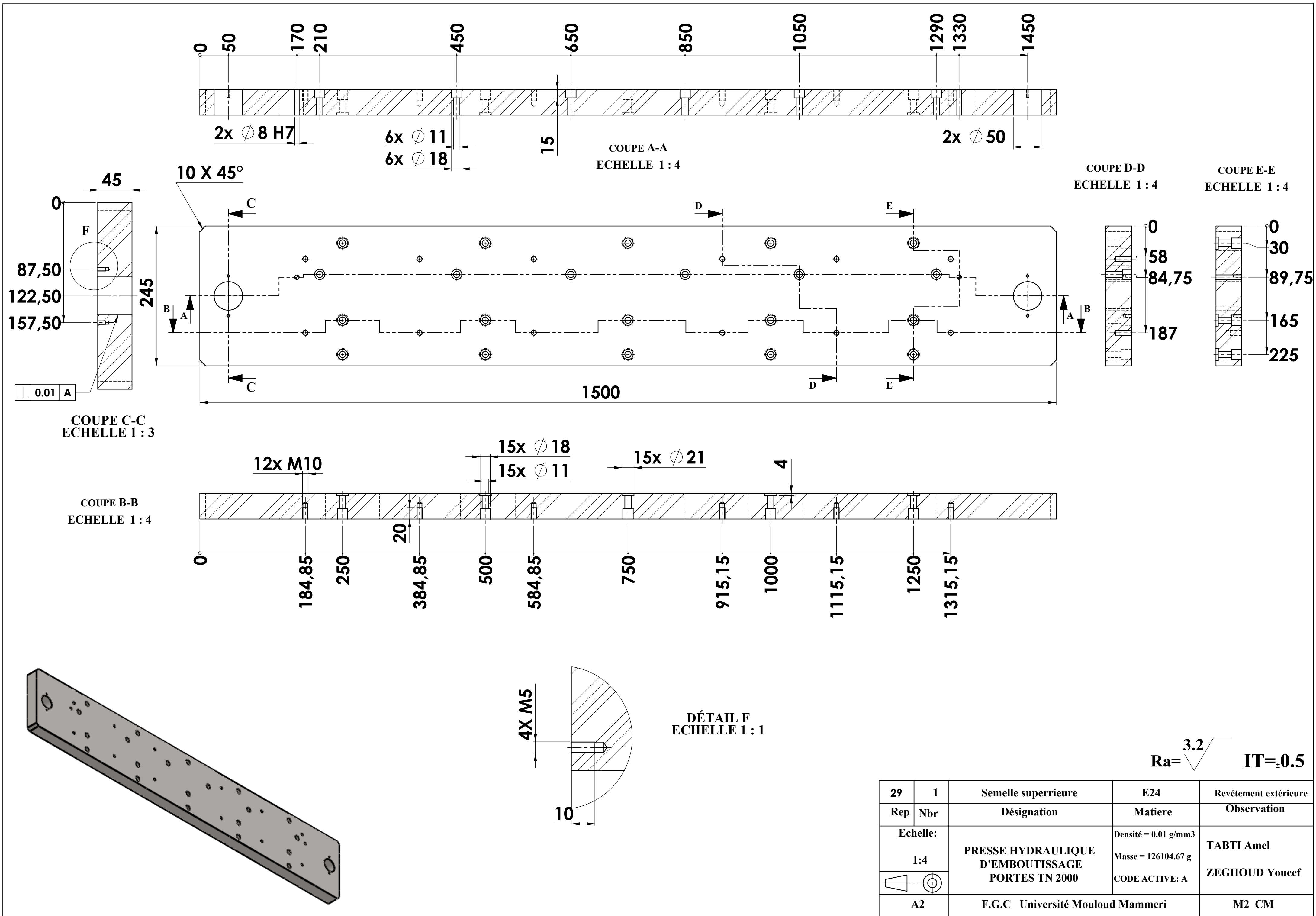


DÉTAIL C
ECHELLE 2 : 1

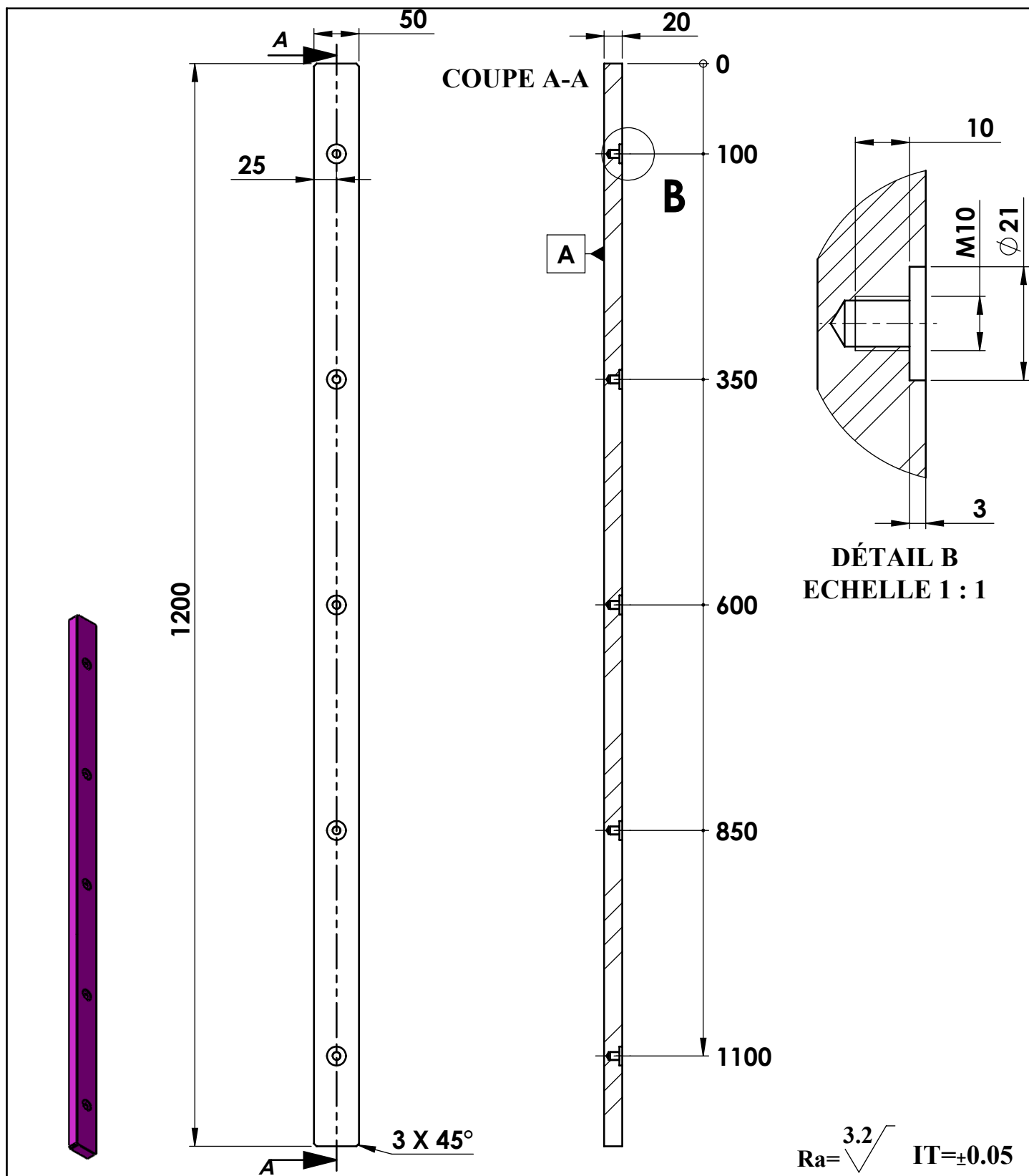


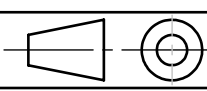
$Ra = \sqrt{3.2}$ IT=±0.05

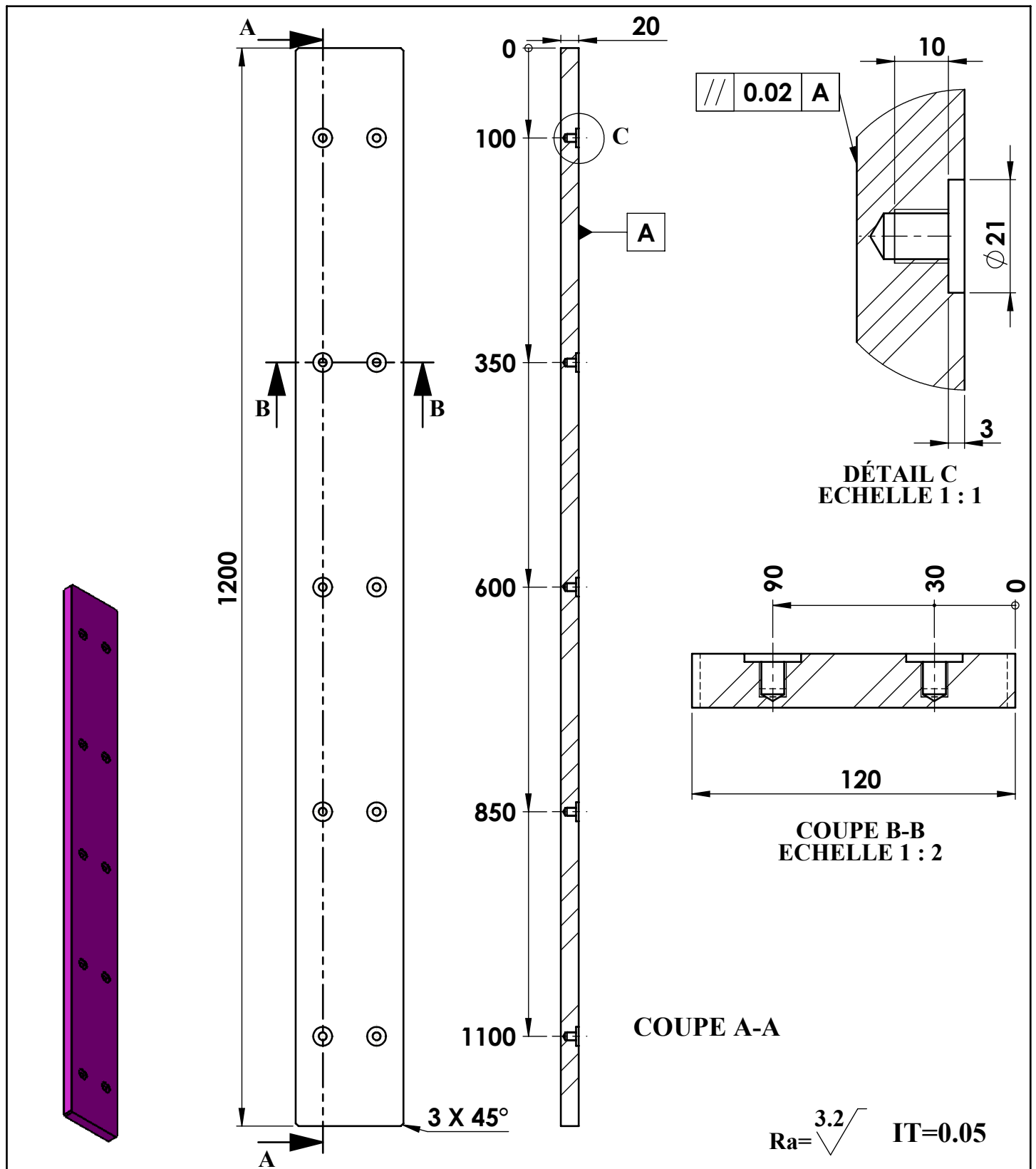
27	2	Port semelle	E 24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
1:4			Masse = 54231.81 g	ZEGHOUD Youcef
			CODE ACTIVE:A	
A3	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

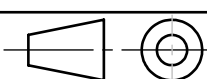


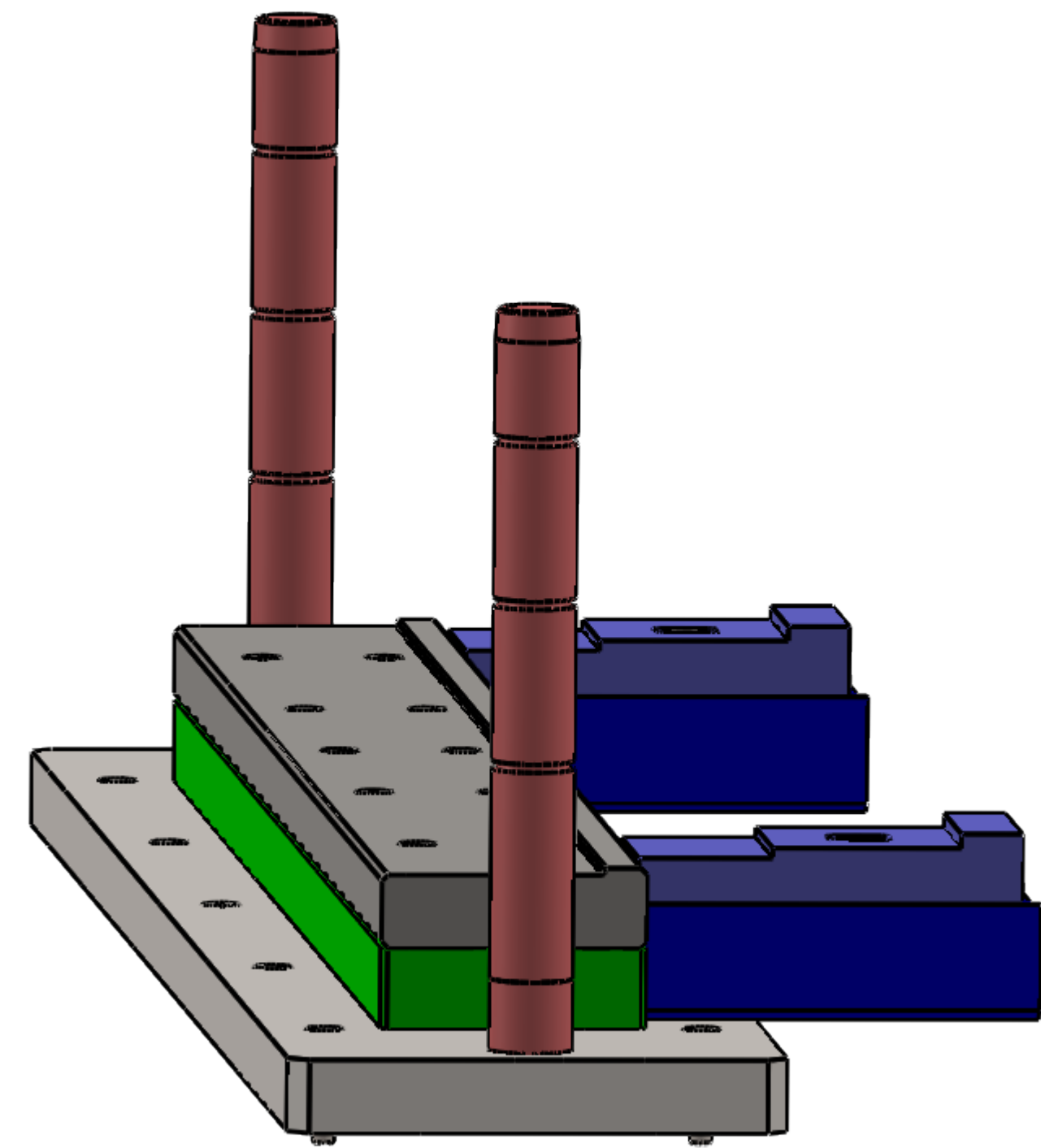
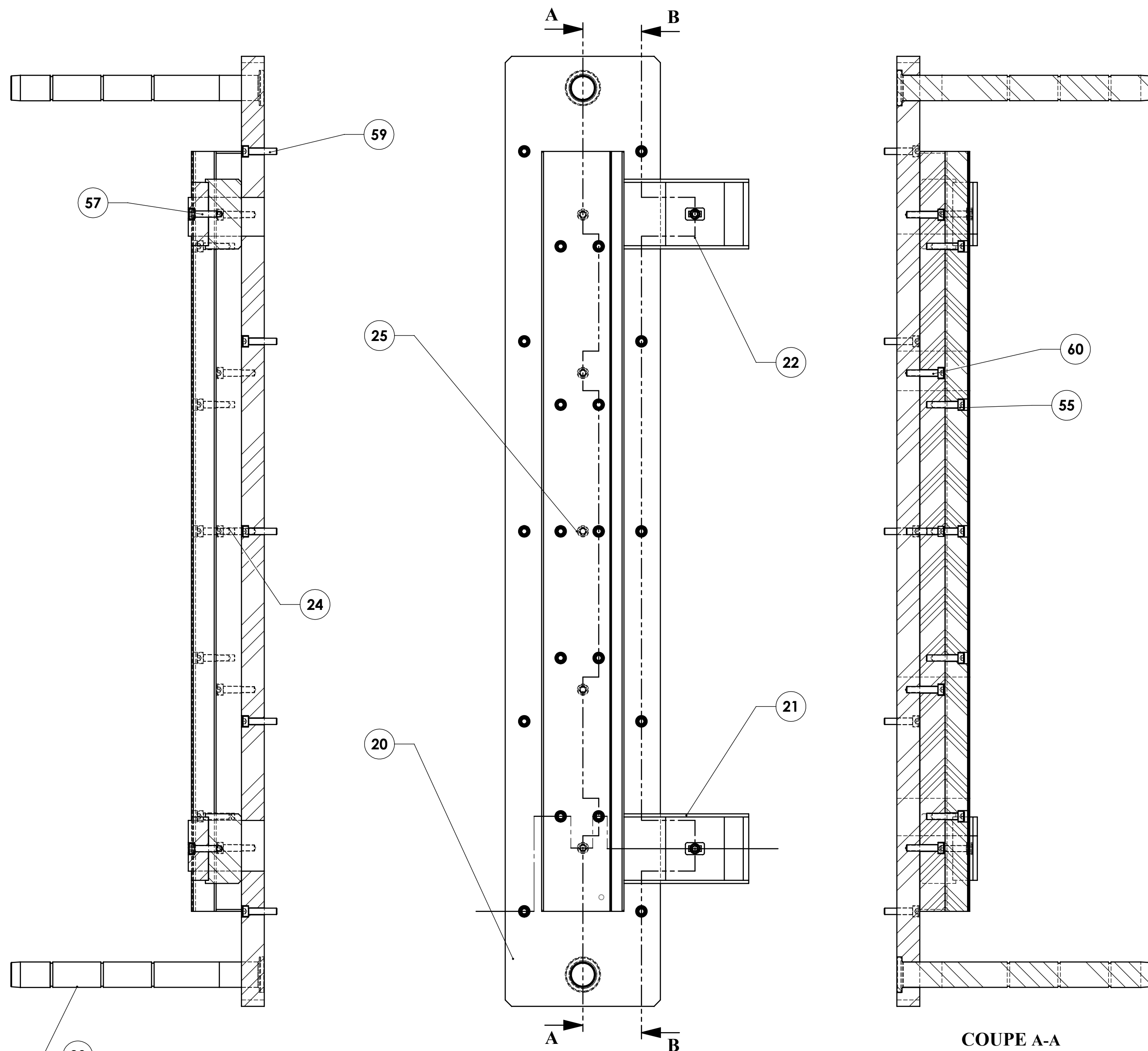
29	1	Semelle superieure	E24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle: 1:4			Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 126104.67 g CODE ACTIVE: A	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A2			F.G.C Université Mouloud Mammeri	M2 CM

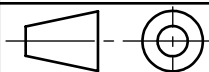


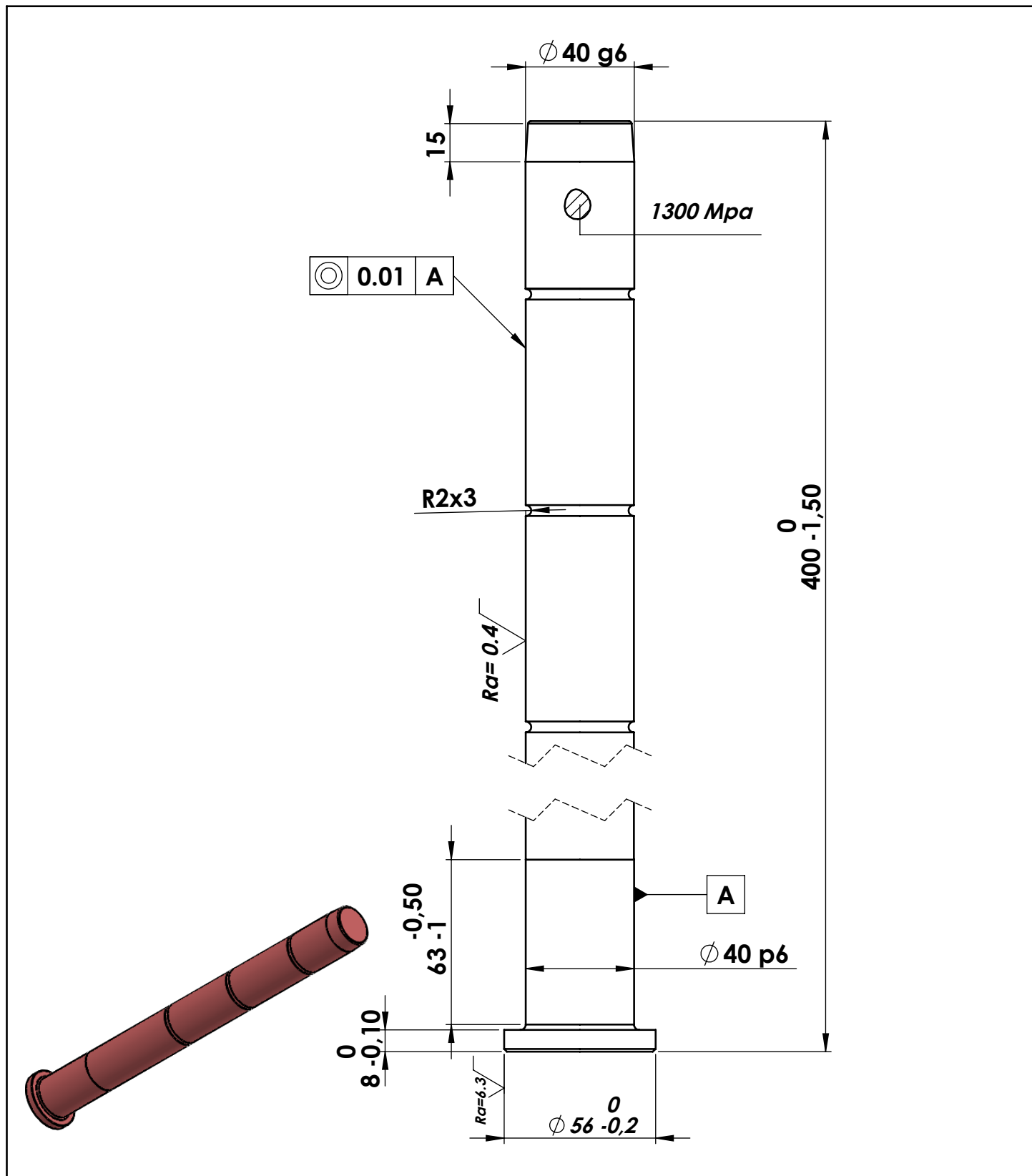
35	1	Serre fln 1		XC 48	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 7423.43 g	TABTI Amel	
1:6				ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

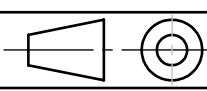


34	1	Serre flan 2		XC 48	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
1:6			Masse = 17844.30 g	ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

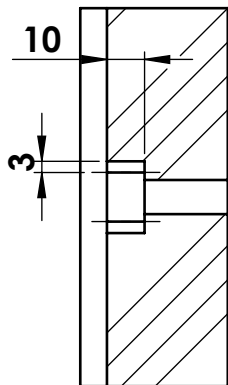
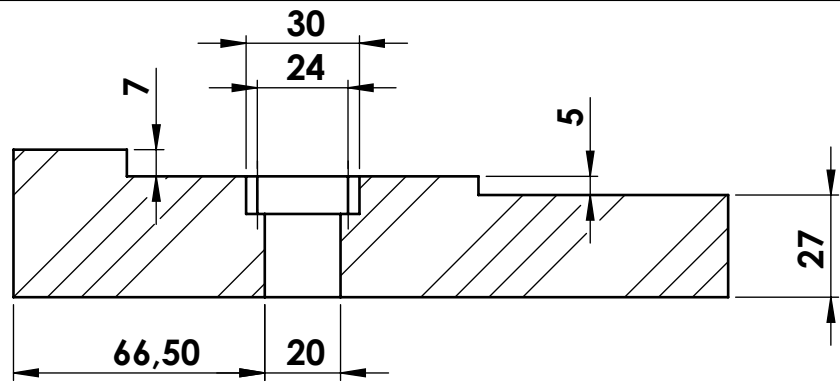


61	5	VIS CHC ISO 4762 M10 x 50 - 32N	XC38	57 HRC
60	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 40 - 40N	XC38	57 HRC
58	2	Vis CHC ISO 4762 M10 x 35 - 35N	XC38	57 HRC
56	12	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	XC38	57 HRC
25	1	Matrice	XC 48	49 à 57 HRC
24	1	Porte matrice	E 24	Revêtement extérieure
23	2	Colonne de guidage 400	X200Cr12	Trempé
22	1	Guide	E 24	Revêtement extérieure
21	2	Port de guide	E 24	Revêtement extérieure
20	2	Semelle inferieur modifier	E 24	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000		TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				
A2		F.G.C Université Mouloud Mammeri	M2 CM	

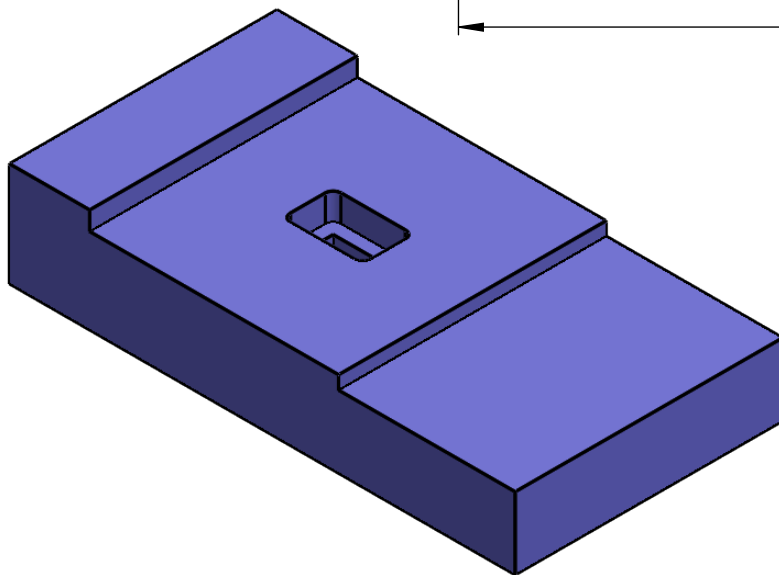
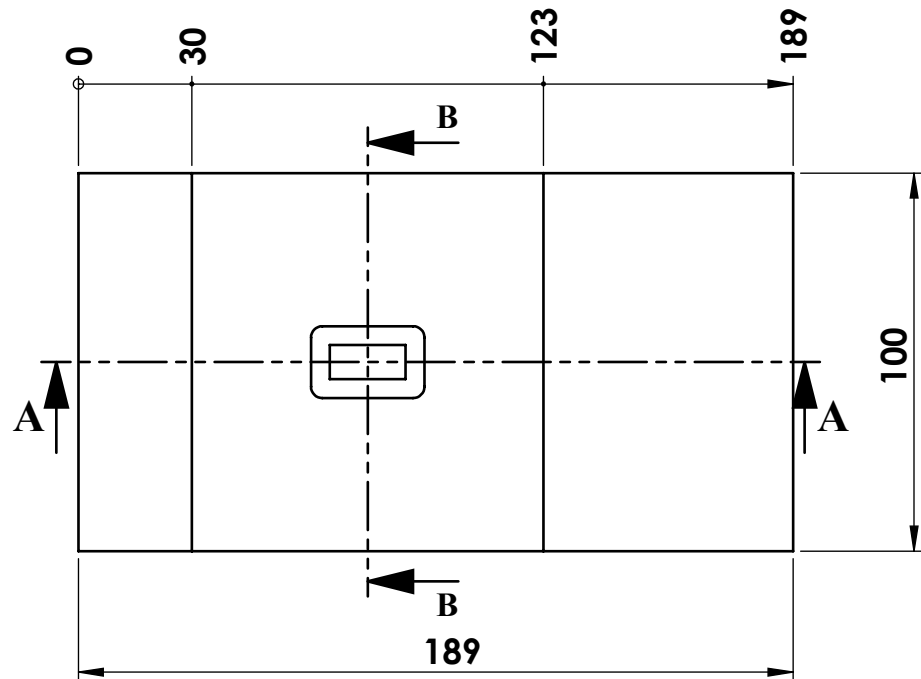


23	2	Colonne de guidage		X200Cr12	Trempe
Ref	Nbr	Désignation		Matiere	Observation
Echelle: 1:2		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				Masse = 4009.69 g CODE ACTIVE : A	
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

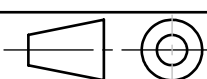
COUPE A-A

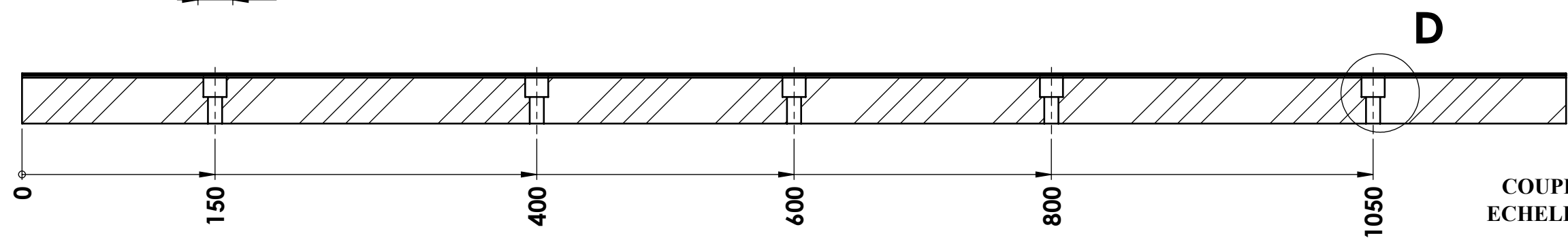
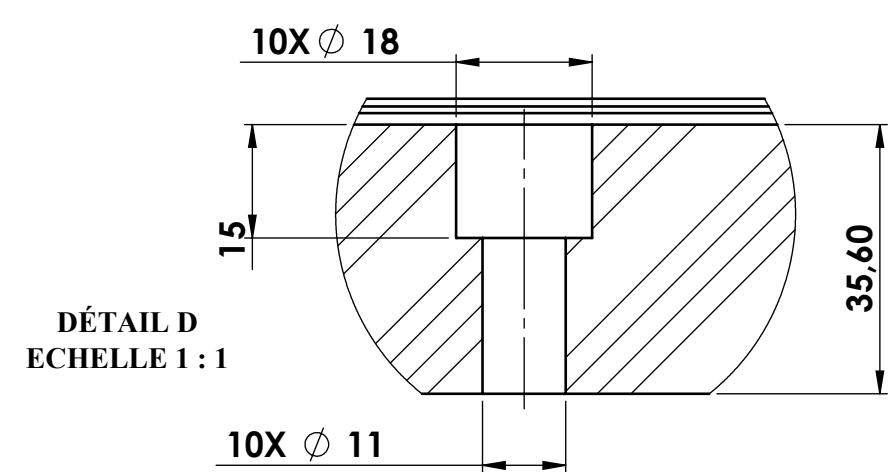
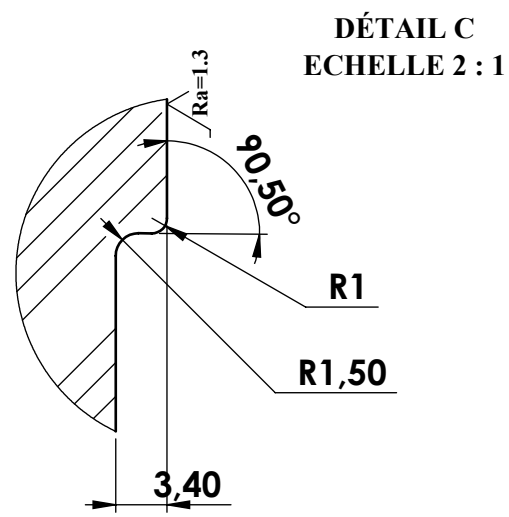


COUPE B-B



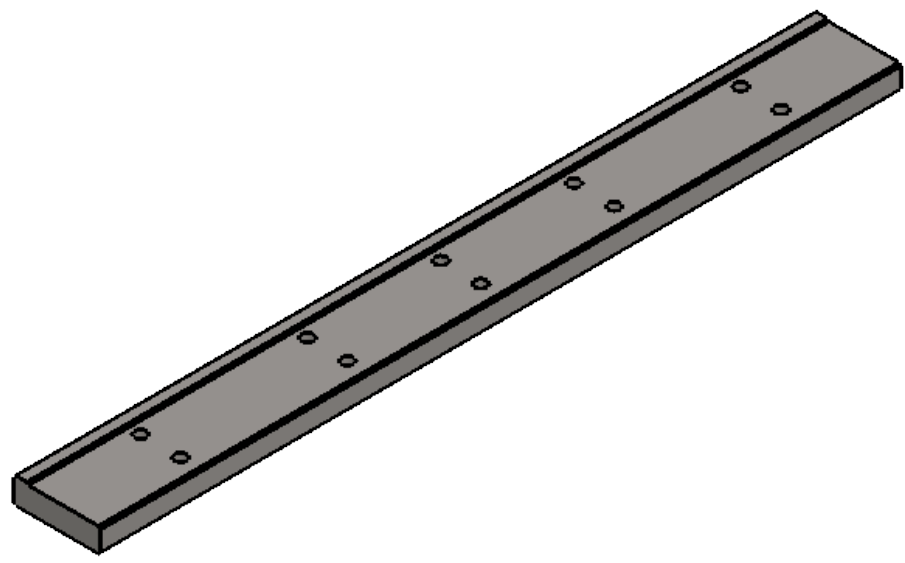
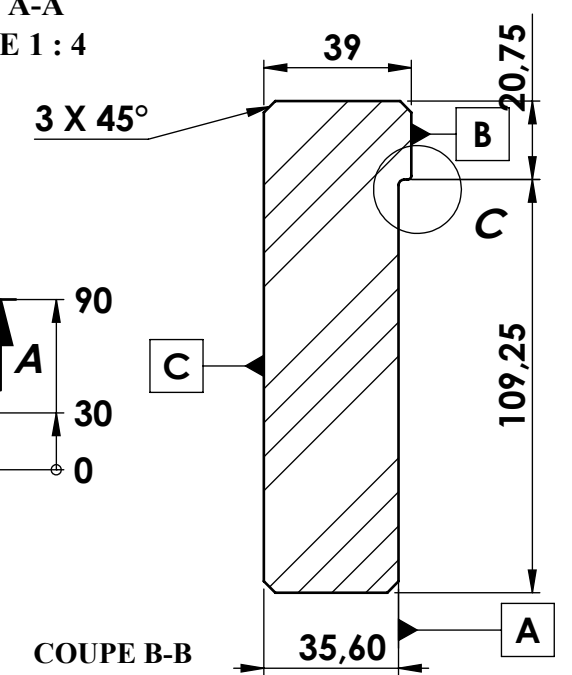
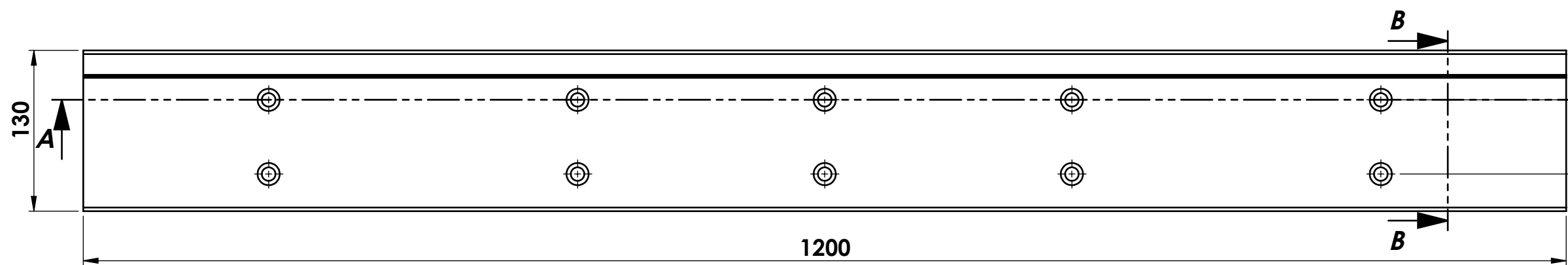
$Ra = \sqrt{3.2}$ IT=0.5

21	2	Le guide		E 24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation		Matiere	Observation
Echelle: 1:2		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
			Masse = 4531.35 g	ZEGHOUD Youcef	
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



0.01	A	B
0.01	A	C

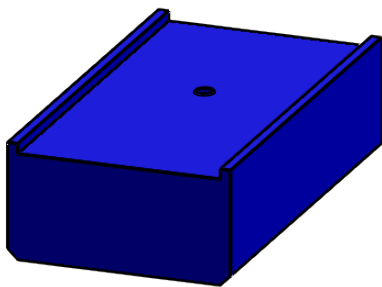
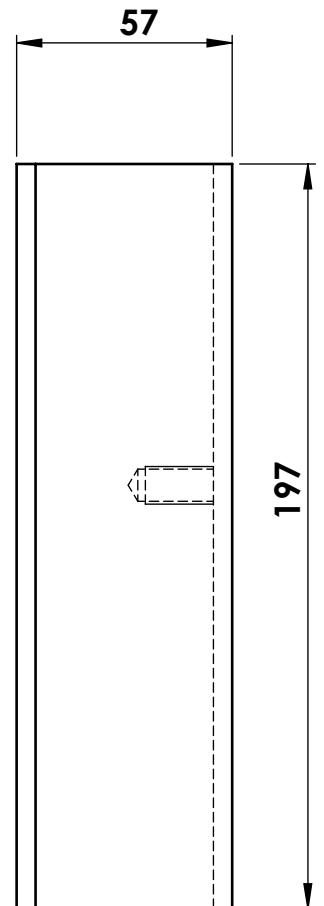
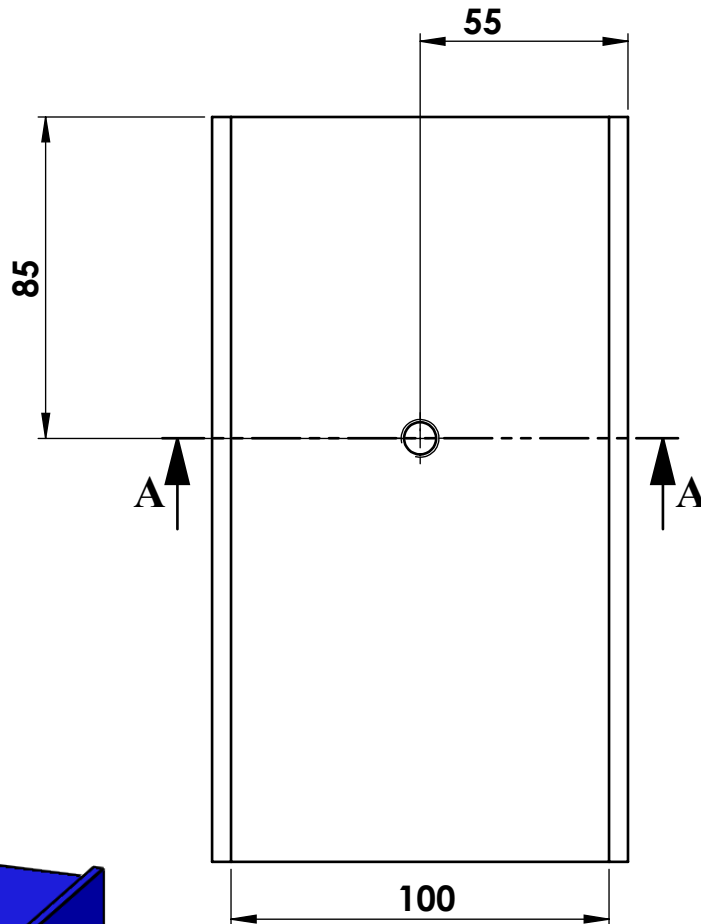
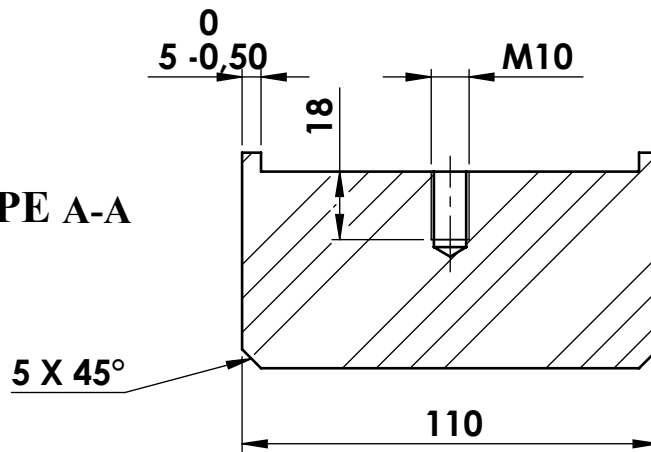
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 4



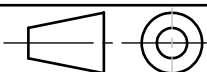
$Ra = \sqrt[3.6]{}$ IT=±0.5

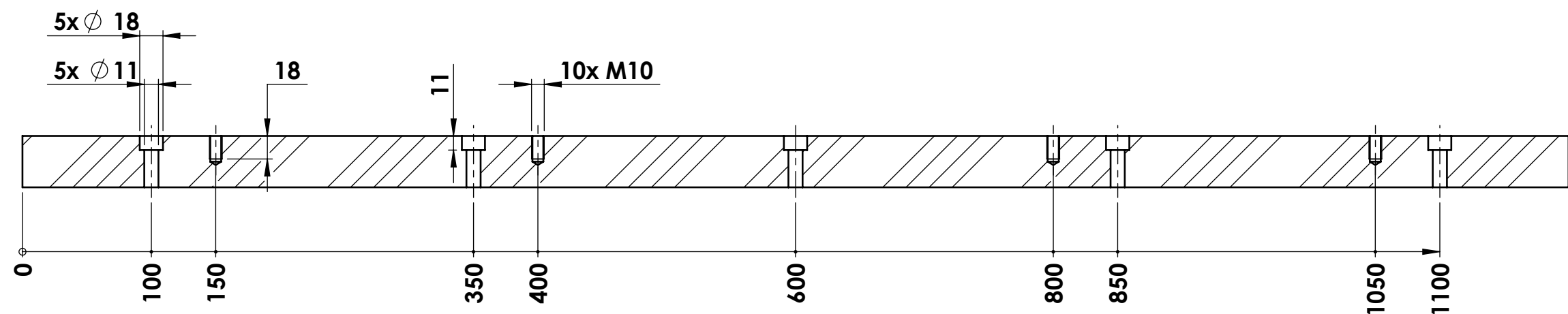
25	1	Matrice	XC 48	49 à 57 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
1:4			Masse = 43028.44 g	ZEGHOUD Youcef
A3		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM

COUPE A-A

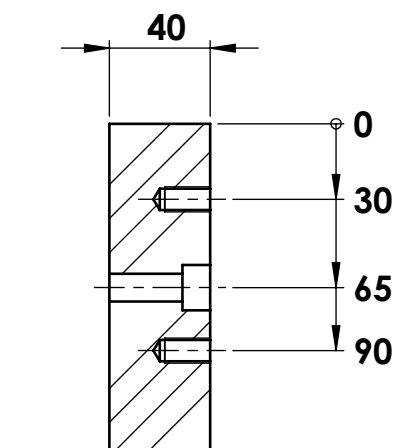
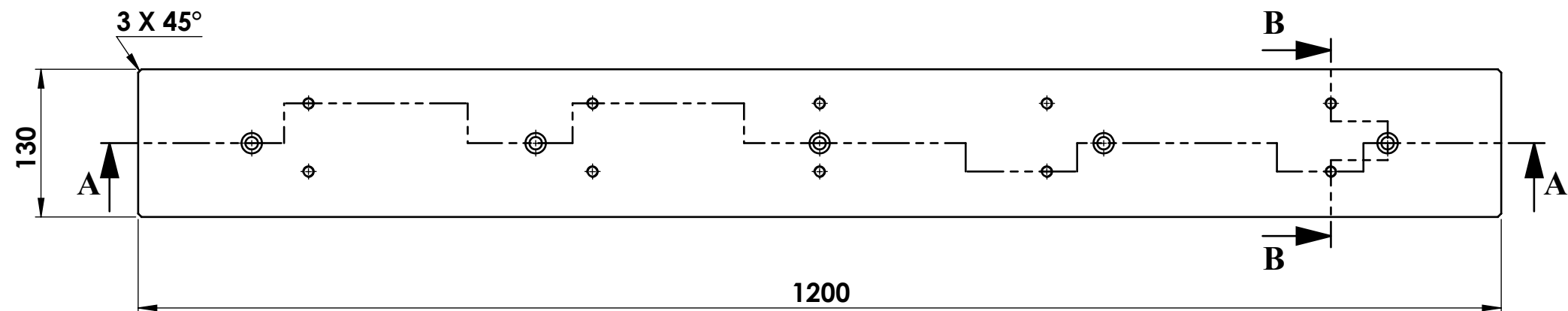


Ra= 3.2 **IT=0.5**

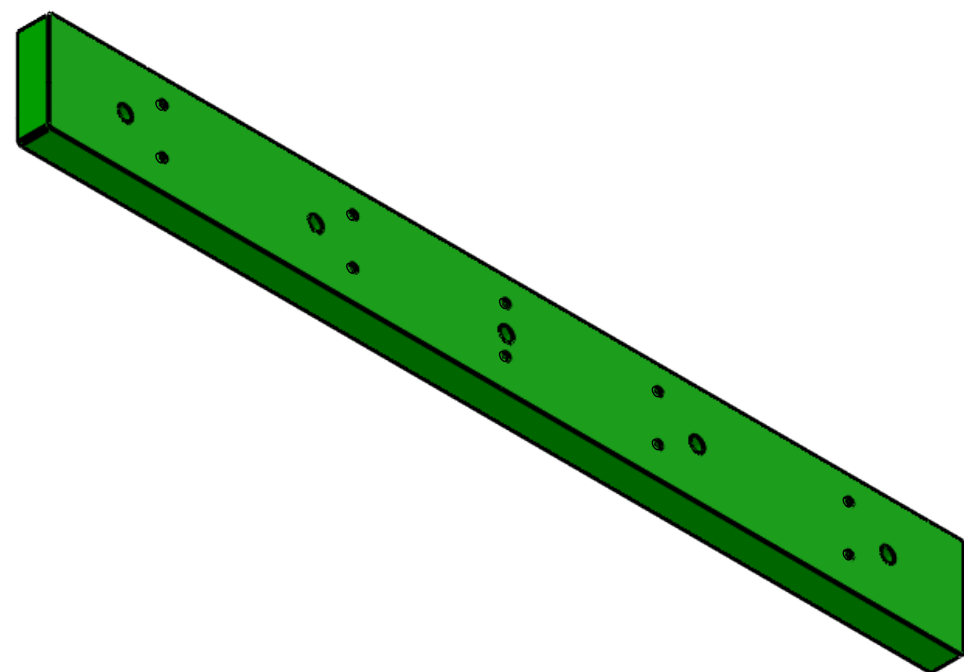
20	2	Port guide		E 24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation		Matiere	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
1:2			Masse = 8818.54 g	ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



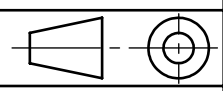
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 4

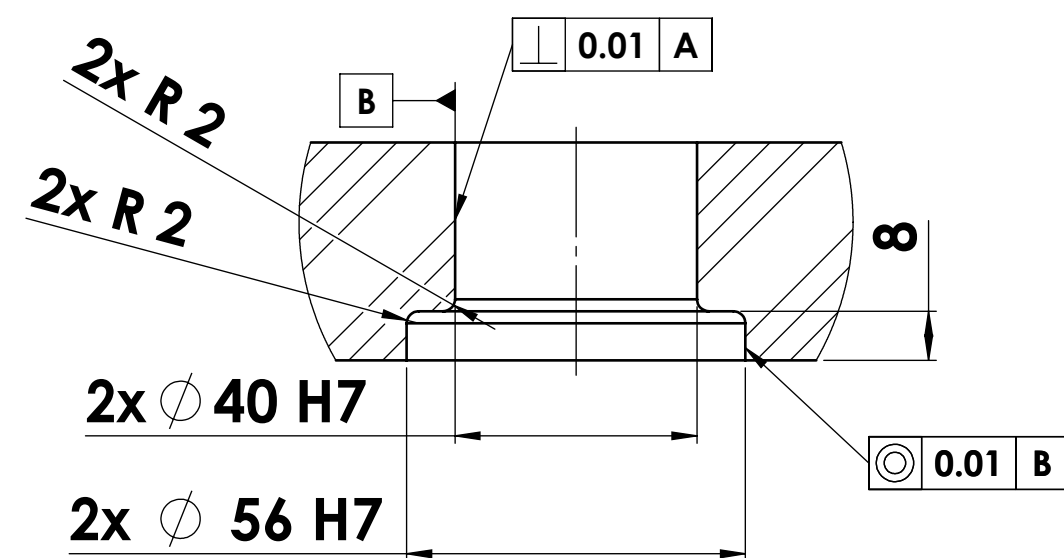


COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3

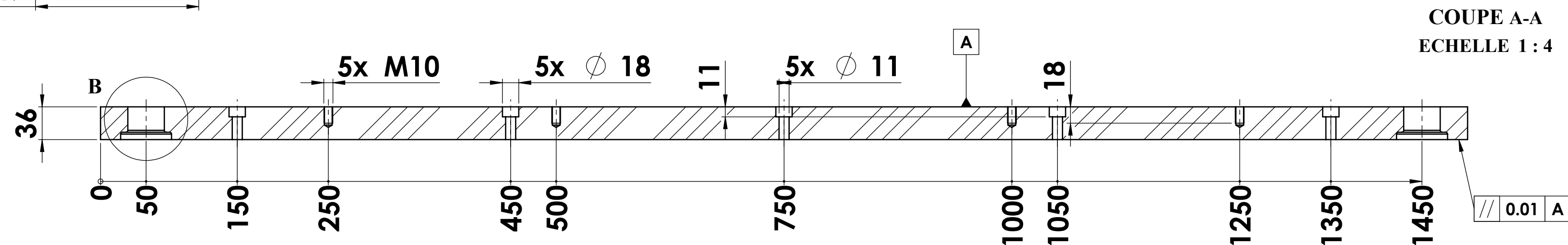


$Ra = \sqrt{3.2}$ IT=0.5

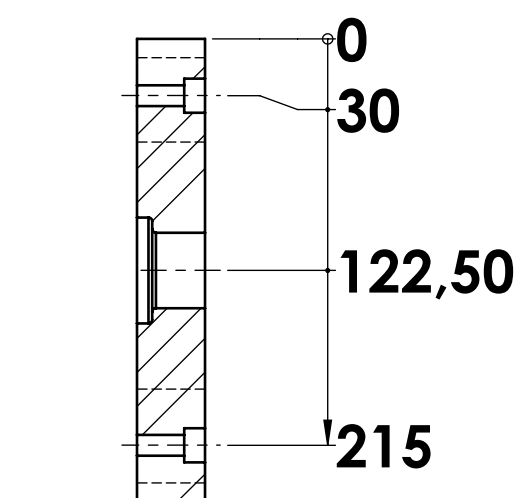
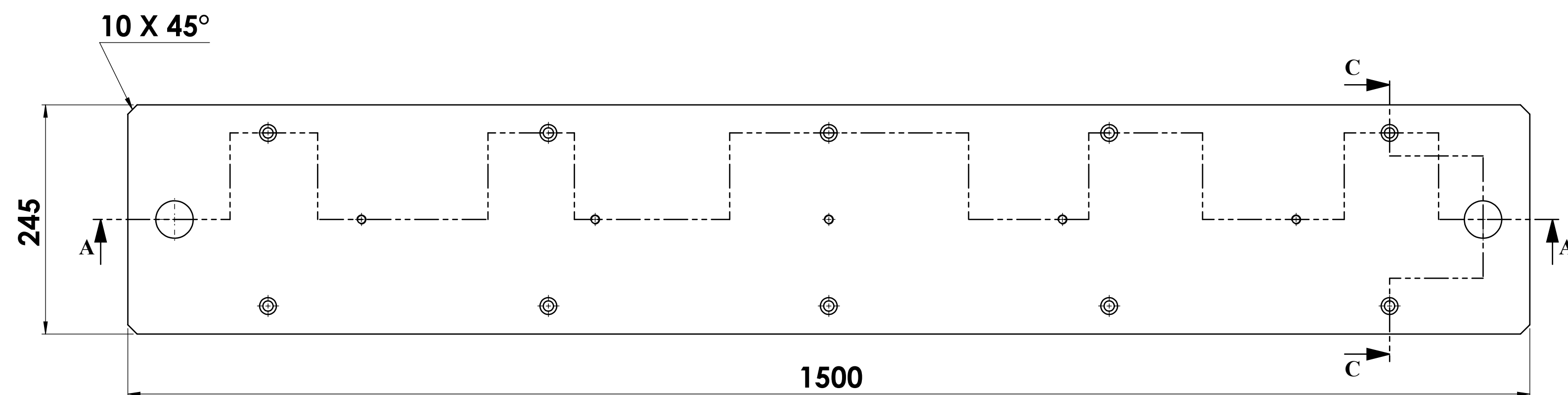
24	1	Port matrice	E24	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle: 1:5		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 48357.44 g	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				
A3		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM



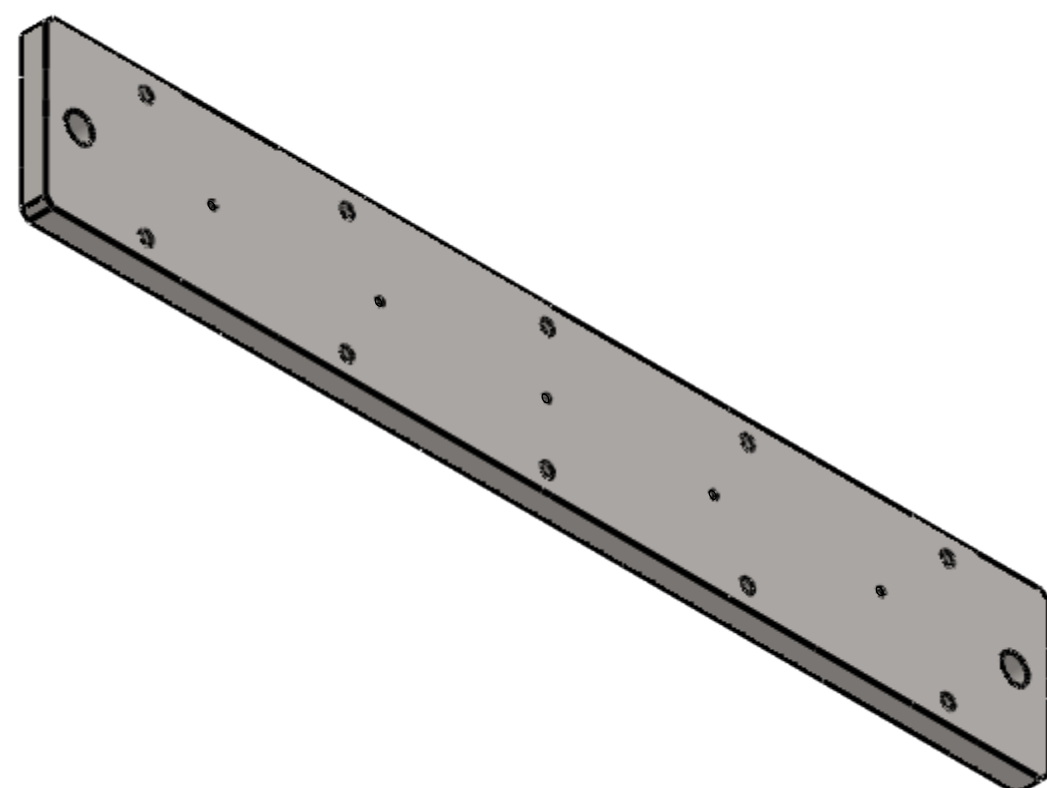
DÉTAIL B
ECHELLE 2 : 2.5



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 4

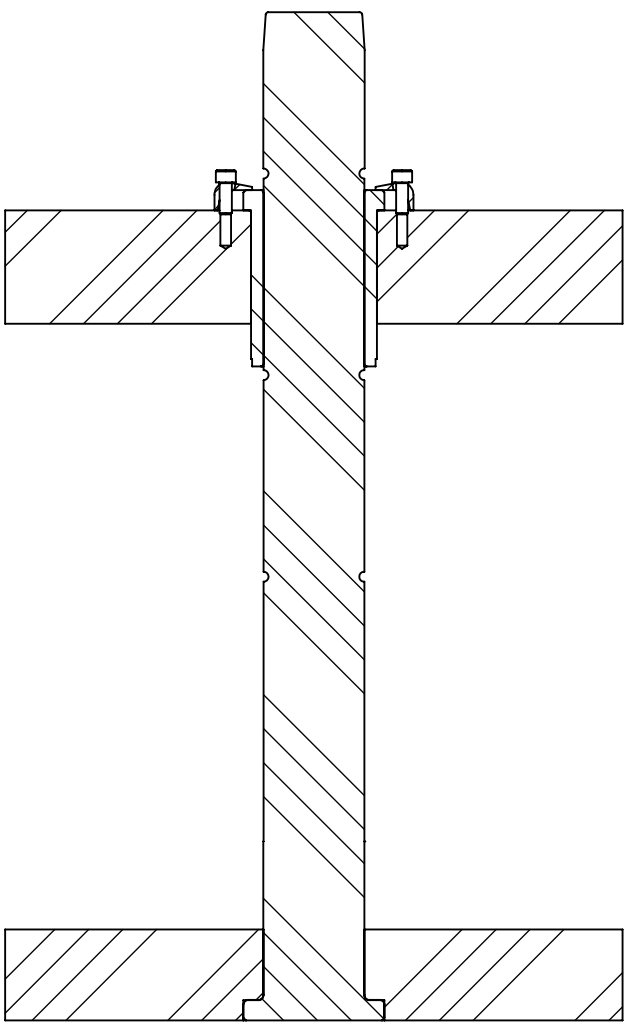
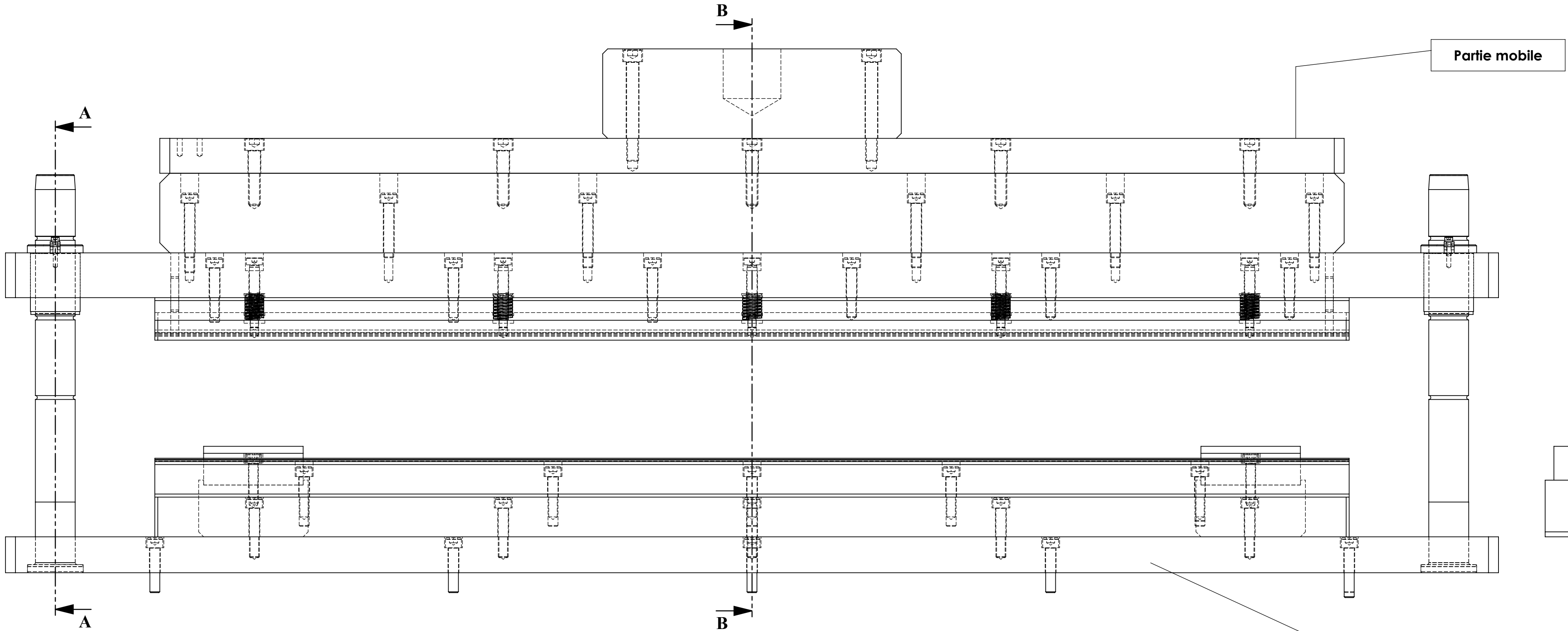
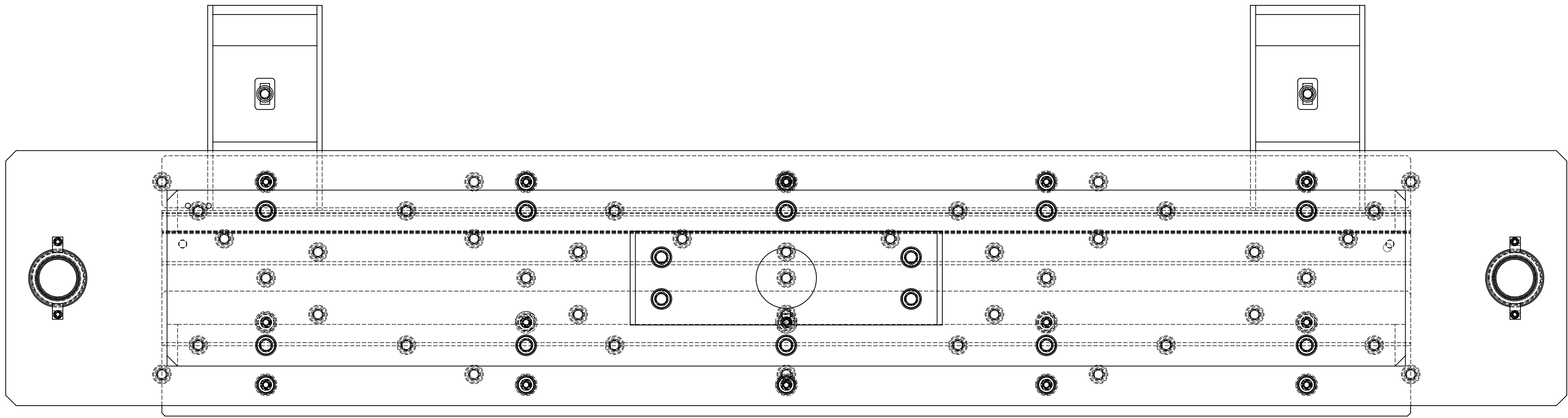


COUPE C-C
ECHELLE 1 : 4

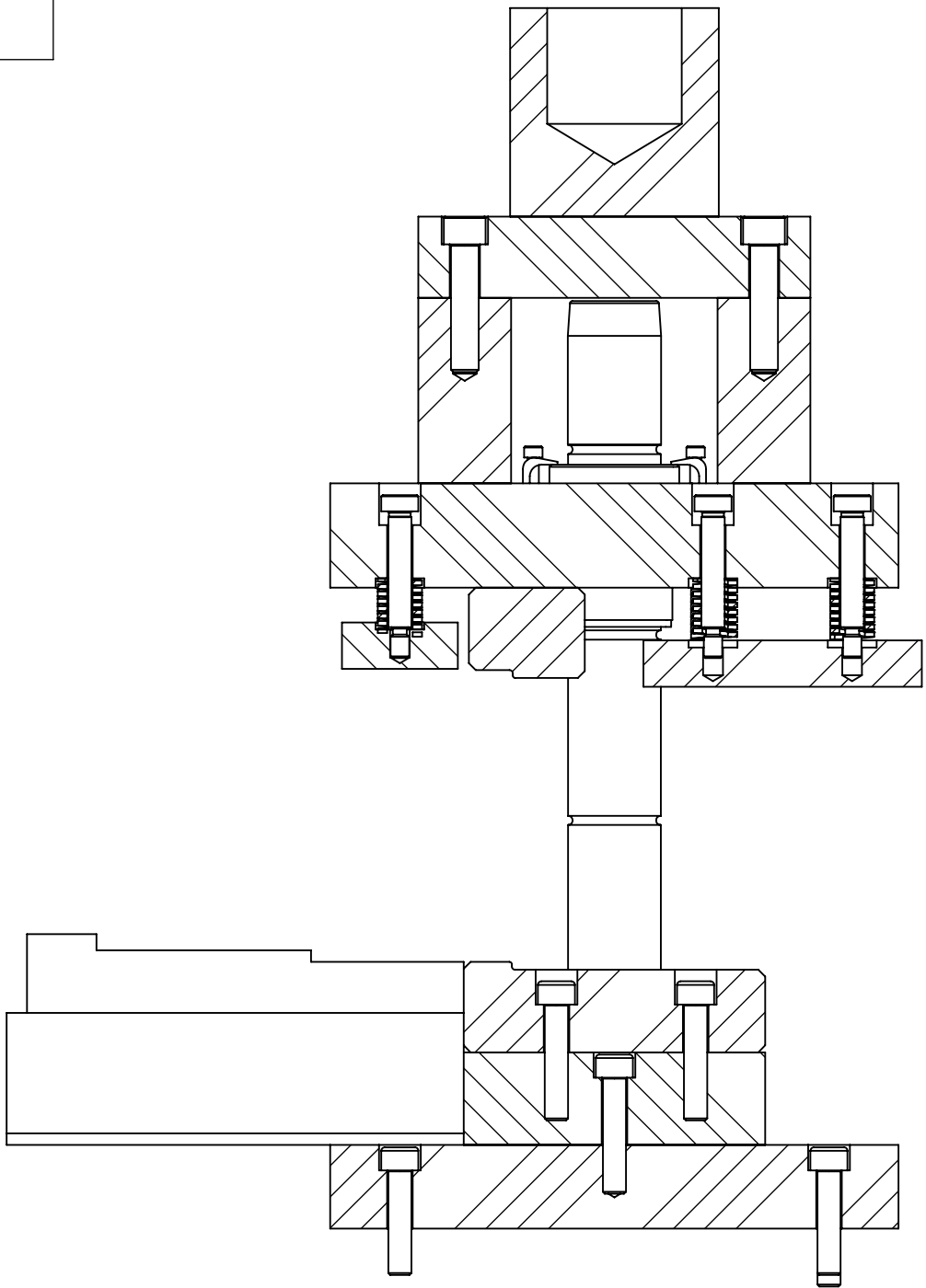


$Ra=3.6$
 $IT=0.5$

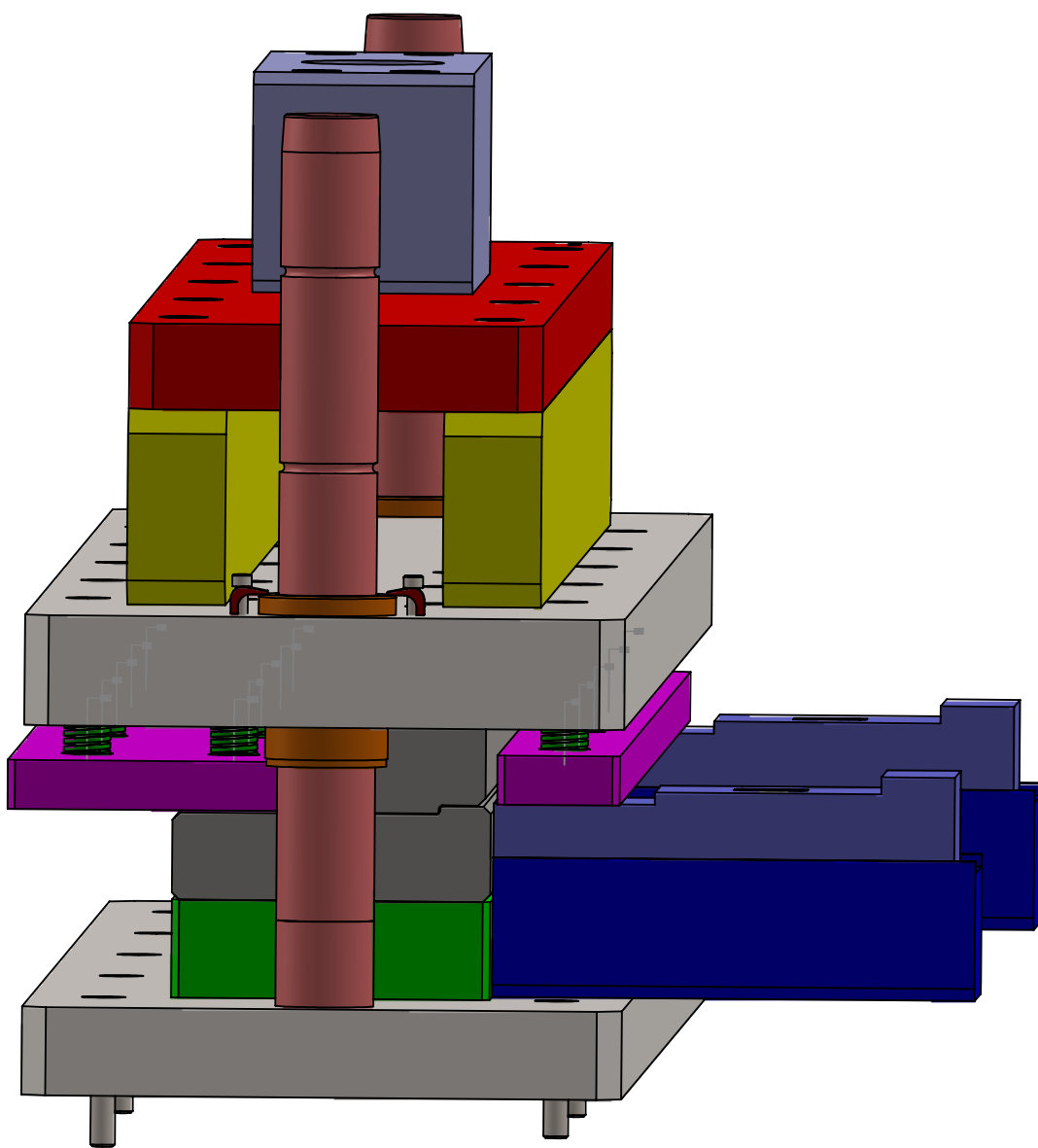
22	1	Semelle inferieure	E 24	Cémenté
Ref	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle: 1:4			Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 101830.48 g CODE ACTIVE : A	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A2			F.G.C Université Mouloud Mammeri	M2 CM

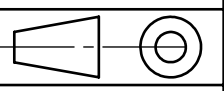


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

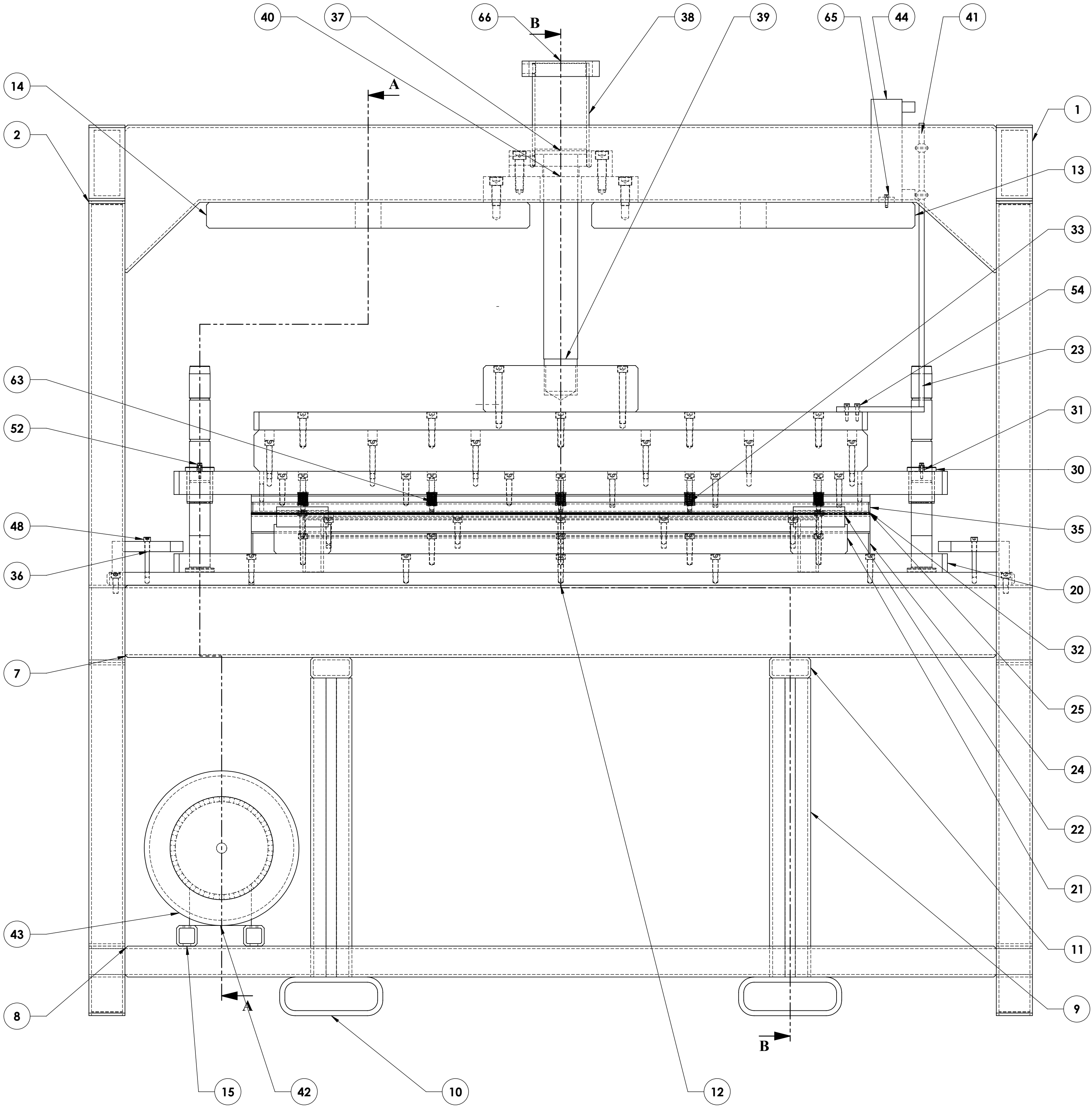
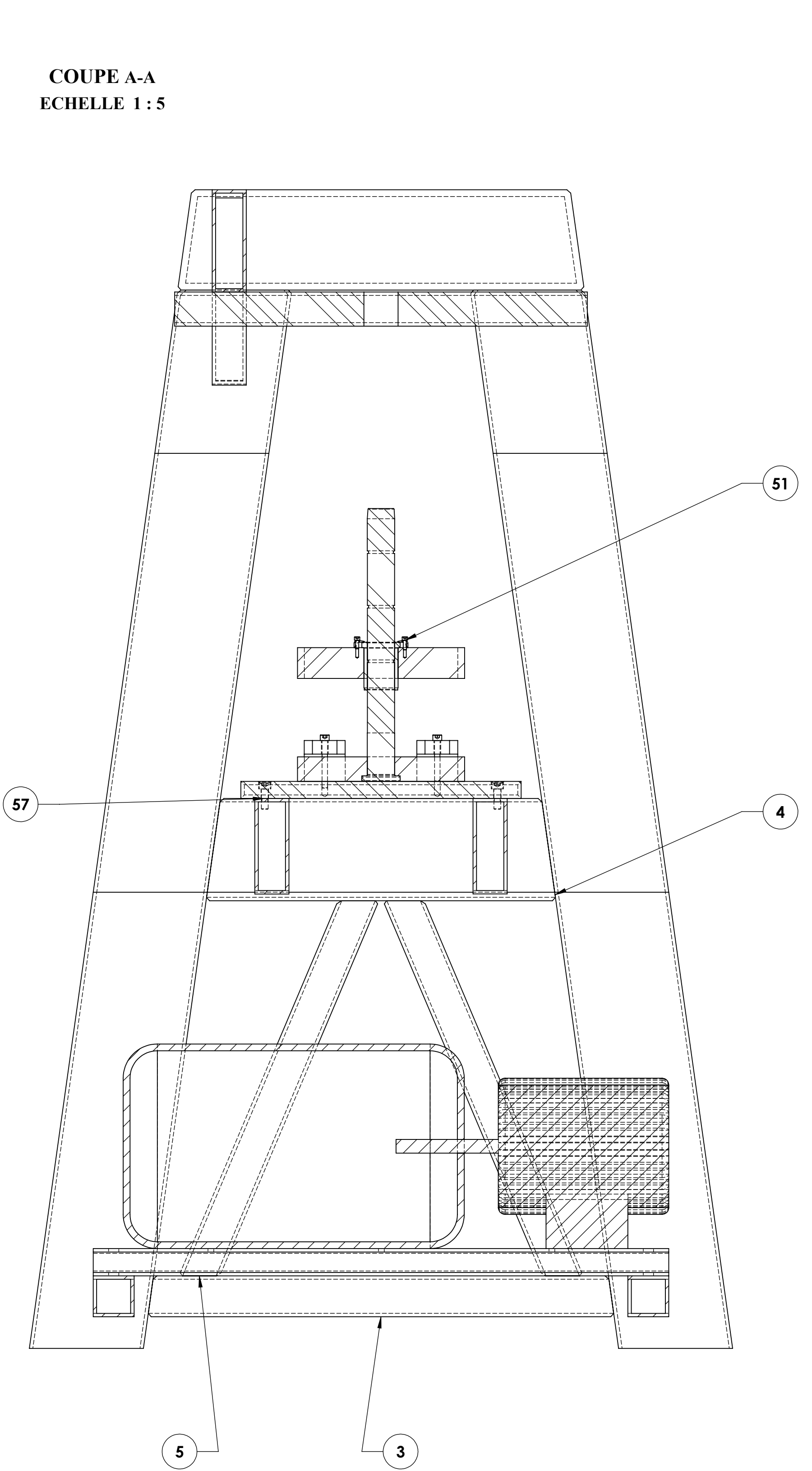


COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3

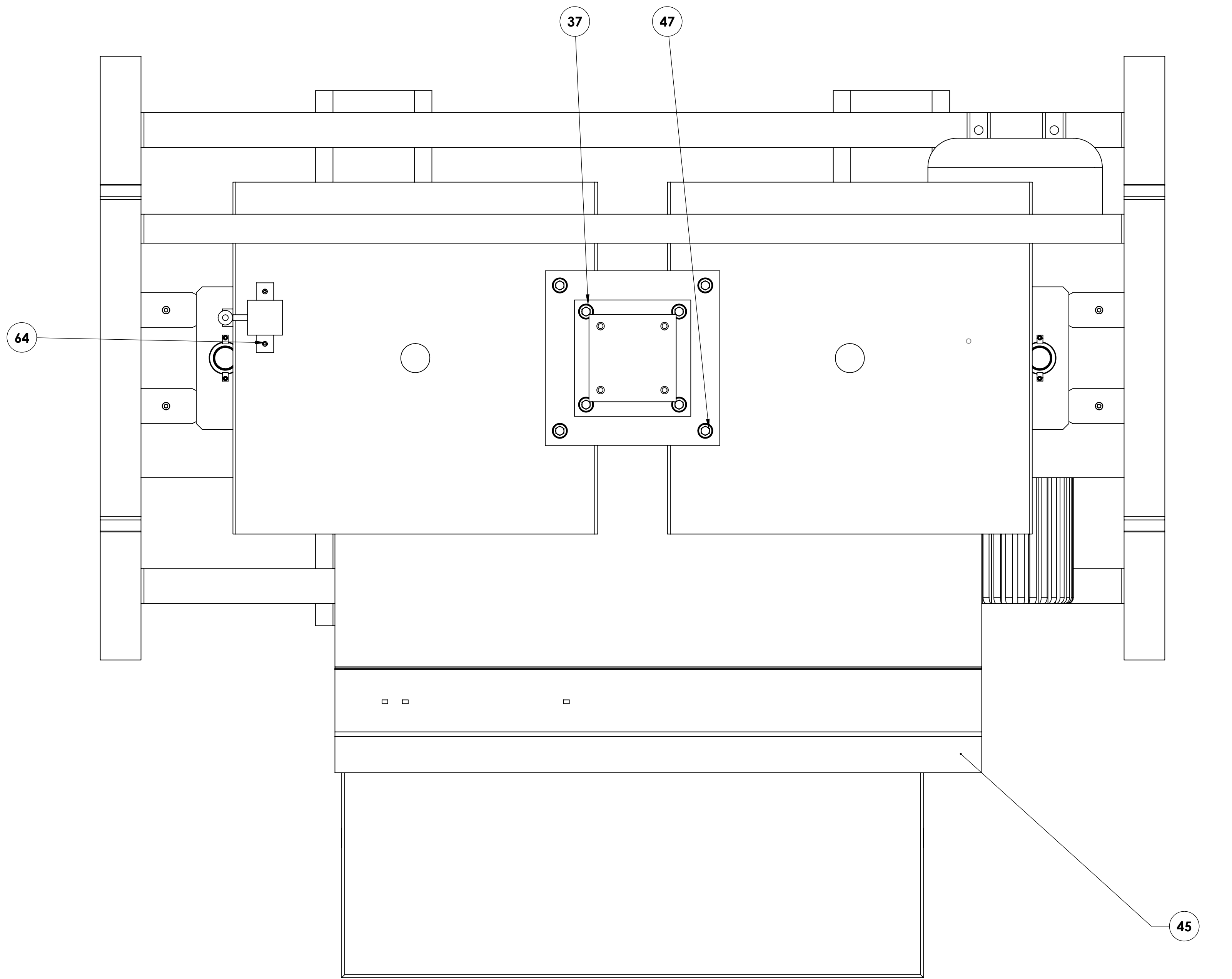
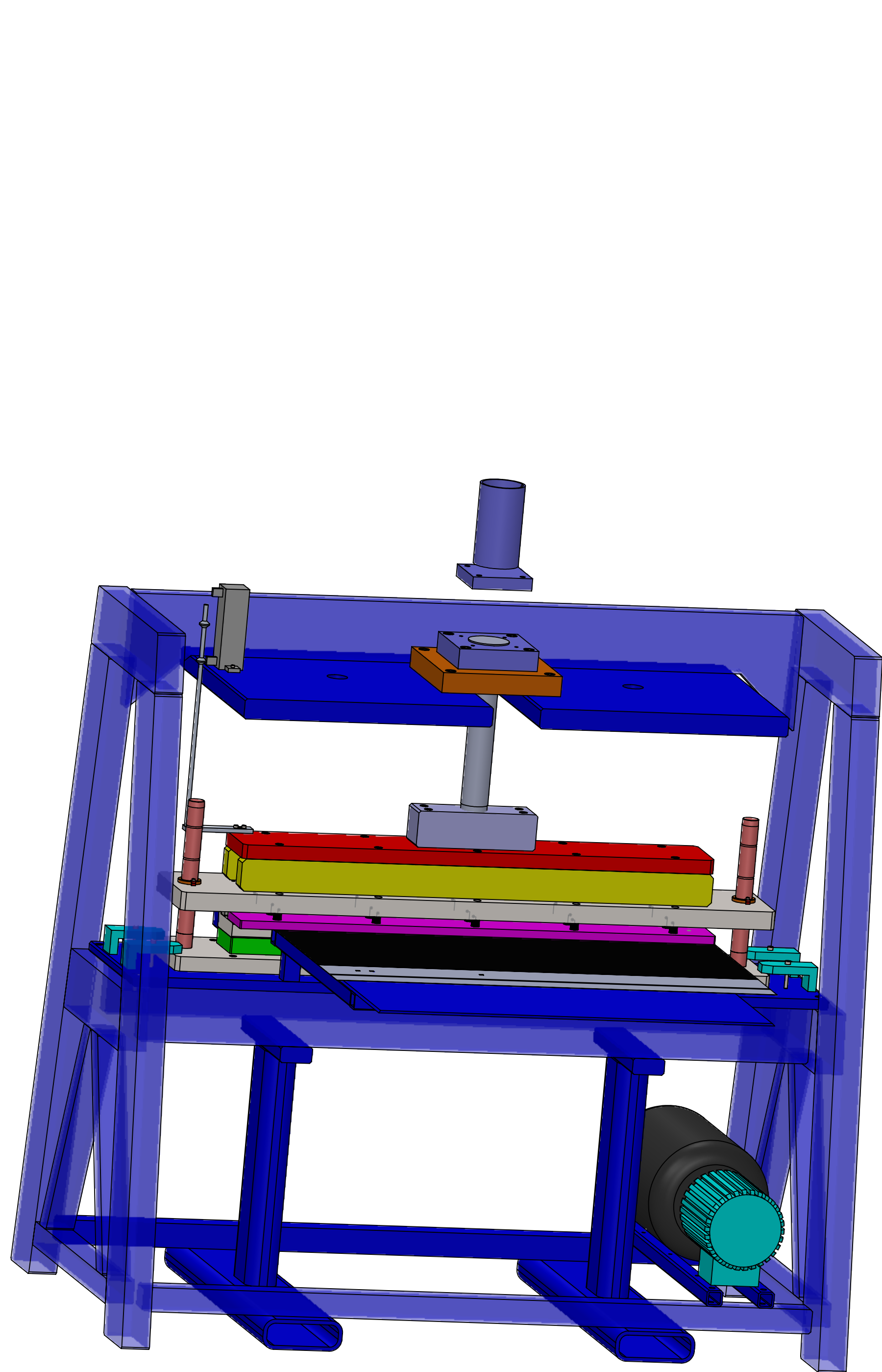
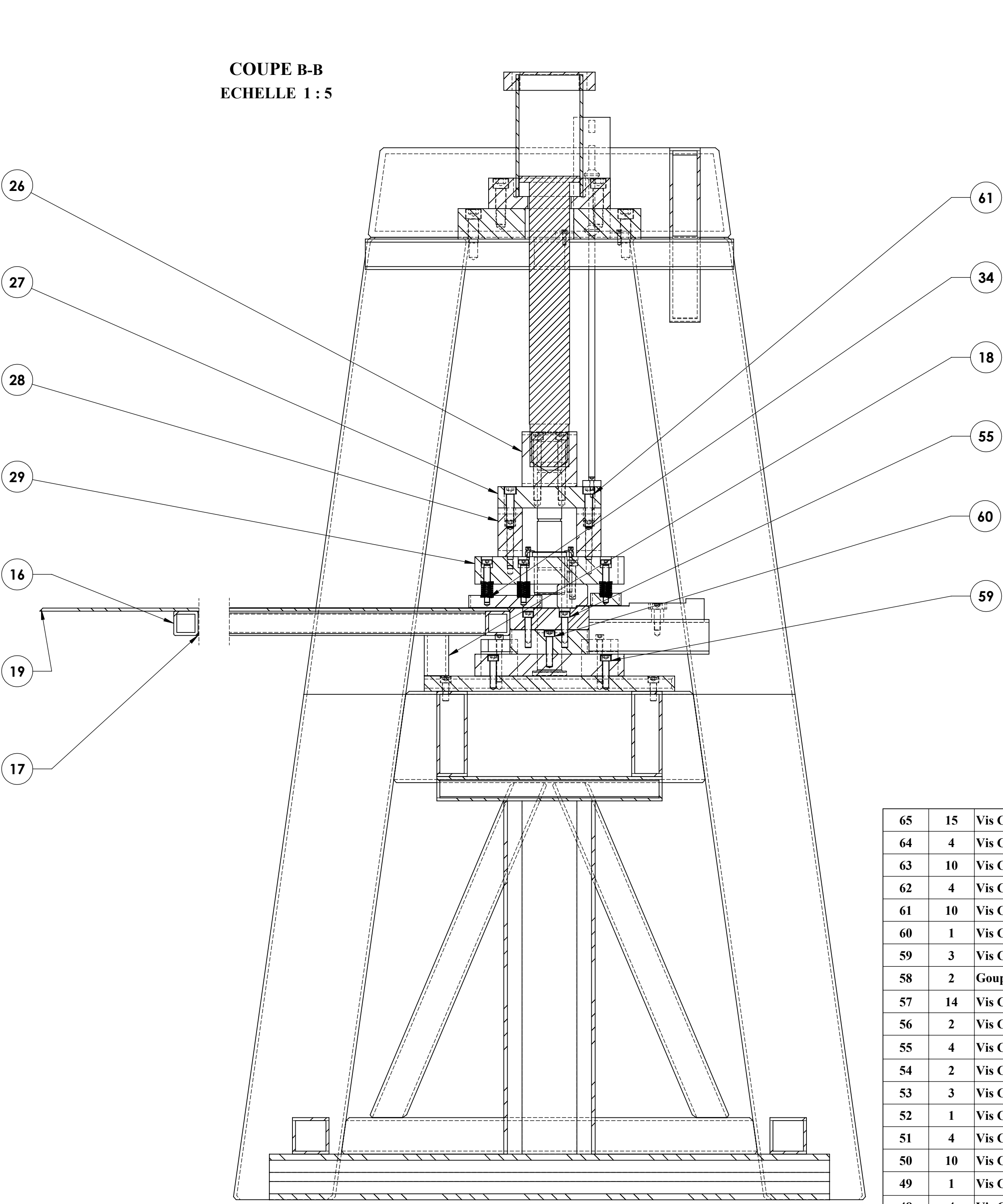


Echelle: 1:3 	Outils d'emboutissage de la presses hydraulique	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A1	F.G.C Université Mouloud Mammeri	M2 CM

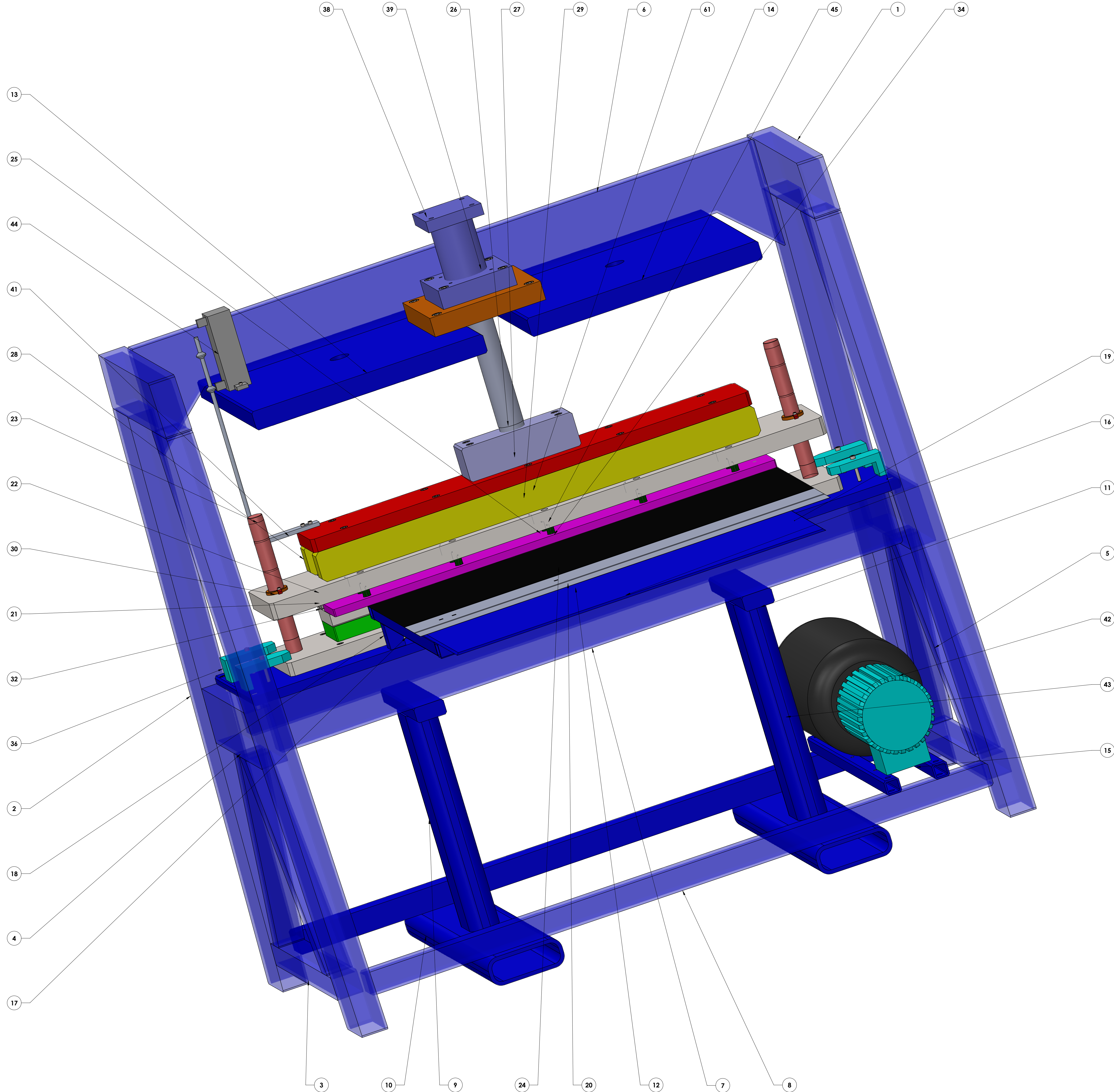
COUPE A-A
ECHELLE 1:5



COUPE B-B
ECHELLE 1:5

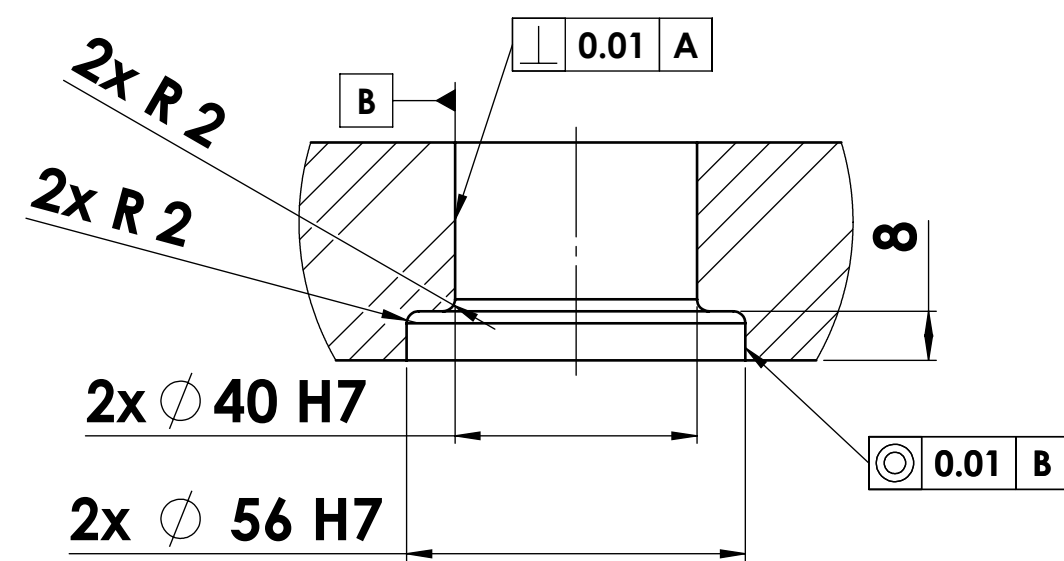


65	15	Vis CHC ISO 7379 - 10 x 50 -- N	XC38	39/44 HRe
64	4	Vis CHC ISO 4762 M12 x 100 - 36N	XC38	39/44 HRe
63	10	Vis CHC ISO 4762 M12 x 85 - 36N	XC38	39/44 HRe
62	4	Vis CHC ISO 4762 M10 x 50 - 32N	XC38	39/44 HRe
61	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 40 - 40N	XC38	39/44 HRe
60	1	Vis CHC ISO 4762 M10 x 30 - 30N	XC38	39/44 HRe
59	3	Vis CHC ISO 4762 M10 x 20 - 20N	XC38	39/44 HRe
58	2	Goupille ISO 8 x 36	36NiCrMo16	Trempe
57	14	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	XC38	39/44 HRe
56	2	Vis CHC ISO 4762 M6 x 16 - 16N	XC38	39/44 HRe
55	4	Vis CHC ISO M10 x 60	XC38	39/44 HRe
54	2	Vis CHC ISO 4762 M10 x 35 - 35N	XC38	39/44 HRe
53	3	Vis CHC ISO M8 x 13	XC38	39/44 HRe
52	1	Vis CHC ISO M8 x 13	XC38	39/44 HRe
51	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 65 - 32N	XC38	39/44 HRe
50	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 55 - 32N	XC38	39/44 HRe
49	1	Vis CHC ISO M10	XC38	39/44 HRe
48	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 40 - 40N	XC38	39/44 HRe
47	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 60 - 60N	XC38	39/44 HRe
46	1	PORTE INF TN 2000	DC03	
45	1	Capteur		
44	1	Pompe		
43	1	Moteur asynchrone 5kw		
42	1	Pièce1	Fe 430	
41	1	Détecteur de debut et fin de course		
40	1	Pièce 6		Revetement extérieur
39	1	Tige de verin diamètres 70		
38	1	Cylindre de verin	Fe 430	
37	1	Pièce 2	Fe 430	
36	4	Bride	E 24	
35	1	Serre flan	XC 48	
34	1	Serre flan 2	XC 48	
33	15	Ressort	51Si7(55S7)	
32	1	Poinçon 2	XC 48	Trempé
31	4	Fixe de bague de guidage	E 24	Revetement extérieur
30	2	Bague de guidage 70	105WCr6	
29	1	Semelle superieure modifier02	E 24	
28	2	porte semelle 01	E 24	Revetement extérieur
27	1	Port semelle 1	E 24	Revetement extérieur
26	1	Embot 3	E 24	Revetement extérieur
25	1	Matrice	XC 48	Trempé
24	1	Porte matrice	E 24	Revetement extérieur
23	2	Colonne de guidage 400	X200Cr12	Revetement extérieur
22	2	Guide	E 24	Revetement extérieur
21	2	Port de guide	E 24	Revetement extérieur
20	1	Semelle inferieur modifier	E 24	Revetement extérieur
19	1	Table 2	Fe 430	Revetement extérieur
18	2	Tube carré 3	Fe 430	Revetement extérieur
17	2	Tube carré 2	Fe 430	Revetement extérieur
16	2	Tube carré	Fe 430	Revetement extérieur
15	2	Support de moteur	Fe 430	Revetement extérieur
14	1	Support de verin modifier	Fe 430	Revetement extérieur
13	1	Support de verin modifier 2	Fe 430	Revetement extérieur
12	1	Table	Fe 430	Revetement extérieur
11	2	Support de la poutre 7	Fe 430	Revetement extérieur
10	2	POUTRE 10	Fe 430	Revetement extérieur
9	2	POUTRE 9	Fe 430	Revetement extérieur
8	2	POUTRE 8	Fe 430	Revetement extérieur
7	2	POUTRE 7	Fe 430	Revetement extérieur
6	2	POUTRE 6	Fe 430	Revetement extérieur
5	4	POUTRE 5	Fe 430	Revetement extérieur
4	2	POUTRE 4	Fe 430	Revetement extérieur
3	2	POUTRE 3	Fe 430	Revetement extérieur
2	4	POUTRE 2	Fe 430	Revetement extérieur
1	2	POUTRE 1	Fe 430	Revetement extérieur
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:	1:5	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITSSAGE PORTES TN 2000		TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A0		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM

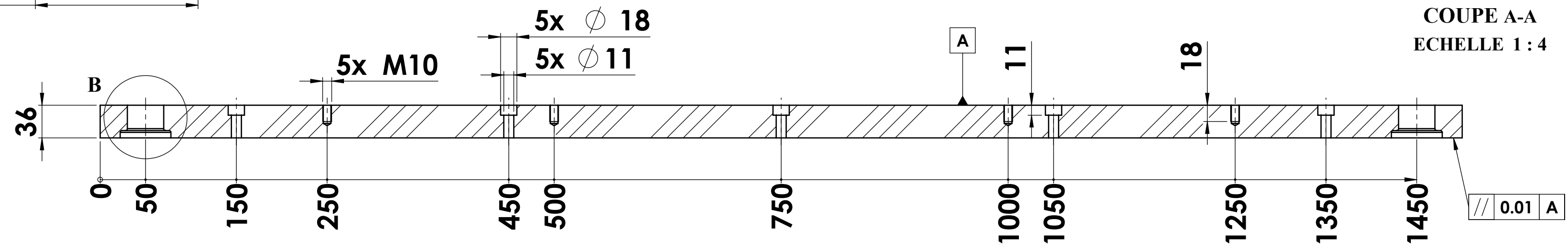


65	15	Vis CHC ISO 7379 - 10 x 50 --- N	XC38	39/44 HRe
64	4	Vis CHC ISO 4762 M12 x 100 - 36N	XC38	39/44 HRe
63	10	Vis CHC ISO 4762 M12 x 55 - 36N	XC38	39/44 HRe
62	4	Vis CHC ISO 4762 M10 x 50 - 32N	XC38	39/44 HRe
61	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 40 - 40N	XC38	39/44 HRe
60	1	Vis CHC ISO 4762 M10 x 30 - 30N	XC38	39/44 HRe
59	3	Vis CHC ISO 4762 M10 x 20 - 20N	XC38	39/44 HRe
58	2	Goupille ISO 2/8 x 36	36NiCrMo16	Trempe
57	14	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	XC38	39/44 HRe
56	2	Vis CHC ISO 4762 M6 x 16 - 16N	XC38	39/44 HRe
55	4	Vis CHC ISO M10 x 60	XC38	39/44 HRe
54	2	Vis CHC ISO 4762 M10 x 35 - 35N	XC38	39/44 HRe
53	3	Vis CHC ISO M8 x 13	XC38	39/44 HRe
52	1	Vis CHC ISO M8 x 13	XC38	39/44 HRe
51	4	Vis CHC ISO 4762 M10 x 65 - 32N	XC38	39/44 HRe
50	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 55 - 32N	XC38	39/44 HRe
49	1	Vis CHC ISO M10	XC38	39/44 HRe
48	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 40 - 40N	XC38	39/44 HRe
47	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 60 - 60N	XC38	39/44 HRe
46	1	PORTE INF TN 2000	DC03	
45	1	Capteur		
44	1	Pompe		
43	1	Moteur asynchrone 5kw		
42	1	Pièce1	Fe 430	
41	1	Détecteur de debut et fin de course		
40	1	Pièce 6		Revetement extérieur
39	1	Tige de verin diamètres 70		
38	1	Cylindre de verin	Fe 430	
37	1	Pièce 2	Fe 430	
36	4	Bride	E 24	
35	1	Serre flan	XC 48	
34	1	Serre flan 2	XC 48	
33	15	Ressort	51Si7(55S7)	
32	1	Poinçon 2	XC 48	Trempé
31	4	Fixe de bague de guidage	E 24	Revetement extérieur
30	2	Bague de guidage 70	105WCr6	
29	1	Semelle superieure modifier02	E 24	
28	2	porte semelle 01	E 24	Revetement extérieur
27	1	Port semelle 1	E 24	Revetement extérieur
26	1	Embot 3	E 24	Revetement extérieur
25	1	Matrice	XC 48	Trempé
24	1	Porte matrice	E 24	Revetement extérieur
23	2	Colonne de guidage 400	X200Cr12	Revetement extérieur
22	2	Guide	E 24	Revetement extérieur
21	2	Port de guide	E 24	Revetement extérieur
20	1	Semelle inferieur modifier	E 24	Revetement extérieur
19	1	Table 2	Fe 430	Revetement extérieur
18	2	Tube carré 3	Fe 430	Revetement extérieur
17	2	Tube carré 2	Fe 430	Revetement extérieur
16	2	Tube carré	Fe 430	Revetement extérieur
15	2	Support de moteur	Fe 430	Revetement extérieur
14	1	Support de verin modifier	Fe 430	Revetement extérieur
13	1	Support de verin modifier 2	Fe 430	Revetement extérieur
12	1	Table	Fe 430	Revetement extérieur
11	2	Support de la poutre 7	Fe 430	Revetement extérieur
10	2	POUTRE 10	Fe 430	Revetement extérieur
9	2	POUTRE 9	Fe 430	Revetement extérieur
8	2	POUTRE 8	Fe 430	Revetement extérieur
7	2	POUTRE 7	Fe 430	Revetement extérieur
6	2	POUTRE 6	Fe 430	Revetement extérieur
5	4	POUTRE 5	Fe 430	Revetement extérieur
4	2	POUTRE 4	Fe 430	Revetement extérieur
3	2	POUTRE 3	Fe 430	Revetement extérieur
2	4	POUTRE 2	Fe 430	Revetement extérieur
1	2	POUTRE 1	Fe 430	Revetement extérieur

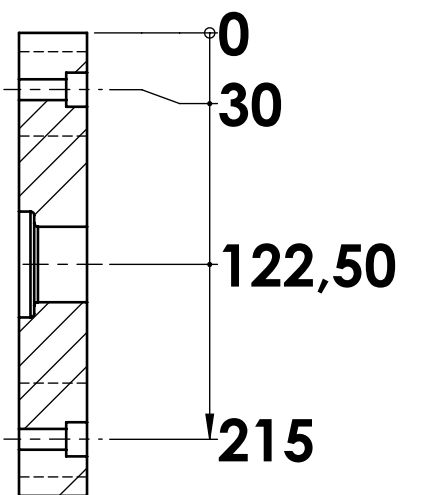
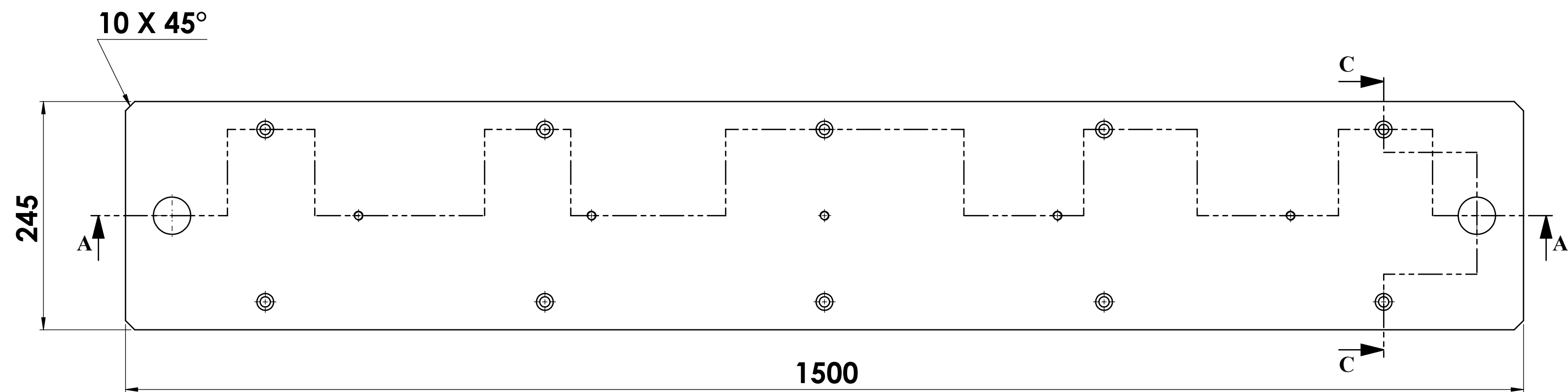
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:8		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
	A0	F.G.C Université Mouloud Mammeri	M2 CM	



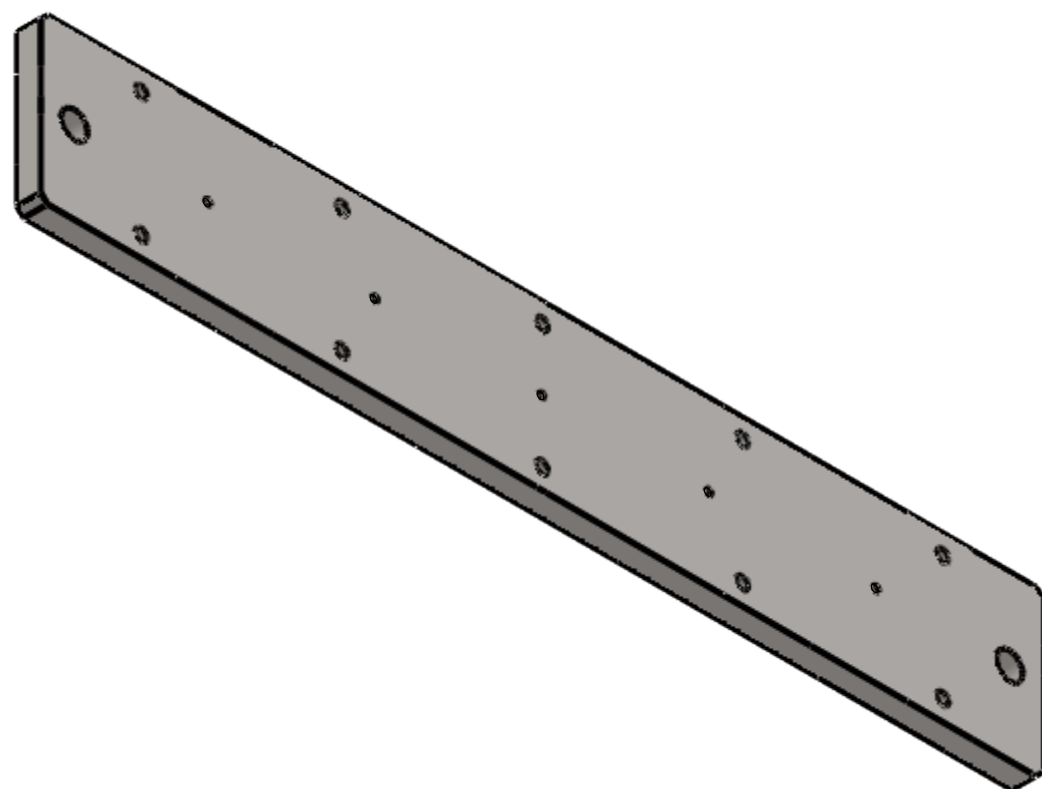
DÉTAIL B
ECHELLE 2 : 2.5



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 4

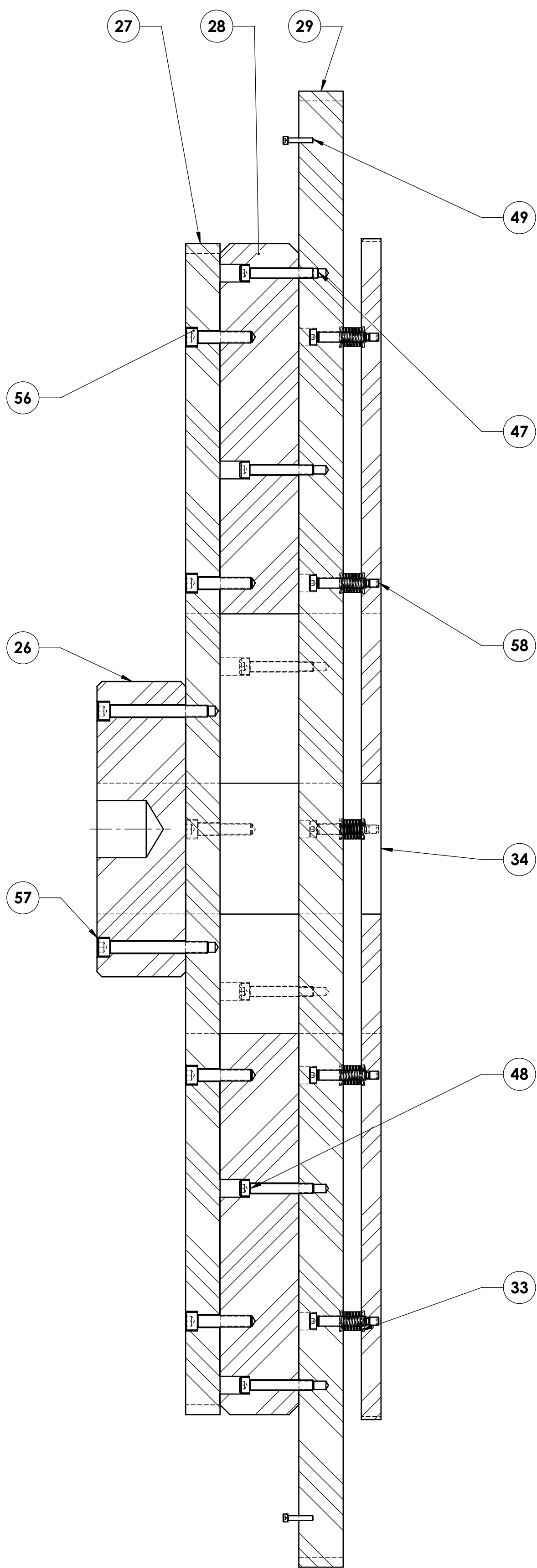


COUPE C-C
ECHELLE 1 : 4

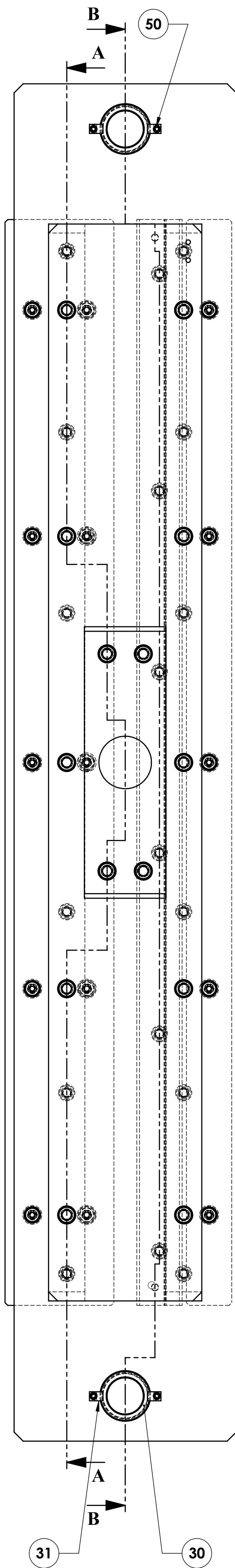


$Ra = 3.6$
 $IT = \pm 0.5$

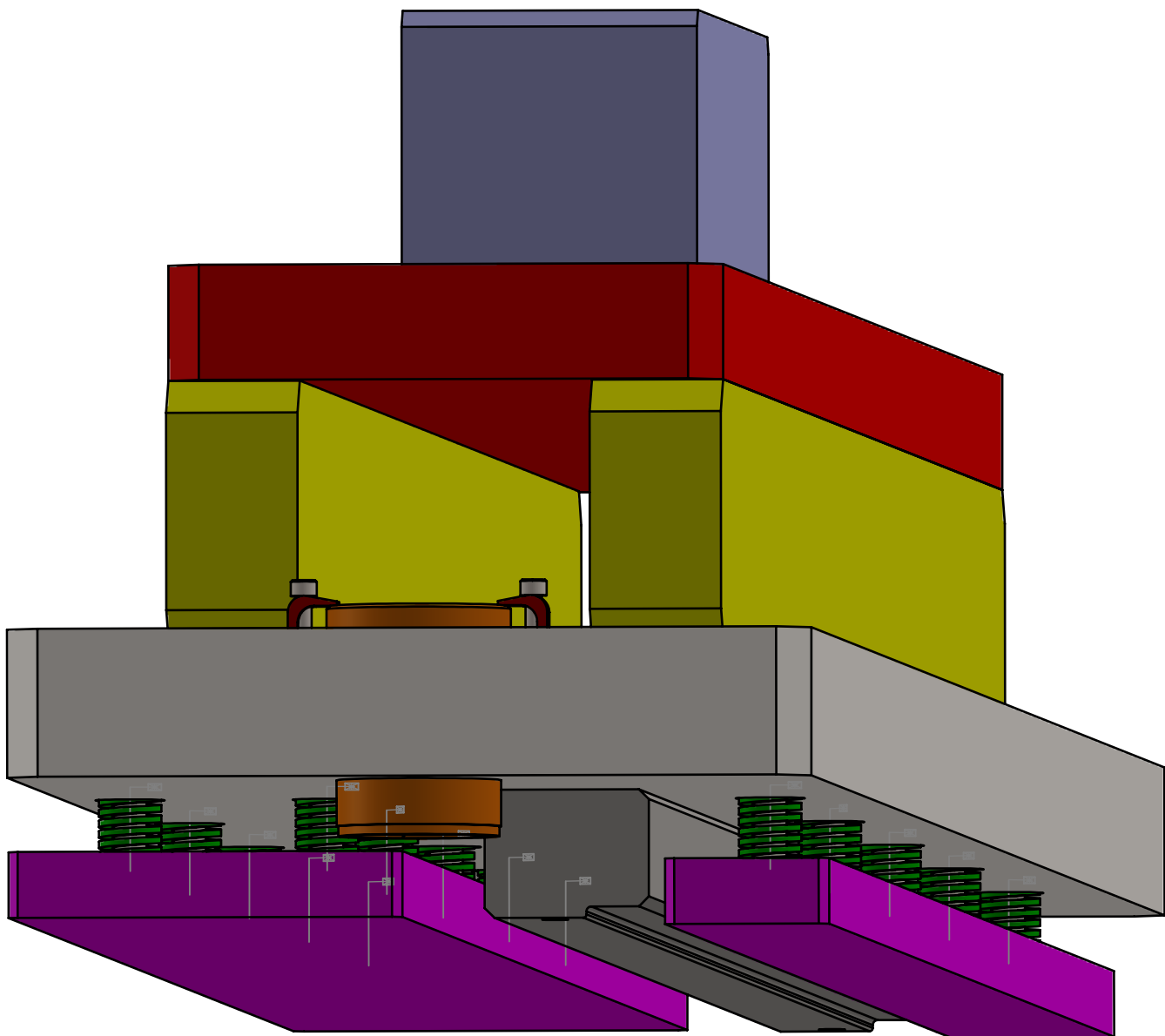
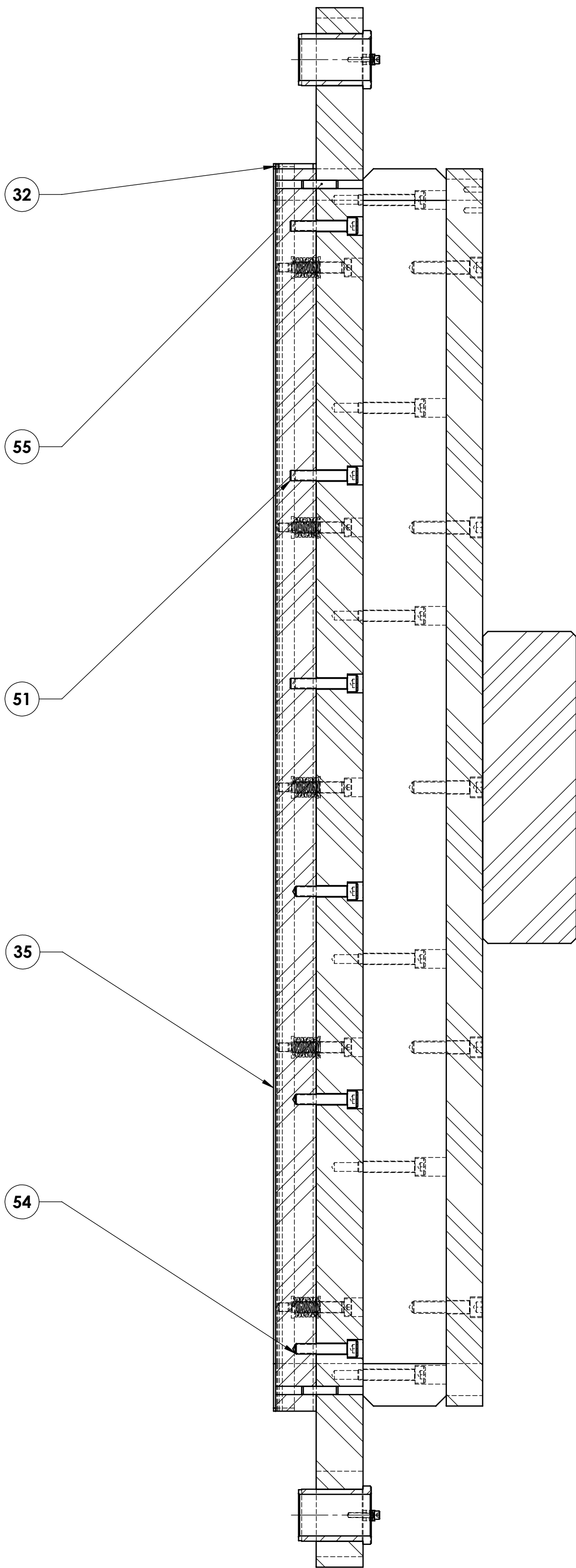
22	1	Semelle inferieure	E 24	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
1:4			Masse = 101830.48 g	ZEGHOUD Youcef
			CODE ACTIVE : A	
A2	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

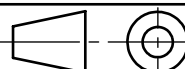


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3.5

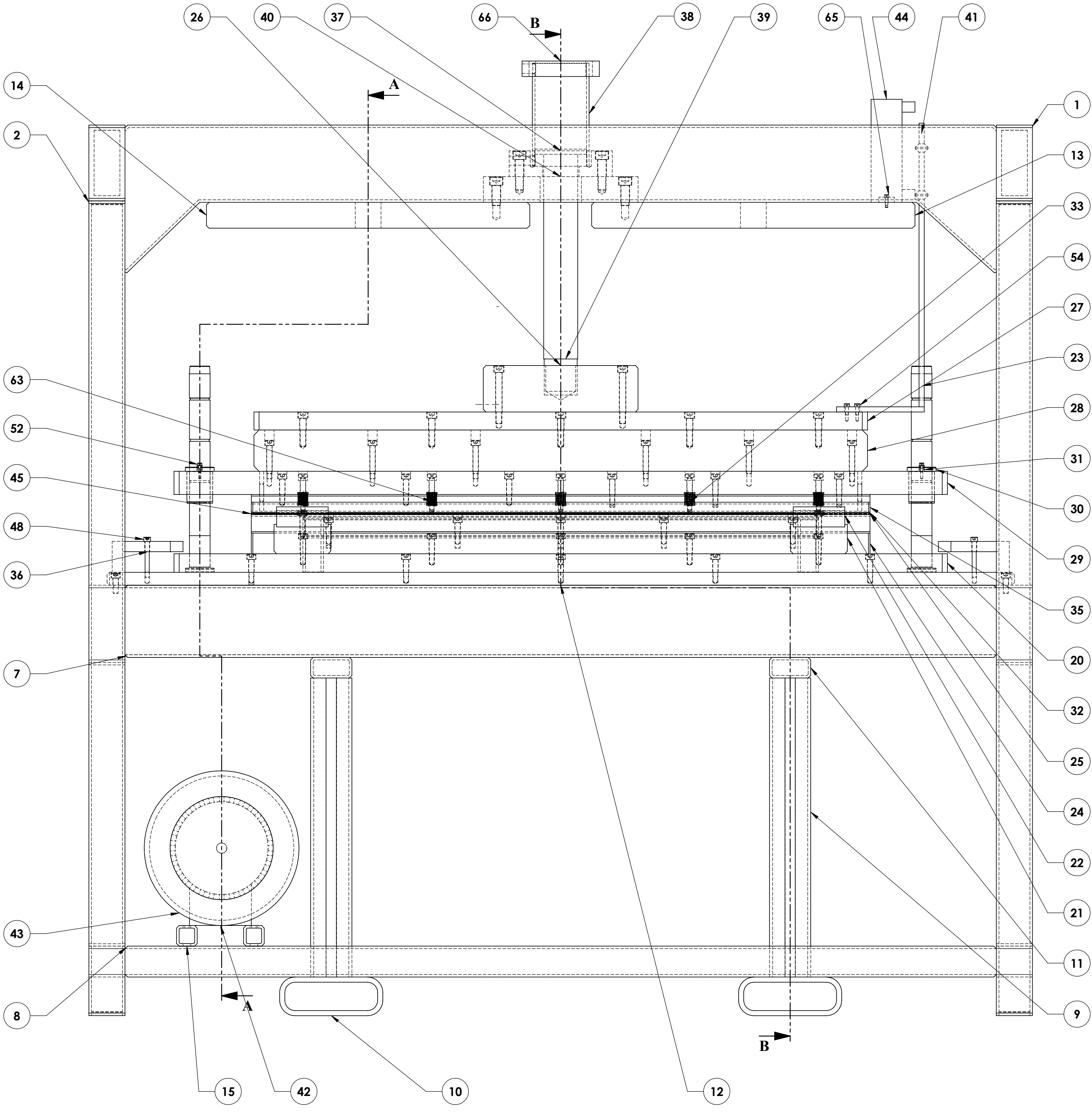
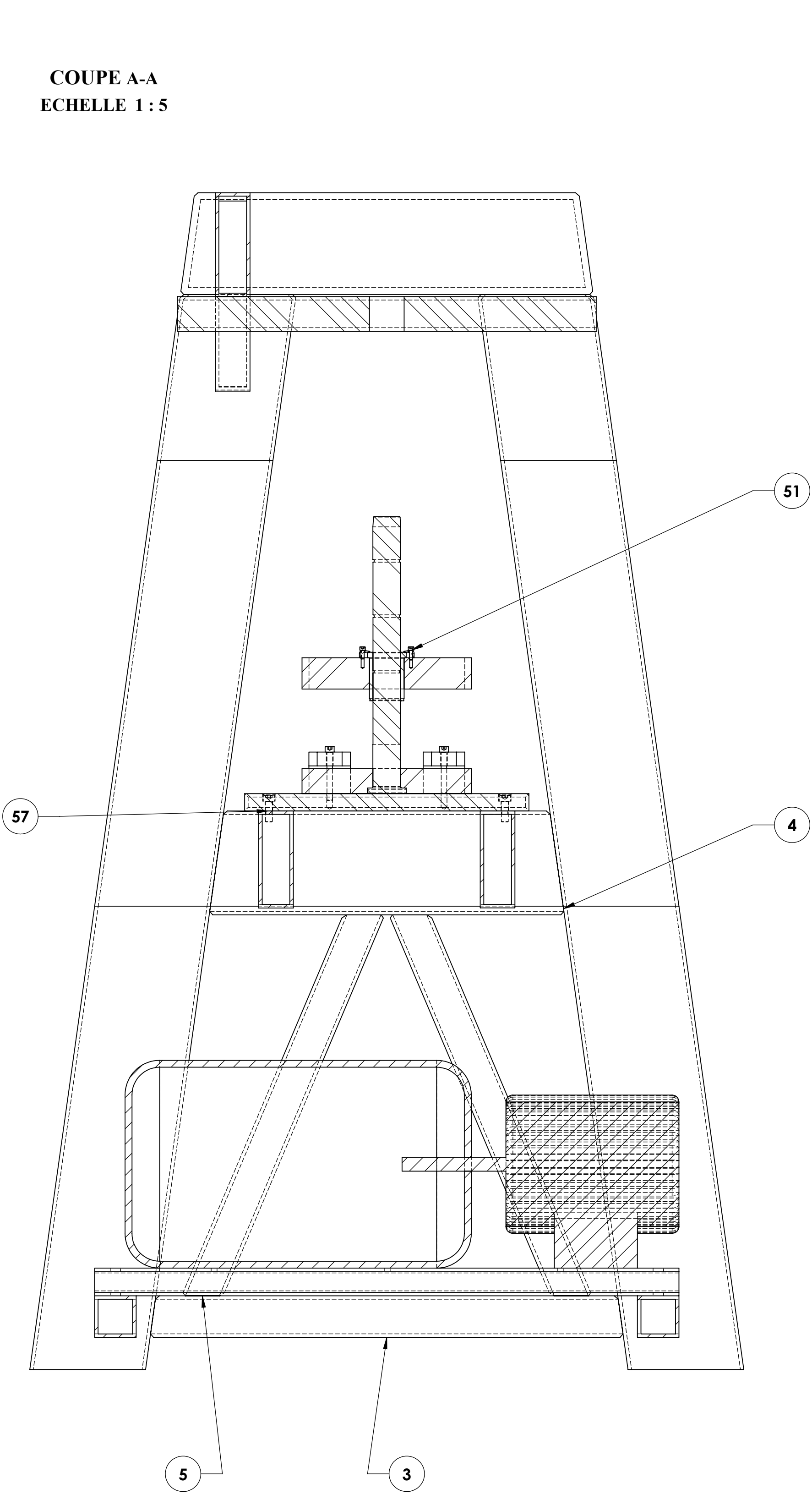


COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3.5

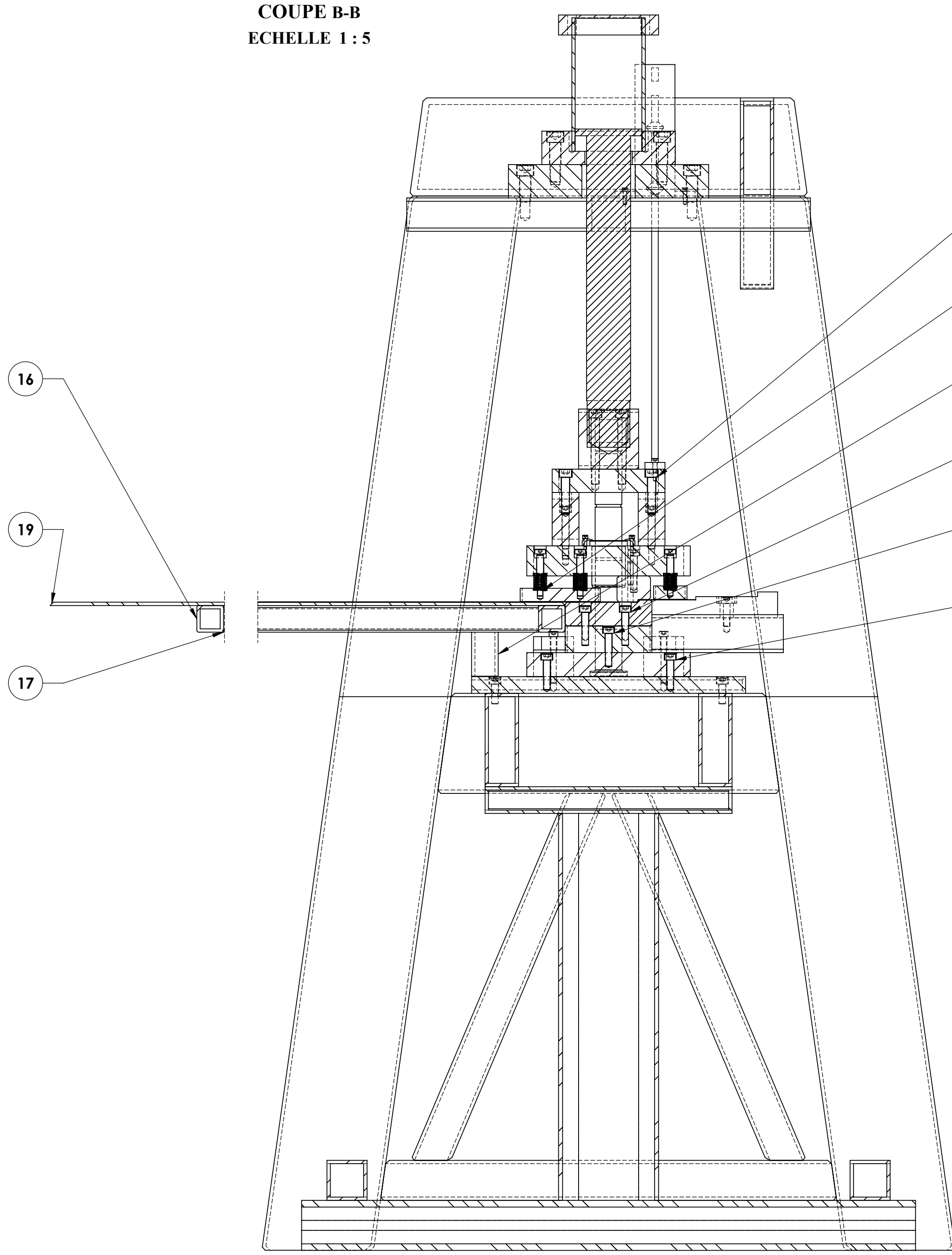


59	15	Vis CHC ISO 7379 - 10 x 50 --- N	XC38	57 HRC
57	10	ISO 4762 M12 x 55 - 36N	XC38	57 HRC
56	2	Goupille ISO ø8 x 36	36NiCrMo16	Trempe
55	6	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	XC38	57 HRC
49	4	Vis CHC ISO 4762 M6 x 16 - 16N	XC38	57 HRC
48	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 55 - 32N	XC38	57 HRC
35	1	Serre flan	E 24	Revêtement extérieure
34	1	Ser flan 2	E 24	Revêtement extérieure
33	15	Ressort	51Si7(55S7)	
32	1	Poinçon	XC 48	49 à 57 HRC
31	4	Fixe de bague de guidage	E 24	Revêtement extérieure
30	2	Bague de guidage 70	XC65 (C60E)	Trempé
29	1	Semelle superieure modifier	E 24	
28	2	Porte semelle 01	E 24	Revêtement extérieure
27	1	Port semelle1	E 24	Revêtement extérieure
26	1	Embot 3	E 24	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3.5		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		TABTI Amel
				ZEGHOUD Youcef
A1		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM

COUPE A-A
ECHELLE 1 : 5



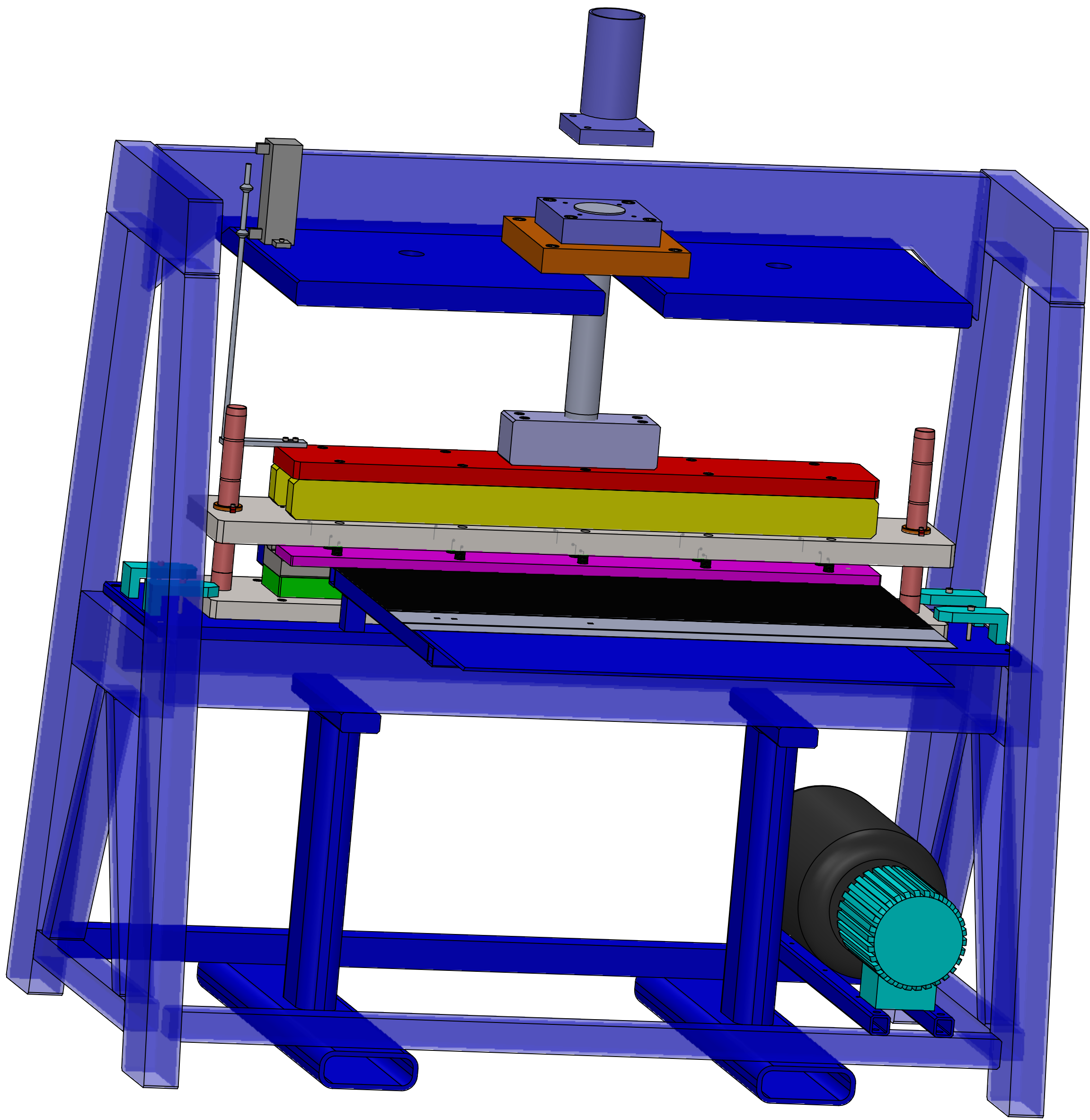
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 5

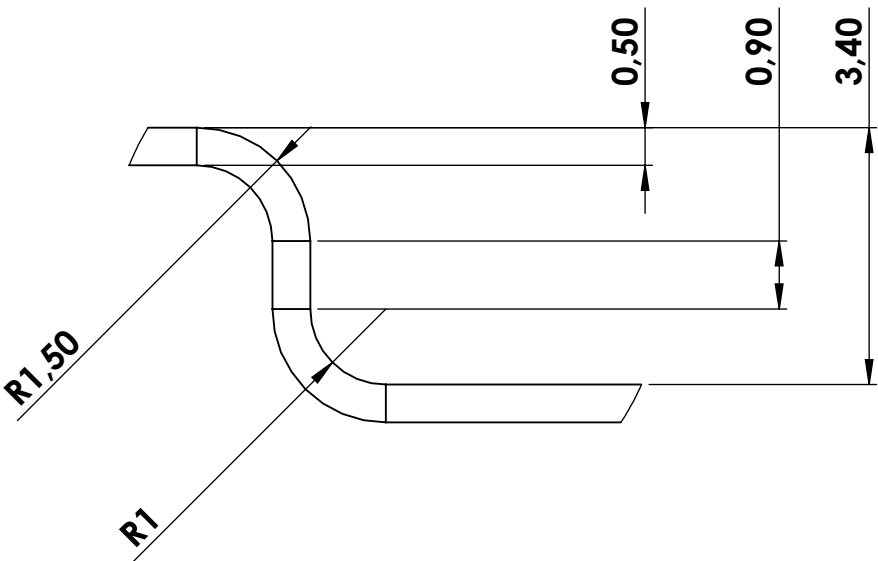
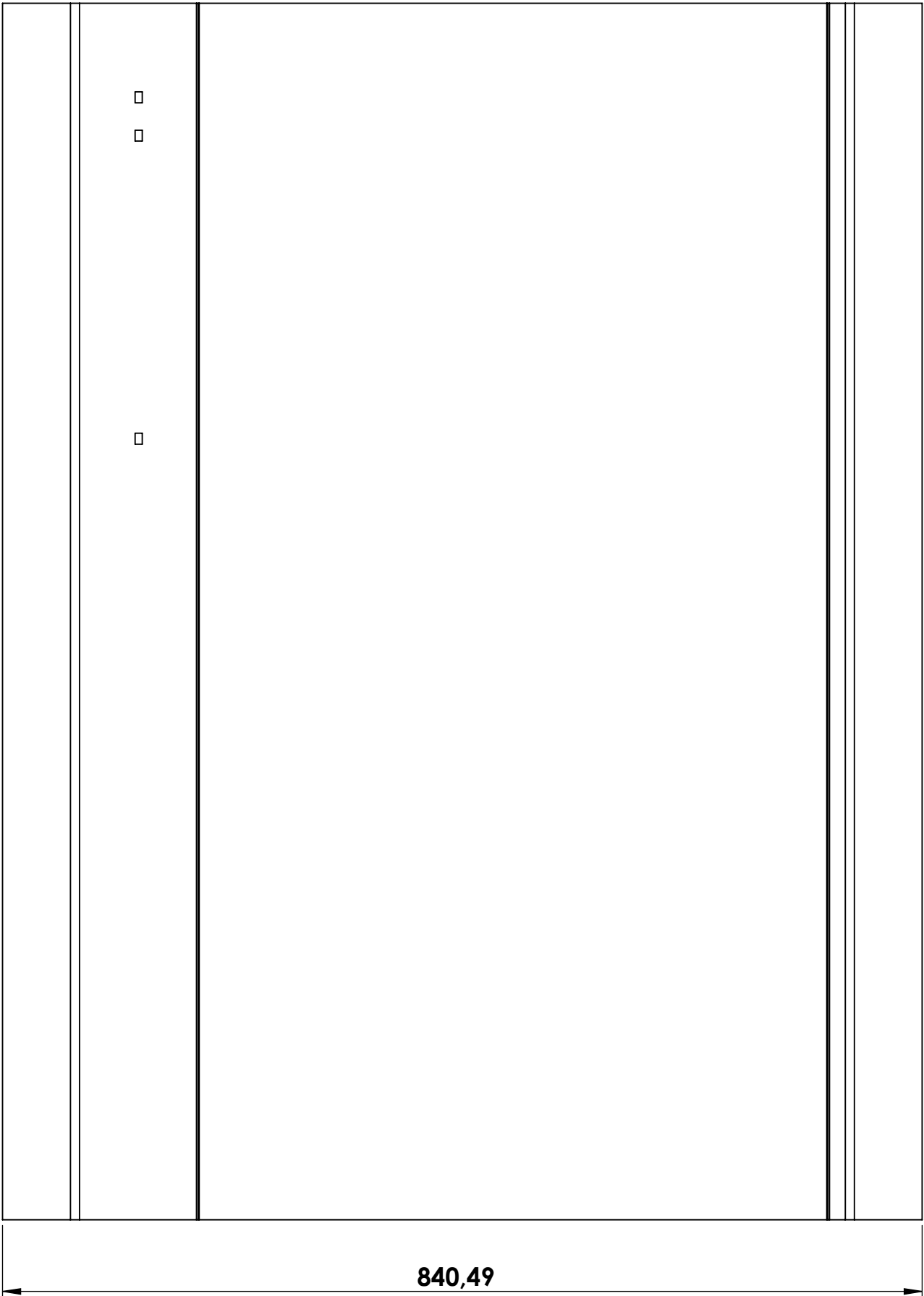
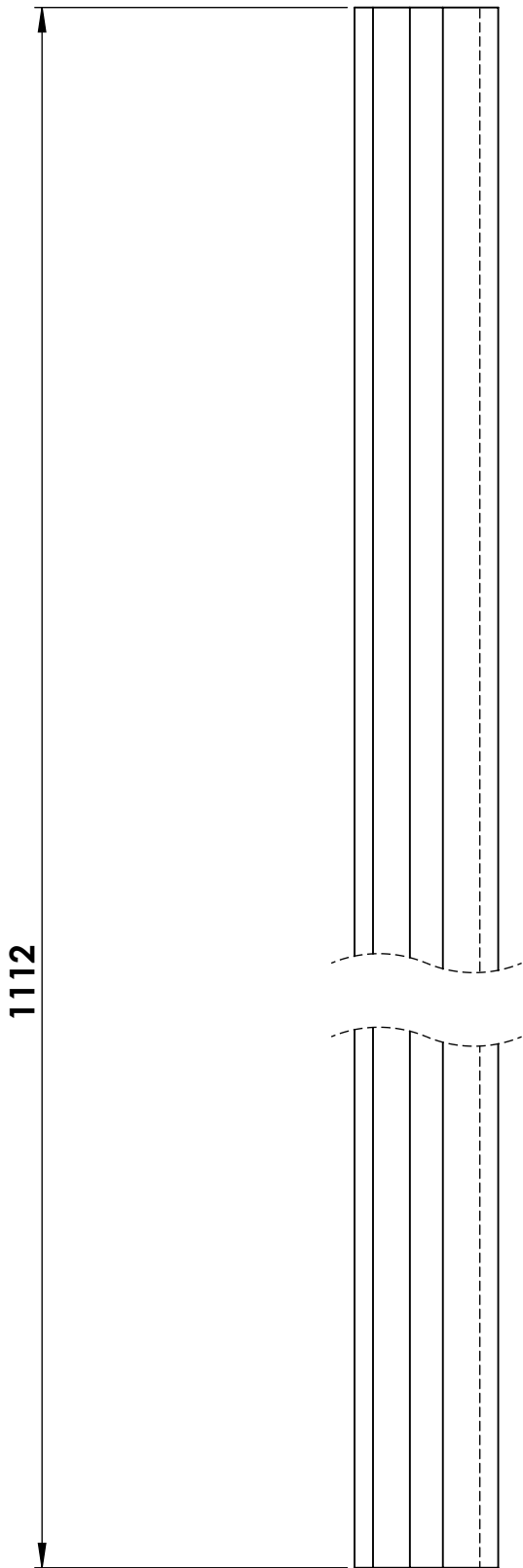
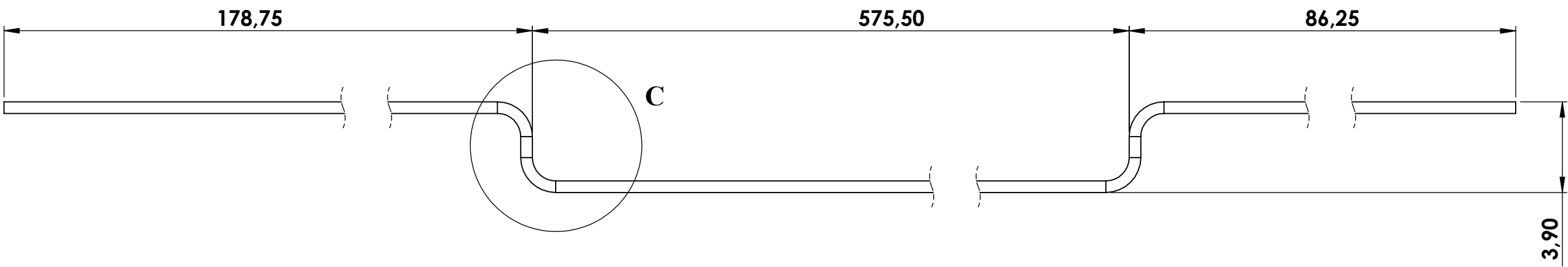


1	2	POUTRE 1	Fe 430	
2	4	POUTRE 2	Fe 430	
3	2	POUTRE 3	Fe 430	
4	2	POUTRE 4	Fe 430	
5	4	POUTRE 5	Fe 430	
6	2	POUTRE 6	Fe 430	
7	2	POUTRE 7	Fe 430	
8	2	POUTRE 8	Fe 430	
9	2	POUTRE 9	Fe 430	
10	2	POUTRE 10	Fe 430	
11	2	Support de la poutre 7	Fe 430	
12	1	Table	Fe 430	
13	1	Support de verin modifier 2	Fe 430	
14	1	Support de verin modifier	Fe 430	
15	2	Support de moteur	Fe 430	
16	2	Tube carré	Fe 430	
17	2	Tube carré 2	Fe 430	
18	2	Tube carré 3	Fe 430	
19	1	Table 2	Fe 430	
20	1	Semelle inferieur modifier	E 24	
21	2	Port de guide	E 24	
22	2	Guide	E 24	
23	2	Colonne de guidage 400	X200Cr12	Trempé
24	1	Porte matrice	E 24	
25	1	Matrice	XC 48	Trempé
26	1	Embot 3	E 24	
27	1	Port semelle 1	E 24	
28	2	porte semelle 01	E 24	
29	1	Semelle superieure modifier02	E 24	
30	2	Bague de guidage 70	105WCr6	
31	4	Fixe de bague de guidage	E 24	
32	1	Poincon 2	XC 48	Trempé
33	15	Ressort	51Si7(55S7)	
34	1	Serre flan 2	XC 48	
35	1	Serre flan	XC 48	
36	4	Bride	E 24	
37	1	Pièce 2		
38	1	Cylindre de verin		
39	1	Tige de verin diamètres 70		
40	1	Pièce 6		
41	1	Détecteur de debut et fin de course		
42	1	Pièce1		
43	1	Moteur asynchrone 5kw		
44	1	Pompe		
45	1	Capteur		
46	1	PORTE INF TN 2000		
47	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 60 - 60N	C35(XC38)	
48	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 40 - 40N	C35(XC38)	
49	1	Vis CHC ISO M10	C35(XC38)	
50	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 55 - 32N	C35(XC38)	
51	4	Vis CHC ISO 4762 M10 x 65 - 32N	C35(XC38)	
52	1	Vis CHC ISO M8 x 13	C35(XC38)	
53	3	Vis CHC ISO M8 x 13	C35(XC38)	
54	2	Vis CHC ISO 4762 M10 x 35 - 35N	C35(XC38)	
55	4	Vis CHC ISO M10 x 60	C35(XC38)	
56	2	Vis CHC ISO 4762 M6 x 16 - 16N	C35(XC38)	
57	14	Vis CHC ISO 4762 M10 x 45 - 32N	C35(XC38)	
58	2	Goupille ISO ø8 x 36	36NiCrMo16	Trempé
59	3	Vis CHC ISO 4762 M10 x 20 - 20N	C35(XC38)	
60	1	Vis CHC ISO 4762 M10 x 30 - 30N	C35(XC38)	
61	10	Vis CHC ISO 4762 M10 x 40 - 40N	C35(XC38)	
62	4	Vis CHC ISO 4762 M10 x 50 - 32N	C35(XC38)	
63	10	Vis CHC ISO 4762 M12 x 55 - 36N	C35(XC38)	
64	4	Vis CHC ISO 4762 M12 x 100 - 36N	C35(XC38)	
65	15	Vis CHC ISO 7379 - 10 x 50 --- N	C35(XC38)	

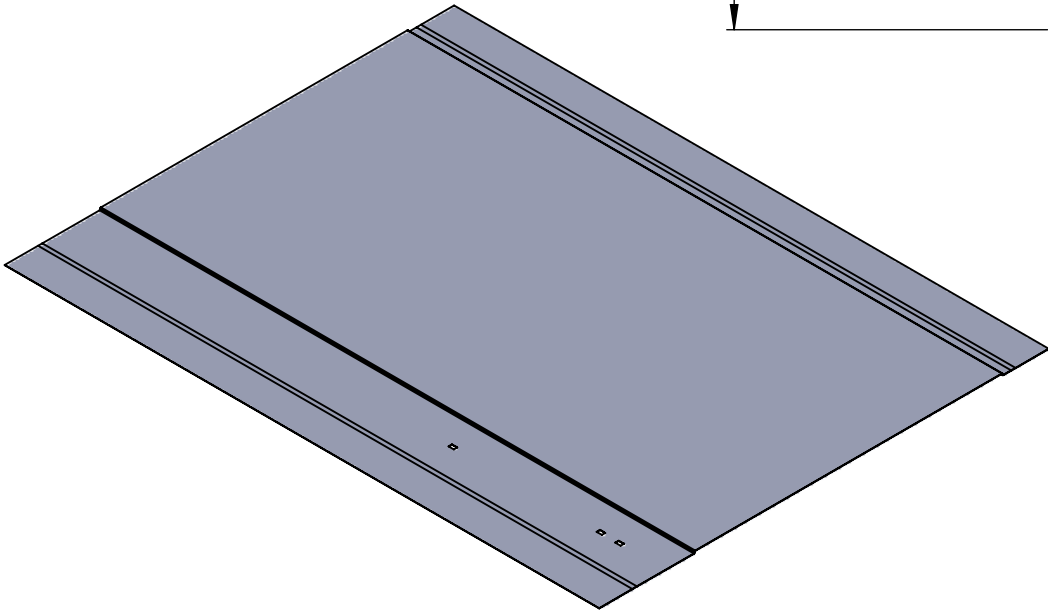
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE		TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
				
A0				
F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM	

MATIER	COMPOSITION	DURETE
XC 48	0.35% c 0.5 à 0.8% Mn 0.1 à 0.4% Si	49 à 57 HRC
C35	0.35% c 0.5 à 0.8% Mn 0.1 à 0.4% Si	57 HRC



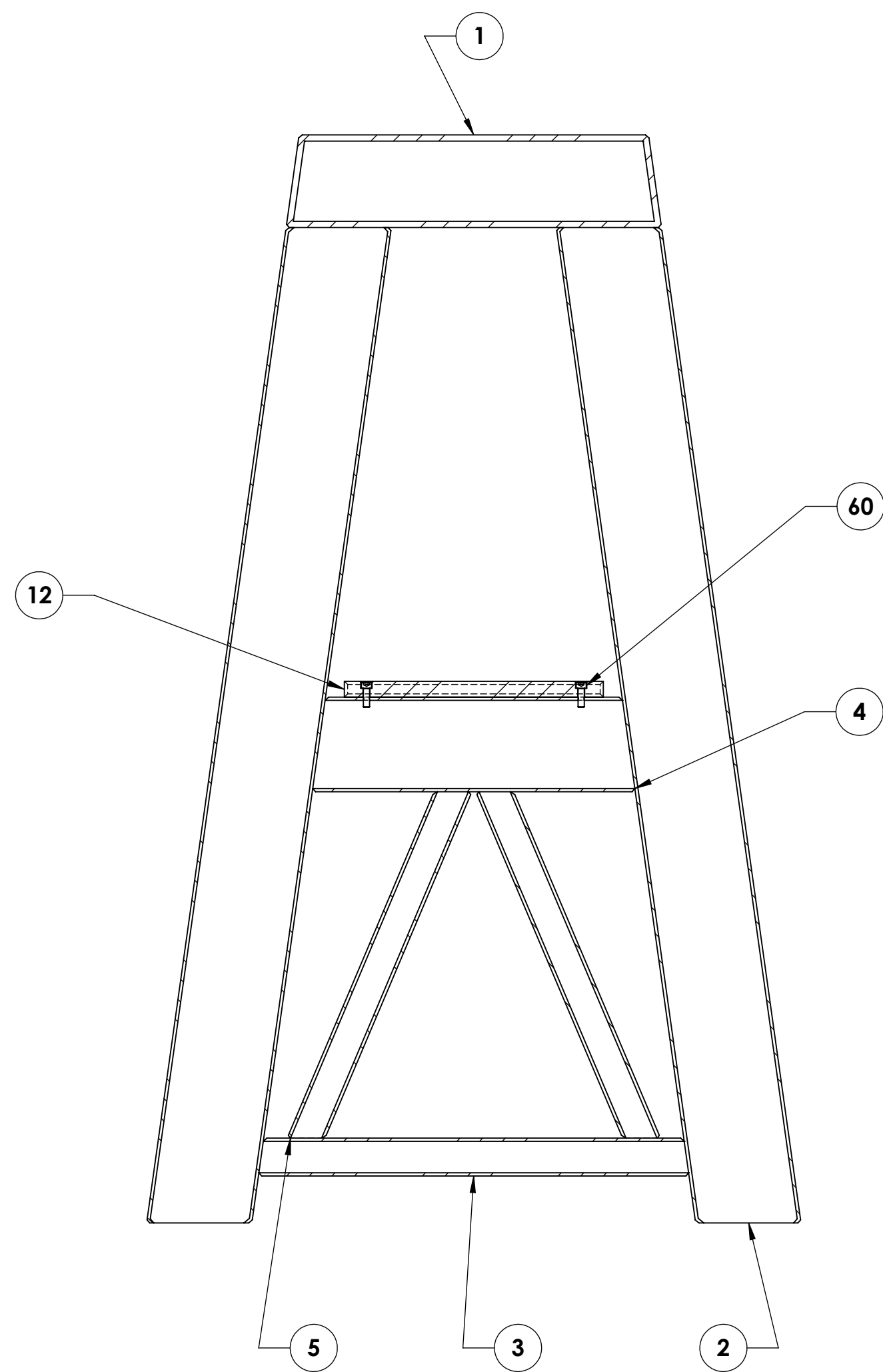


DÉTAIL C
ECHELLE 10 : 1

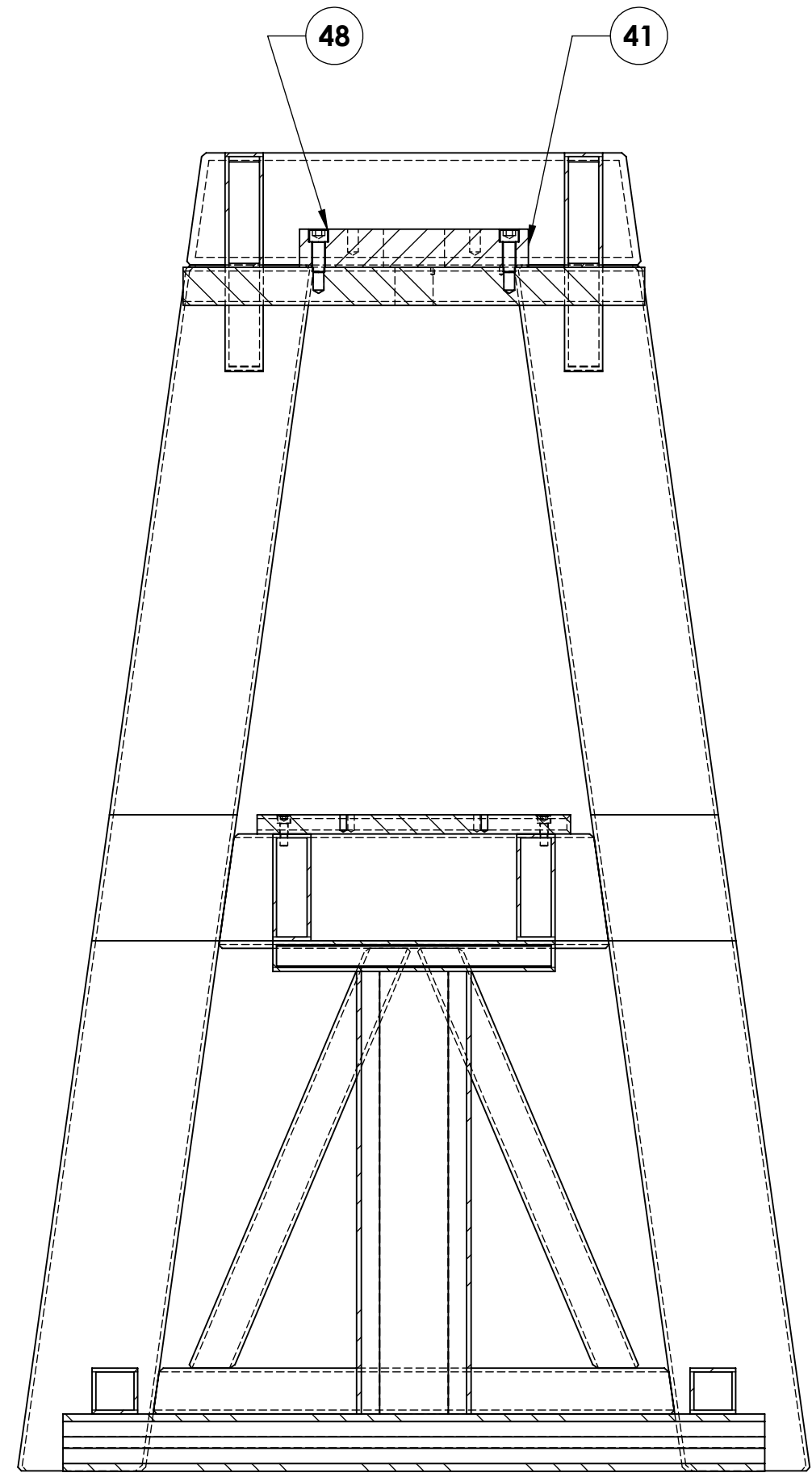
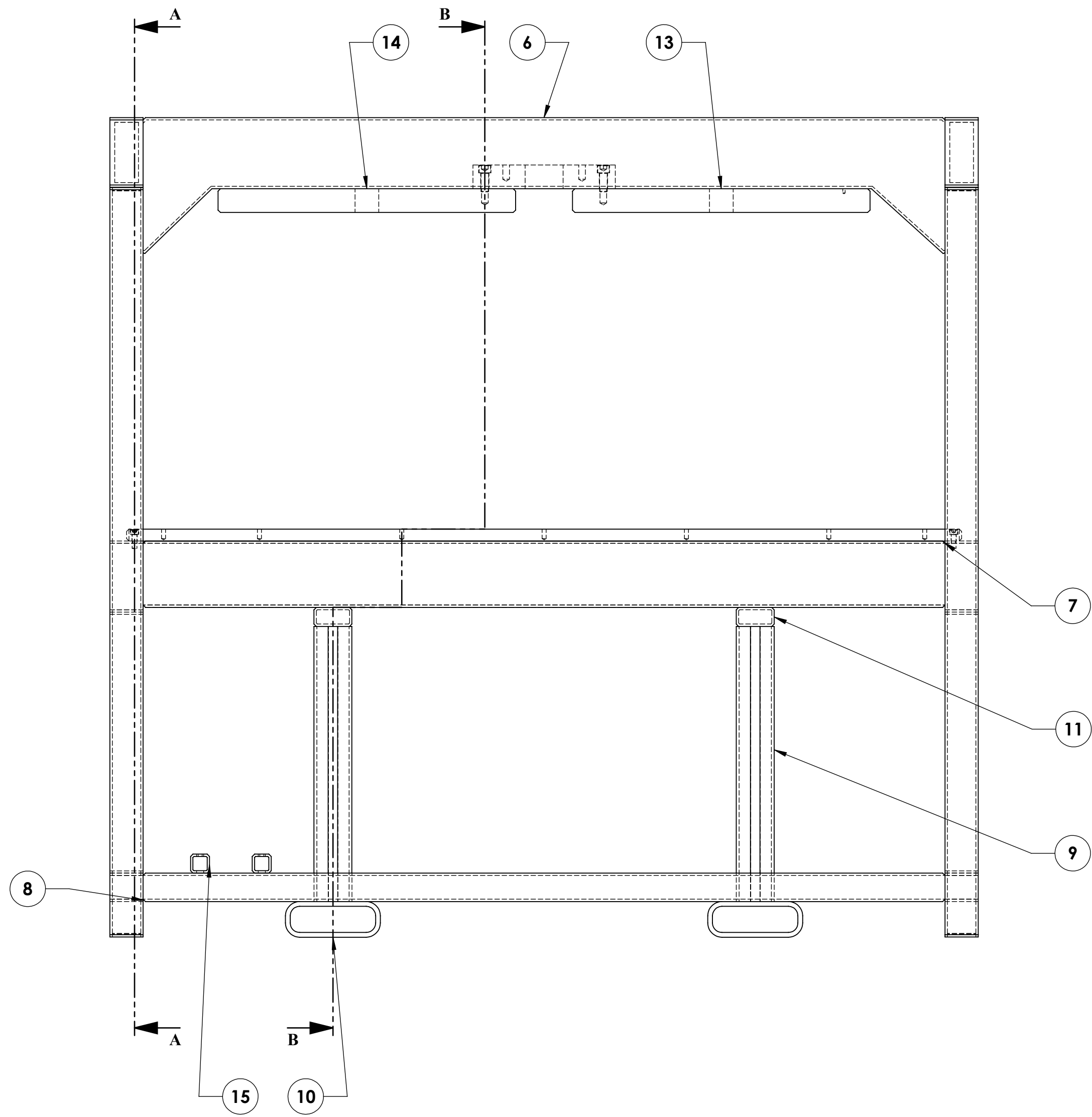


IT= $\pm 0,02$ Rm N/mm² =270/370 Re N/mm² = 140/240

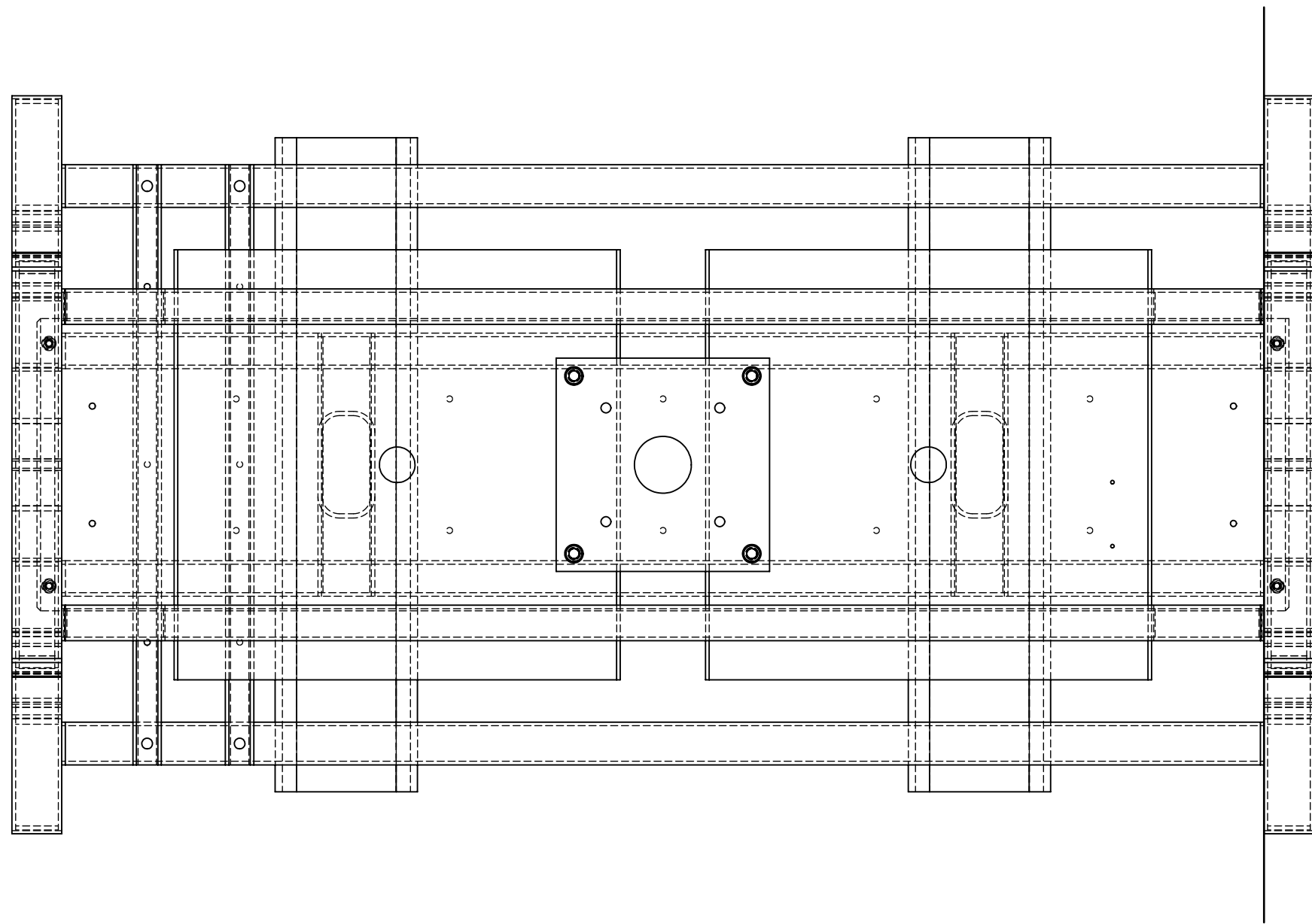
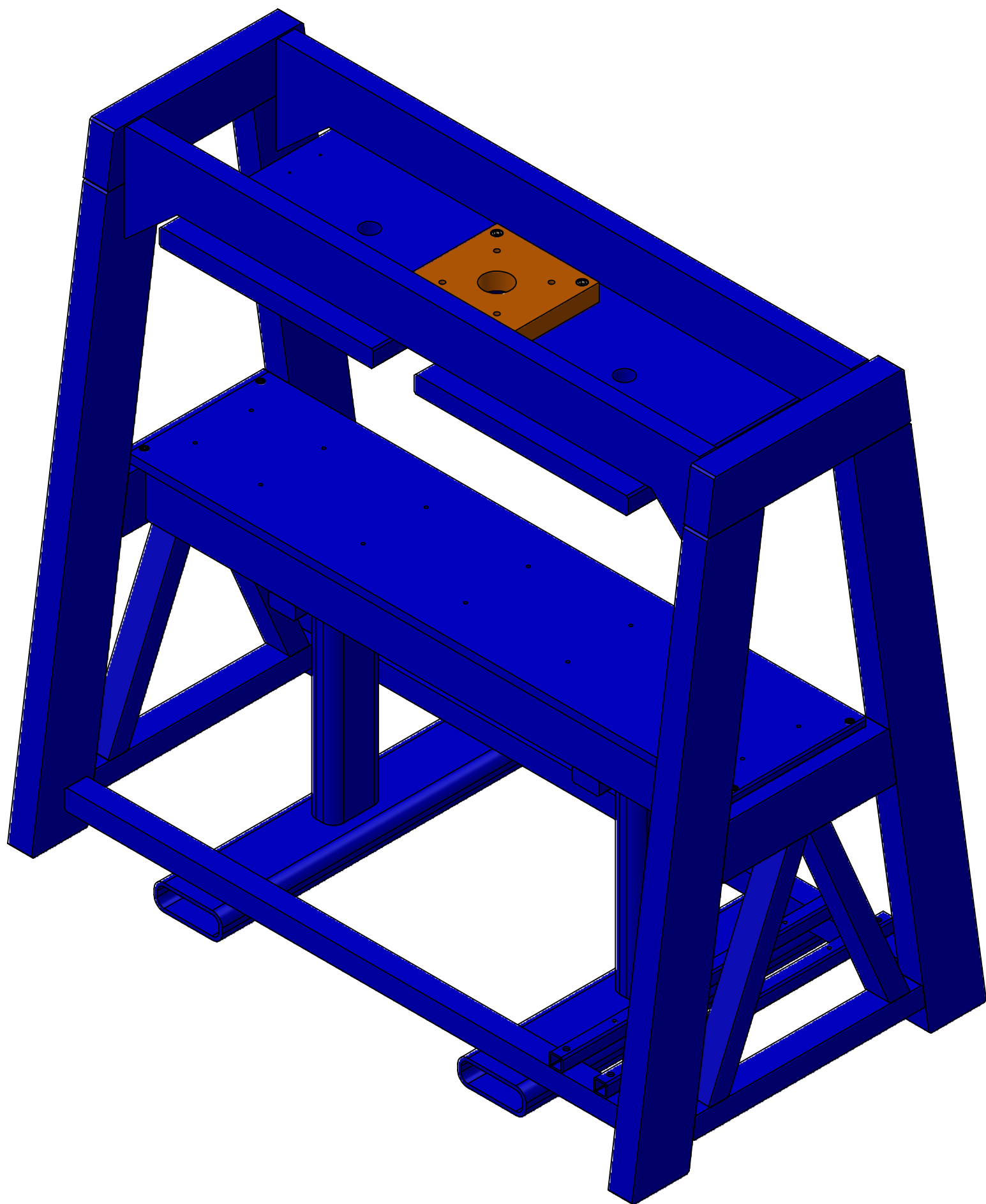
0.10	0.035	0.035	0.45	-
C	P	S	Mn	Ti
Composition chimique en %				
Echelle: 1:5	Portes du réfrigérateur TN 2000	Aspect de surface selon la norme NF EN 10130 : A	TABTI Amel	
			ZEGHOUD Youcef	
A2	F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM	

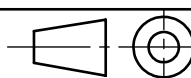


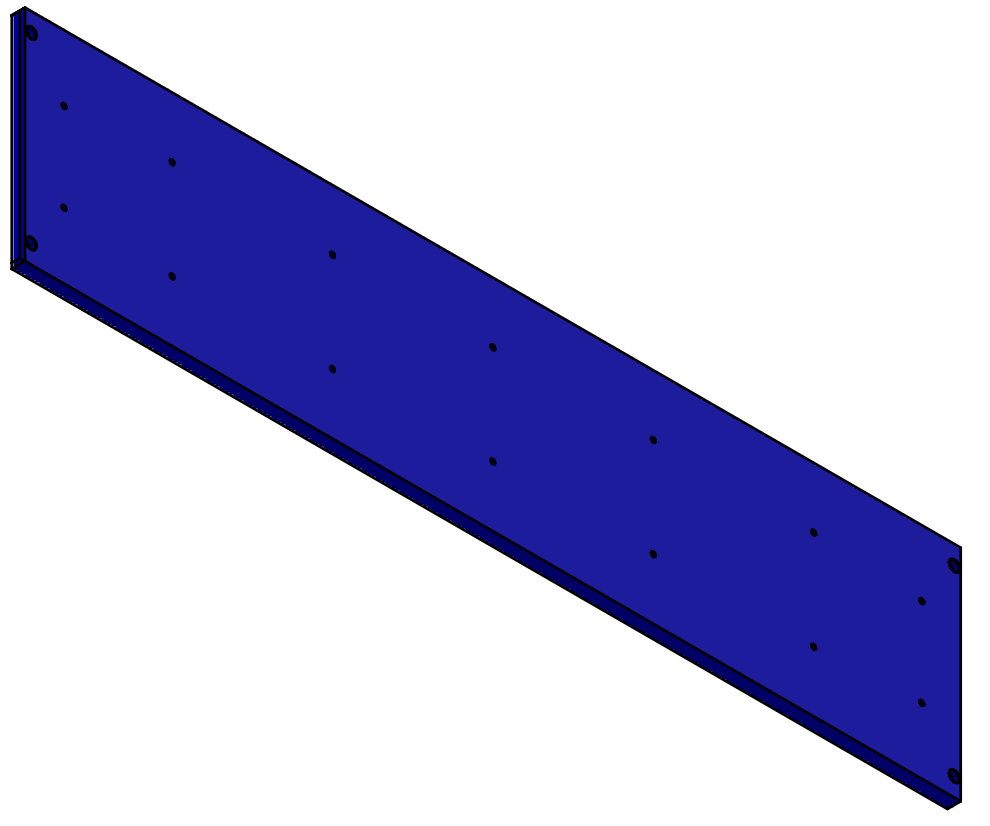
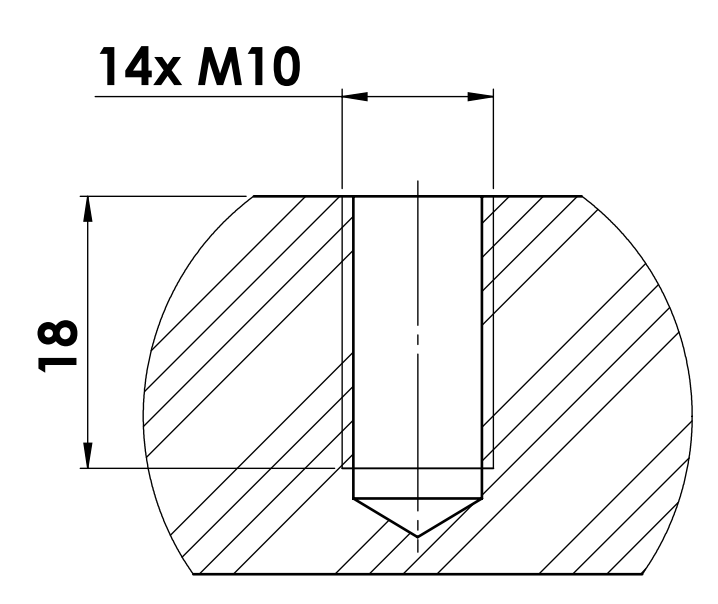
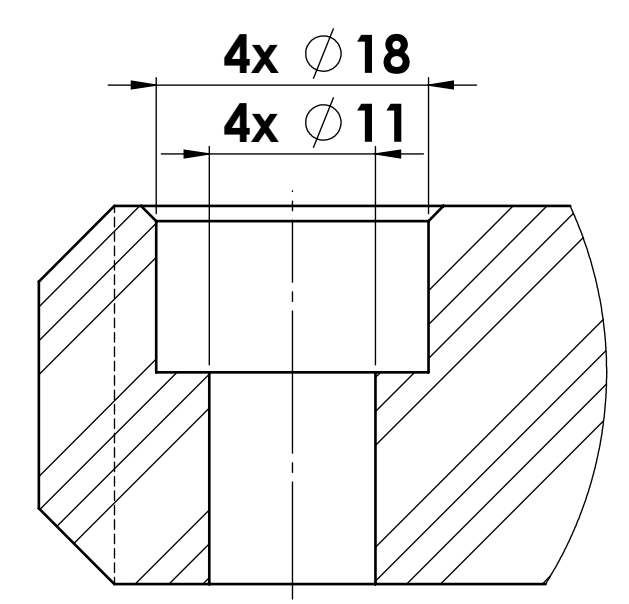
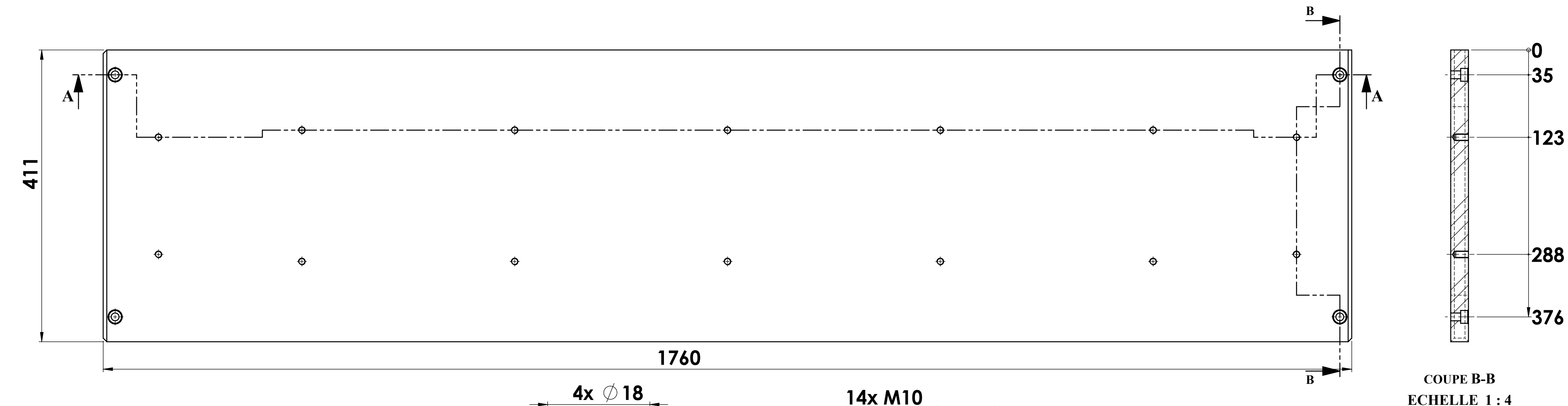
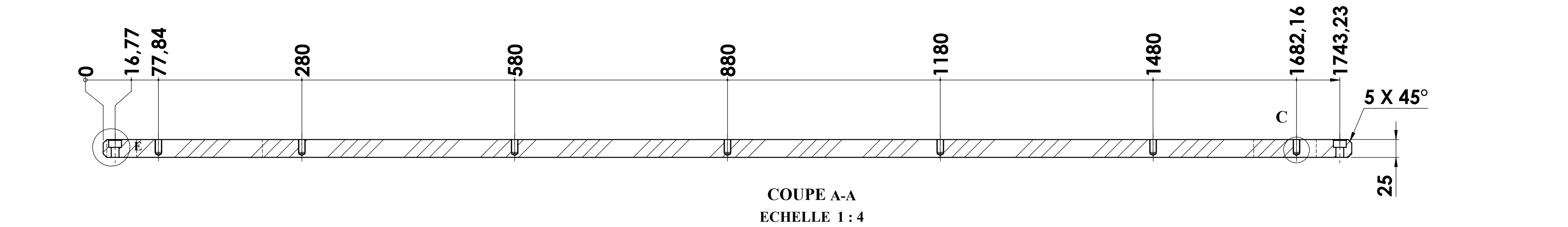
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 8



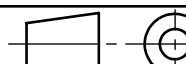
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 8

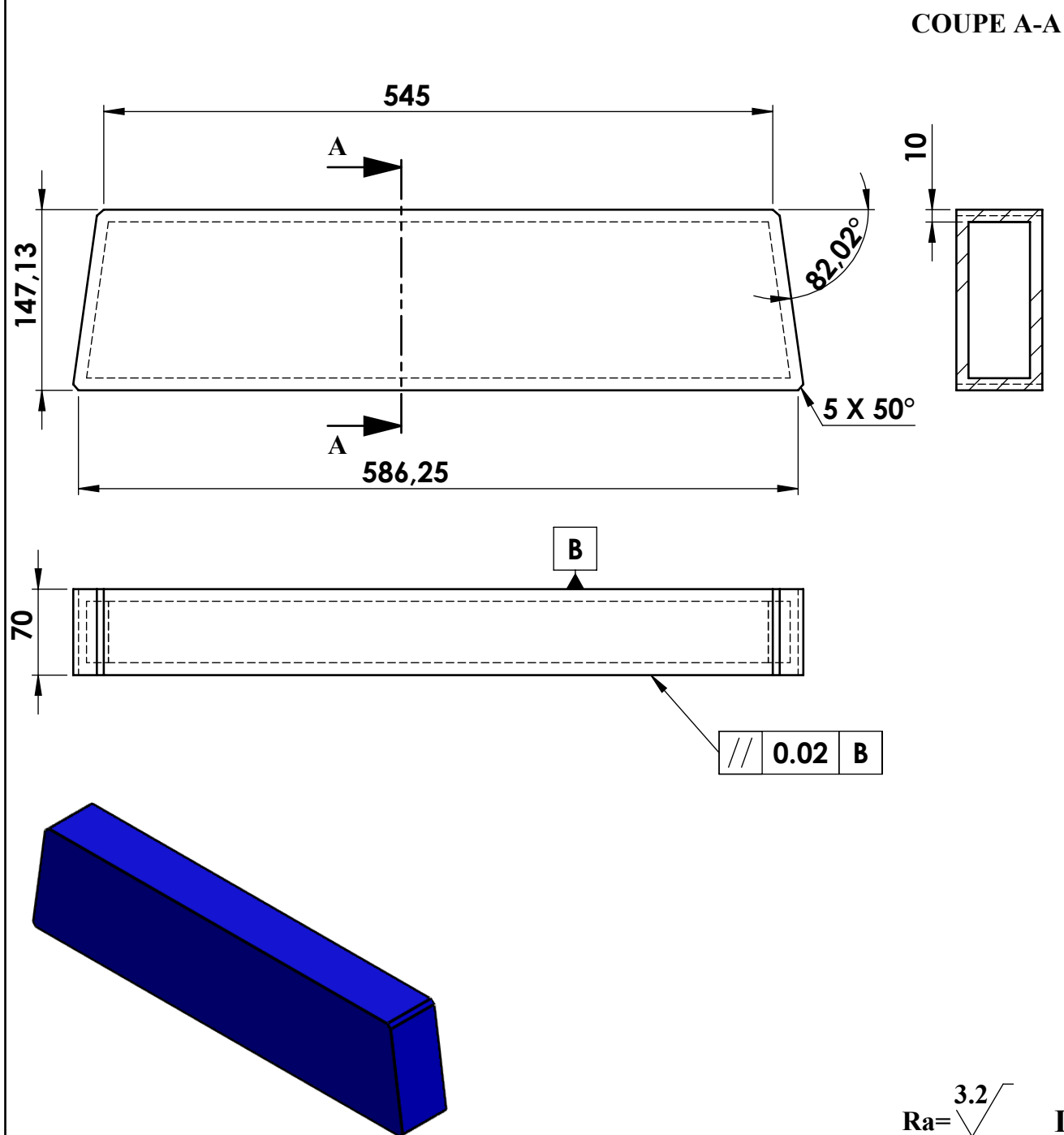


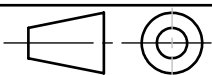
61	4	Vis CHC ISO 4762 M10 x 20 - 20N	XC38	39/44 HRc
48	4	Vis CHC ISO 4762 M16 x 40 - 40N	XC38	39/44 HRc
41	1	Pièce 6	Fe 430	Revetement extérieur
15	2	Suport de moteur	Fe 430	Revetement extérieur
14	1	Suport de verin modifier 1	Fe 430	Revetement extérieur
13	1	Suport de verin modifier 2	Fe 430	Revetement extérieur
12	1	Table	Fe 430	Revetement extérieur
11	2	Support de la poutre 7	Fe 430	Revetement extérieur
10	2	POUTRE 10	Fe 430	Revetement extérieur
9	2	POUTRE 9	Fe 430	Revetement extérieur
8	2	POUTRE 8	Fe 430	Revetement extérieur
7	2	POUTRE 7	Fe 430	Revetement extérieur
6	2	POUTRE 6	Fe 430	Revetement extérieur
5	4	POUTRE 5	Fe 430	Revetement extérieur
4	2	POUTRE 4	Fe 430	Revetement extérieur
3	2	POUTRE 3	Fe 430	Revetement extérieur
2	4	POUTRE 2	Fe 430	Revetement extérieur
1	2	POUTRE 1	Fe 430	Revetement extérieur
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:8		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		TABTI Amel
				ZEGHOUD Youcef
A1		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM



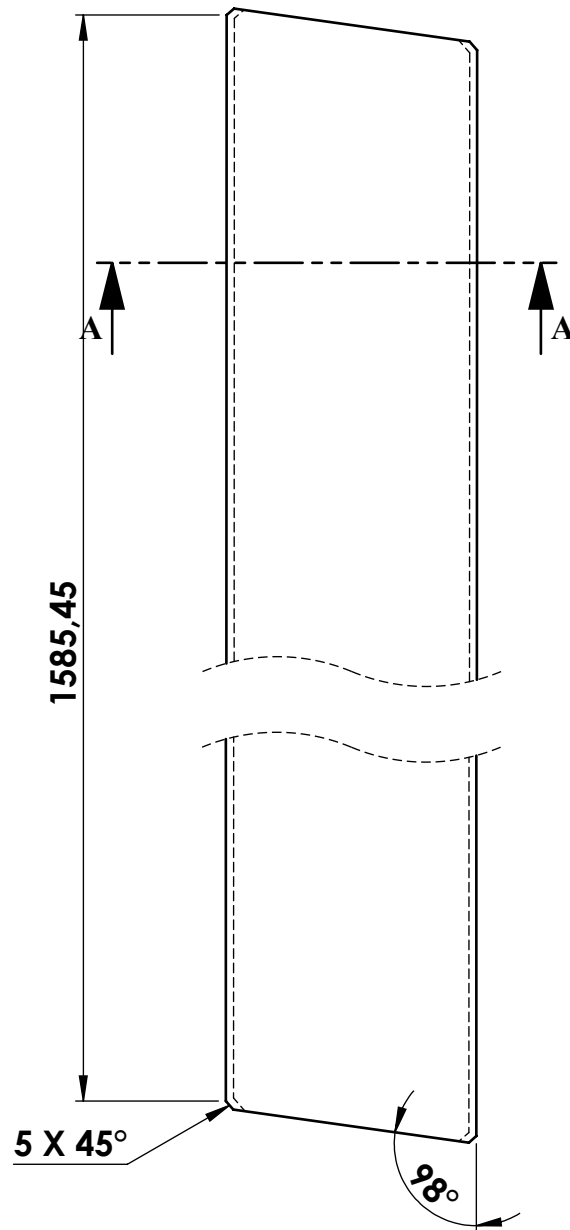
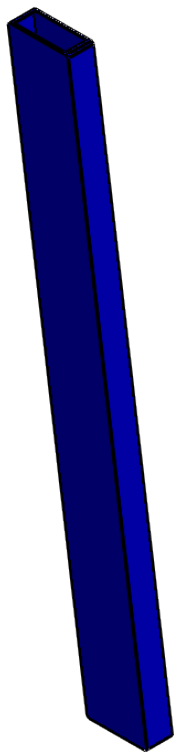
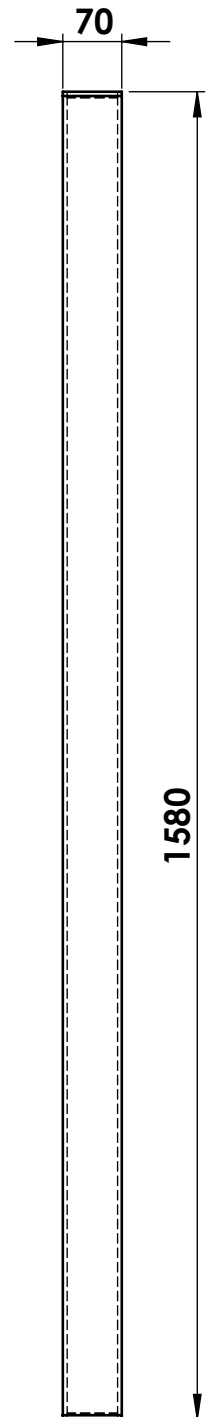
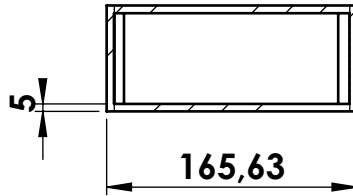
Ra= 3.2
IT=±0.5

12	1	La table	Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
1:4			Masse = 140541.45 g	ZEGHOUD Youcef
			CODE ACTIVE:A	
A2	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

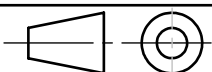


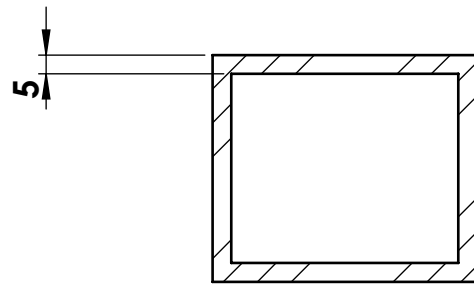
1	2	Poutre 01		Fe 430	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matiere	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 18675.78 g	TABTI Amel	
1:5				ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

COUPE A-A
ECHELLE 1 : 5

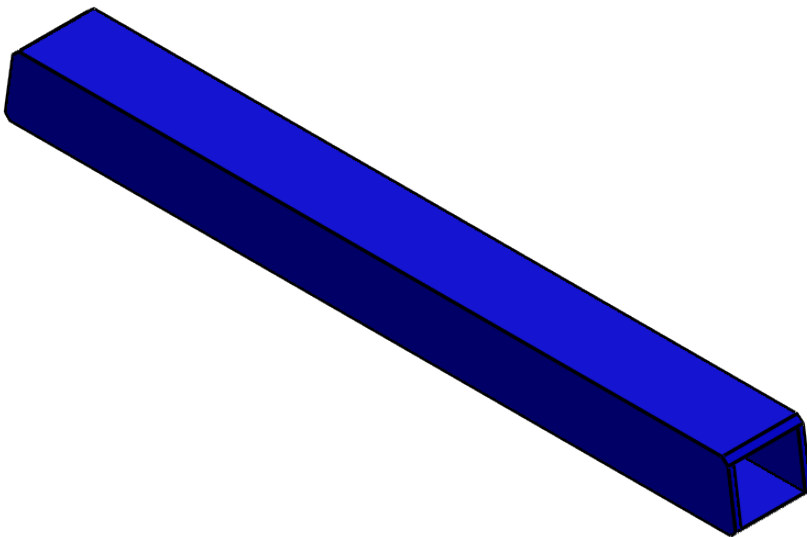
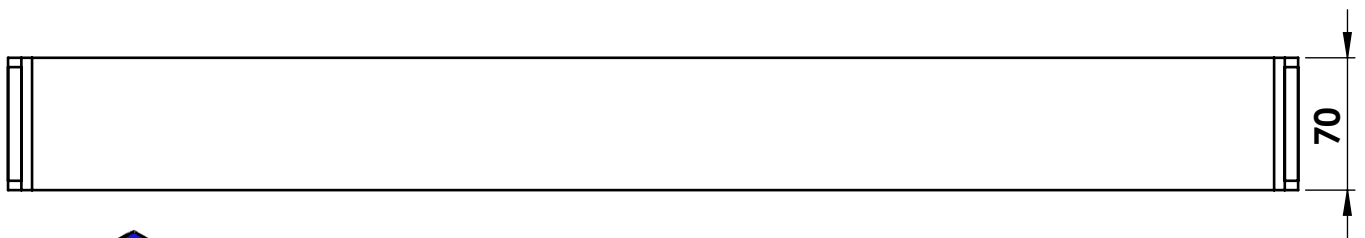
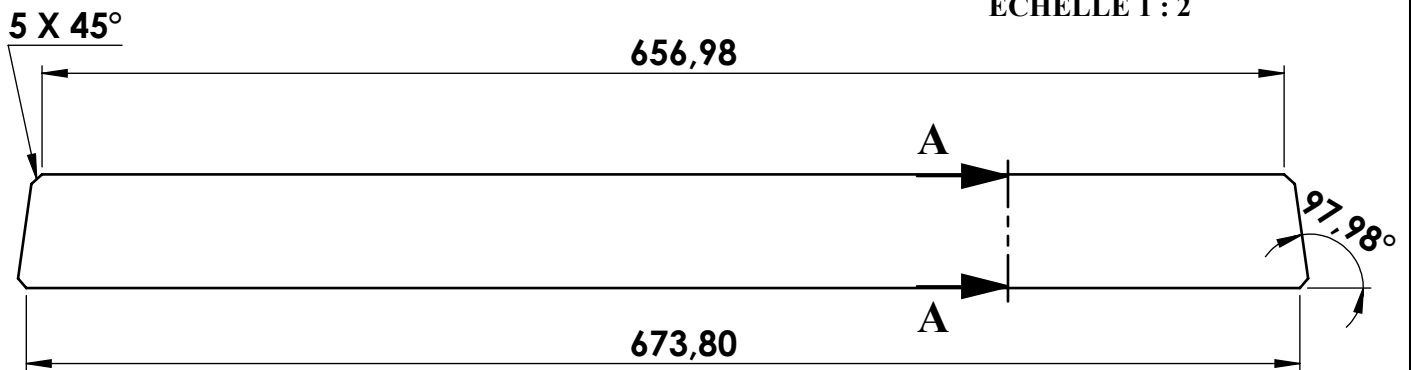


$Ra = \sqrt{3.2}$ IT=0.5

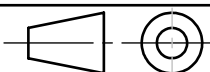
2	4	Poutre 02		Fe 430	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matiere	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 28097.83 g	TABTI Amel	
1:9				ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



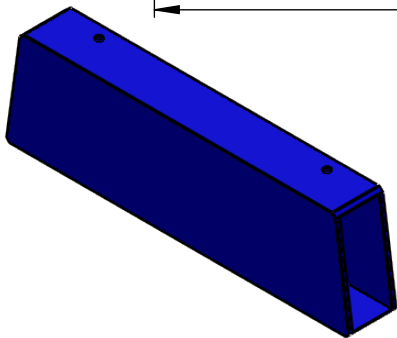
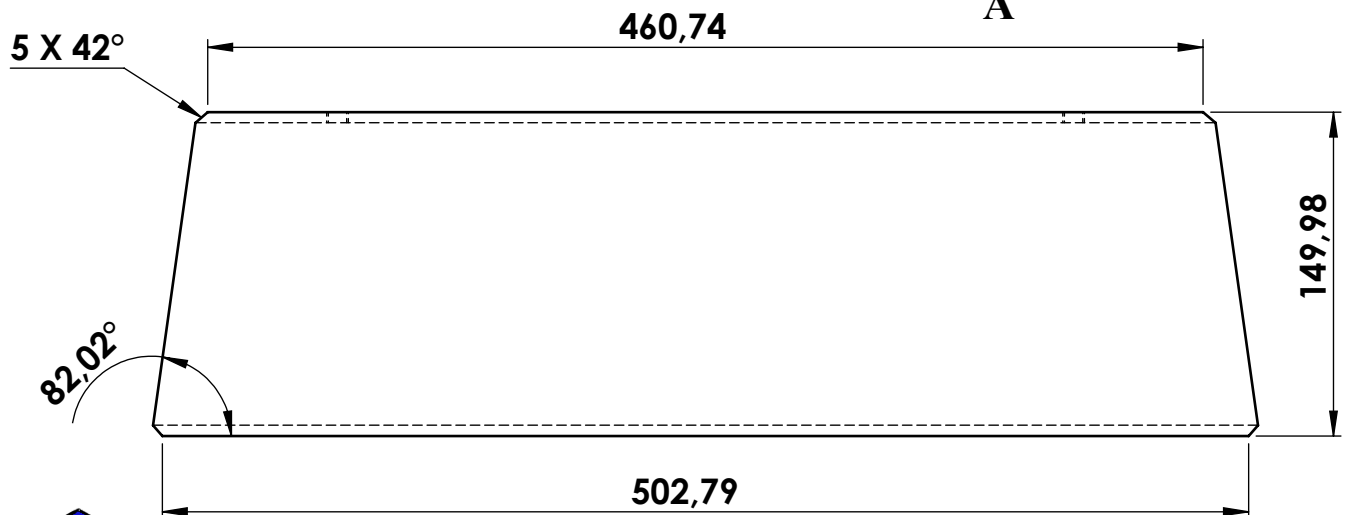
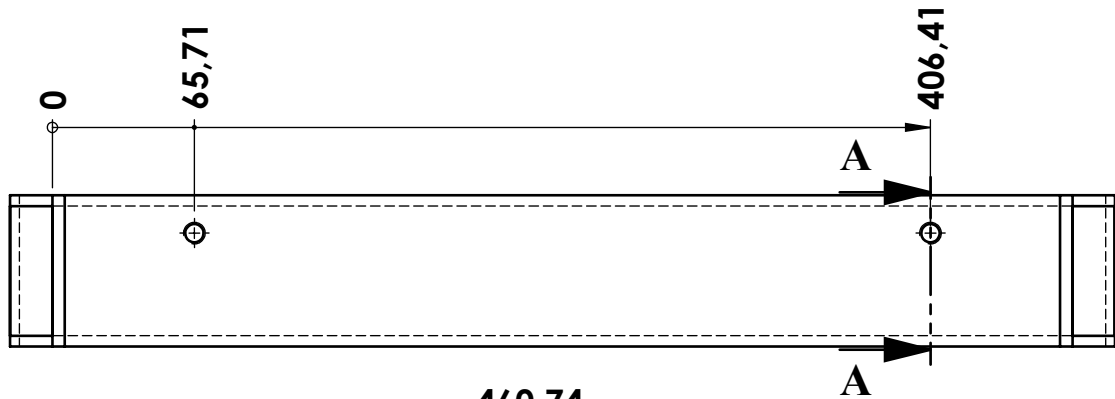
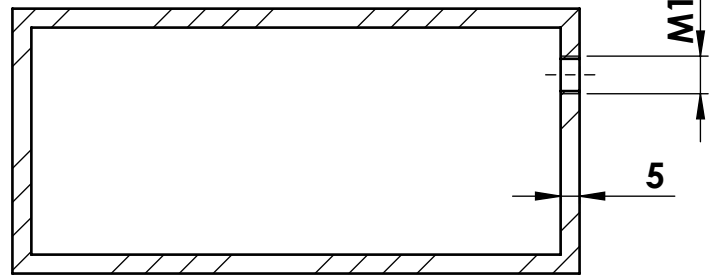
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 2



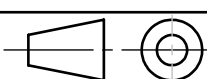
Ra= $\sqrt{3.2}$ IT=0.5

3	2	Poutre 03		Fe 430	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel
1:4				Masse = 6294.20 g	ZEGHOUD Youcef
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

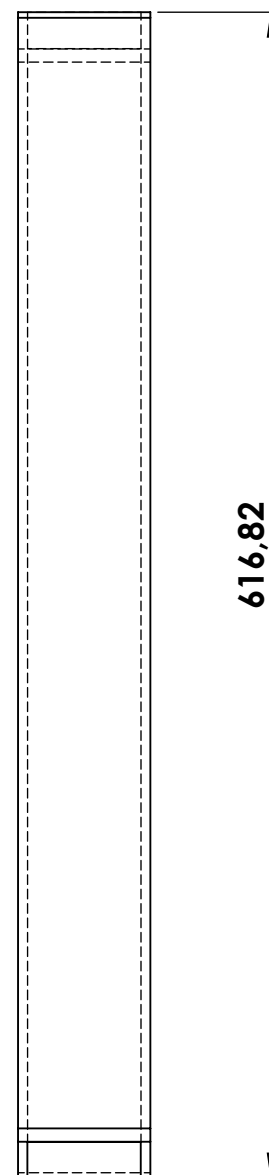
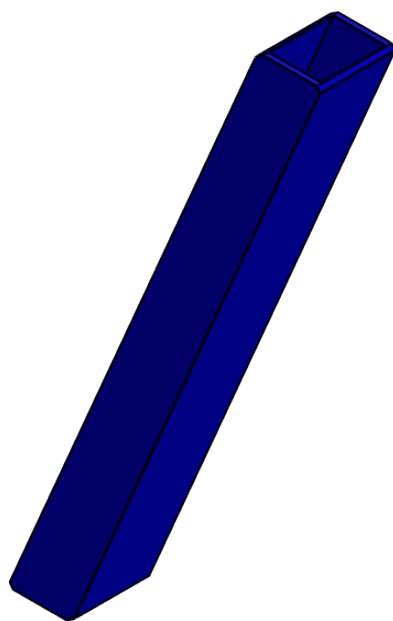
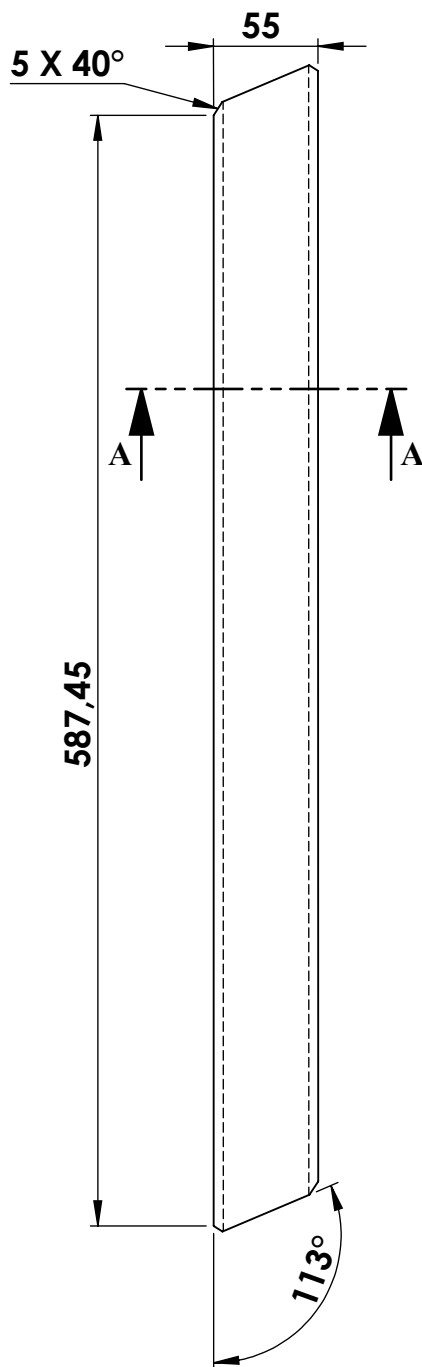
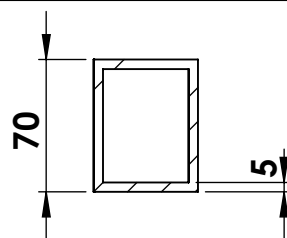
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 2



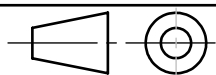
$Ra = \sqrt{3.2}$ IT=0.5

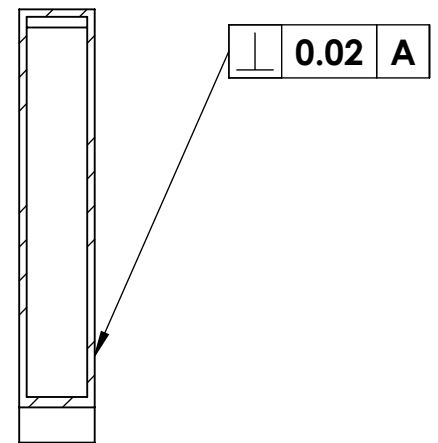
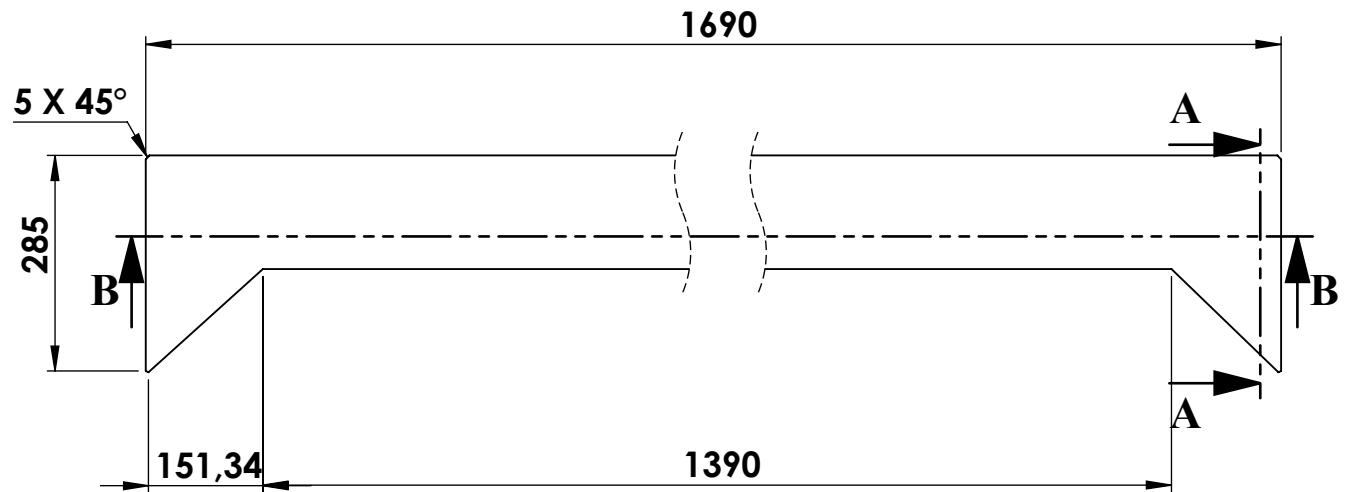
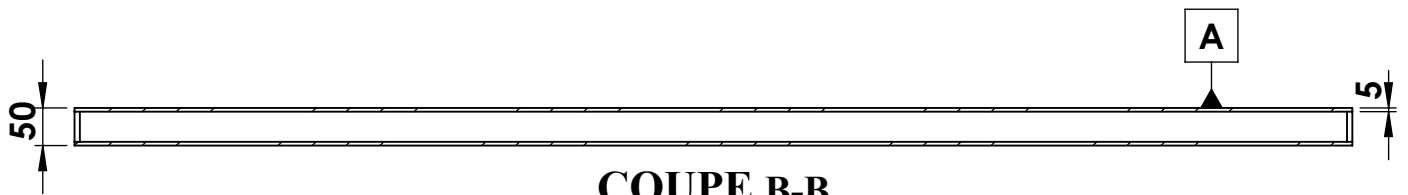
4	2	Poutre 04		Fe 430	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle: 1:3.5		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
			Masse = 8022.90 g	ZEGHOUD Youcef	
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

COUPE A-A



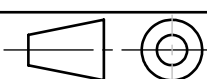
Ra= $\sqrt{3.2}$ IT=0.5

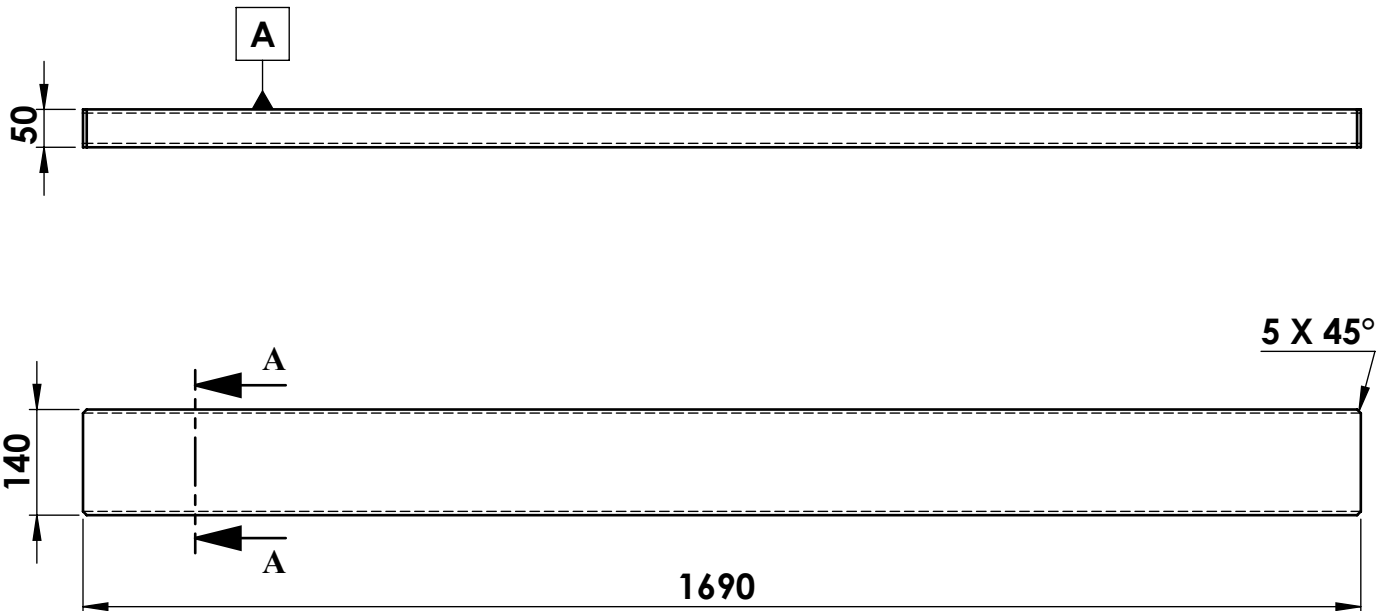
5	4	Poutre 05		Fe 430	Revêtement extérieure
Ref	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3	TABTI Amel	
1:4			Masse = 5344.95 g	ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM



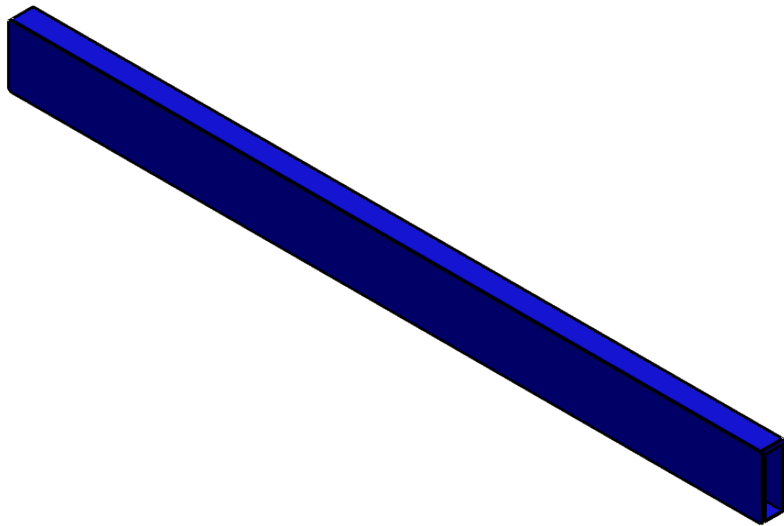
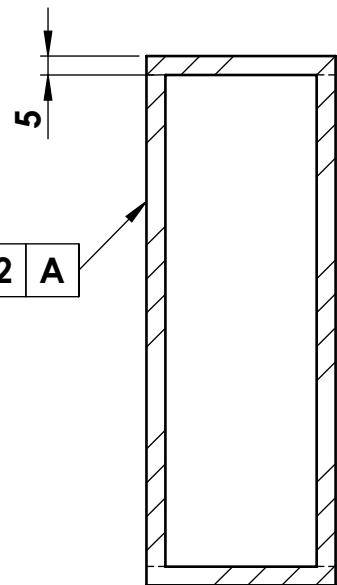
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 5

$Ra = \sqrt{3.2}$ IT=0.5

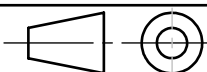
7	2	Poutre 07		Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation		Matière	Observation
Echelle: 1:10		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUITISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 26856.62 g	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

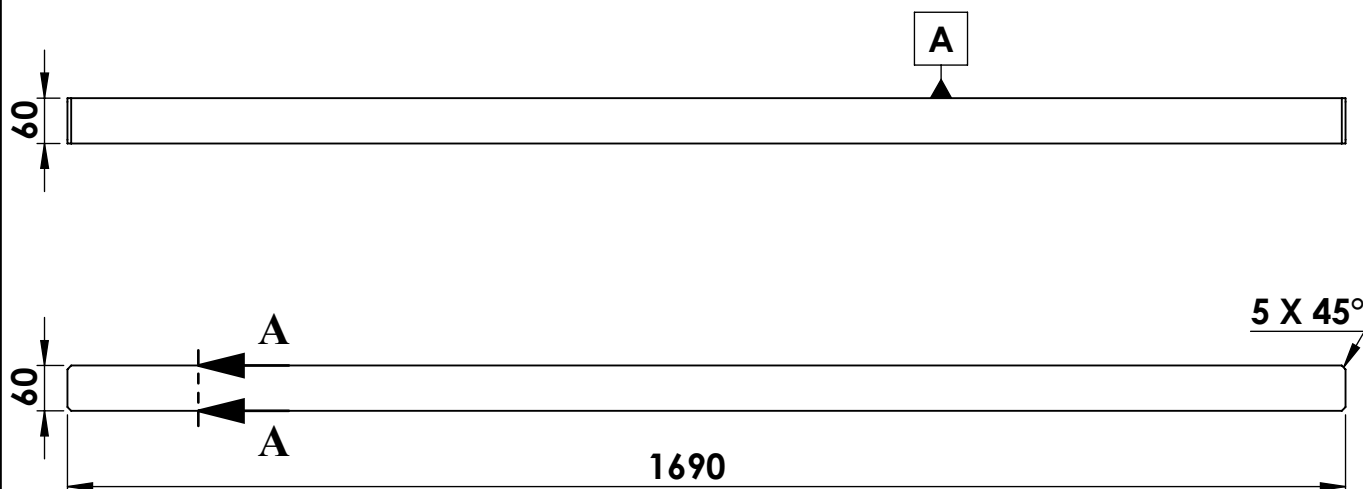


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 2

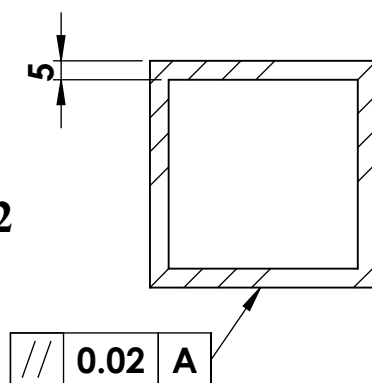


Ra= $\sqrt{3.2}$ IT=0.5

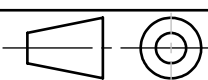
7	2	Poutre 07		Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation		Matiere	Observation
Echelle:		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 23708.10 g	TABTI Amel	
1:10				ZEGHOUD Youcef	
					
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM

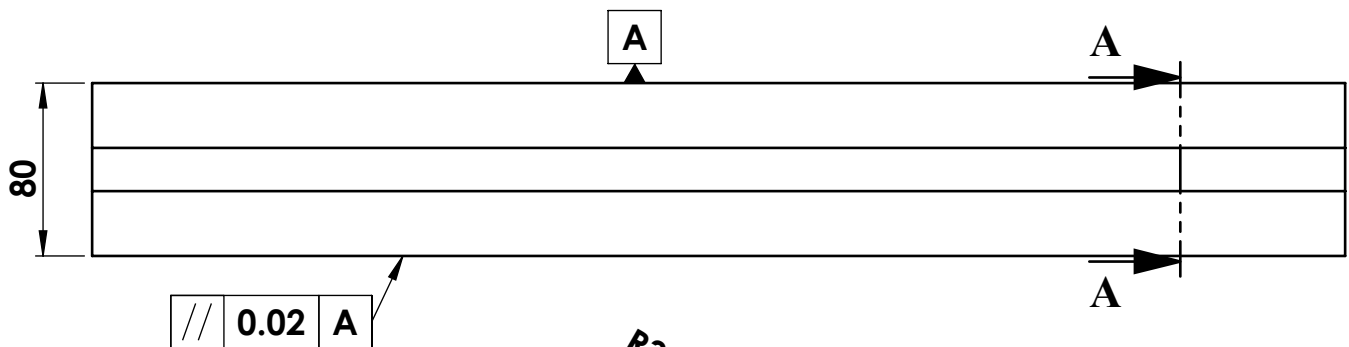
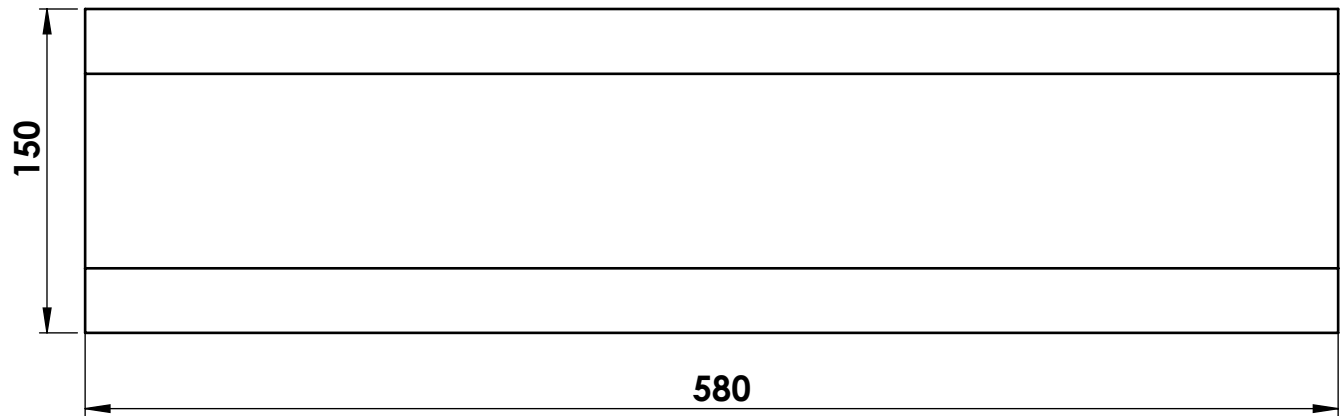


**COUPE A-A
ECHELLE 1 : 2**



Ra= $\sqrt{3.2}$ IT=±0.5

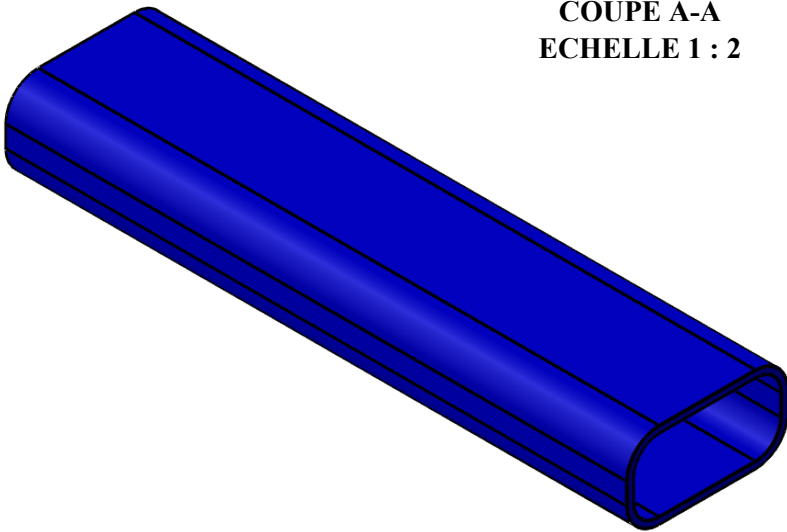
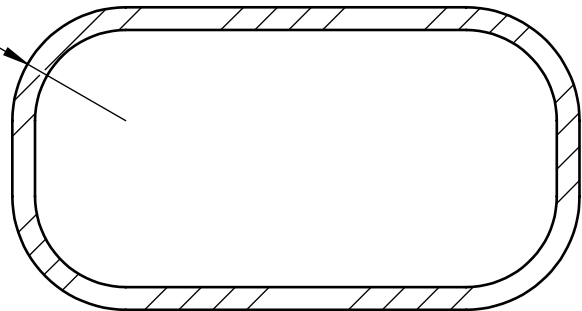
8	2	Poutre 08	Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:10 		PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000	Densité = 0.01 g/mm3 Masse = 14476.80 g	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A4		F.G.C Université Mouloud Mammeri		M2 CM



/// 0.02 A

R30

COUPE A-A
ECHELLE 1 : 2



$Ra = \sqrt{3.2}$ IT ± 0.5

9	2	Poutre 09	Fe 430	Revêtement extérieure
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3.5	PRESSE HYDRAULIQUE D'EMBOUTISSAGE PORTES TN 2000		Densité = 0.01 g/mm ³ Masse = 10576.55 g	TABTI Amel ZEGHOUD Youcef
A4	F.G.C Université Mouloud Mammeri			M2 CM