

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI de TIZI-OUZOU



Faculté du Génie de la Construction
Département Génie Mécanique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en Génie
Mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Thème

Etude et conception d'un outil d'emboutissage-
poinçonnage pour « Languette » d'un radiateur à gaz
«ENIEM »

Proposé par :
L'Entreprise Electroménager ENIEM

Encadré par :
Mr. HACHOUR Kamel

Réalisé par :
Mm DJEBRA Thileli

Promotion 2018/2019

Remerciements

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur Mr. HACHOUK pour son aide et ses conseils pour l'aboutissement de ce travail, qu'il trouve ici ma profonde gratitude et mon respect.

Je tiens à remercier aussi tous le personnel au niveau de l'entreprise ENJEM pour leurs aides durant le stage et surtout Mr BOUGENNA Abdelhamid.

Je remercie également les membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je remercie aussi ma famille pour leurs soutiens

Je remercie ma chère amie HAMEDJ Tinhinane pour son aide.

Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce travail à:

➤ *Toute ma famille :*

✚ *Mes parents.*

✚ *Mes sœurs et mon frère.*

✚ *Mon mari.*

✚ *Ma belle-mère, mon beau-père et mes belles-sœurs.*

➤ *Tous mes amis, et tous ce qui m'ont aidé de près ou de loin*

Sommaire

Liste des symboles	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux.....	iv
Introduction générale	1

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise

I.1) Introduction	3
I.2) Développement et organisation de l'entreprise	4
I.2.1) Développement	4
I.2.2) Organisation générale	4
➤ Direction générale	4
➤ Unité froid	5
➤ Unité cuisson	5
➤ Unité climatiseur	5
➤ Unité commerciale (UC)	6
➤ Unité de prestation technique (UPT)	6
➤ Unité sanitaire	6
➤ Filiale Filamp	6
I.3) Les objectifs de l'entreprise	8
I.4) Objectifs et cibles environnementaux	8
I.4.1) Objectifs	8
I.4.2) Cibles	8
I.5) Politique de l'entreprise	8
I.5.1) Politique qualité	9
I.5.2) Engagement de la direction	9
I.6) Les produits fabriquée par l'entreprise « ENIEM ».....	9

Chapitre II : Notions sur les travaux de mise en forme des tôles

II.1) Introduction	12
II.2) Procédés d'obtention des tôles	12
II.2.1) Le laminage	12
a) Laminage à froid	13
b) Laminage à chaud	14
II.2.2) Le filage ou extrusion	15
II.3) Emboutissage	16
II.3.1) Définition	16
a) Emboutissage à froid	16
b) Emboutissage à chaud	17
II.3.2) Principe de fonctionnement	17
II.3.3) Les avantages et les inconvénients	20
II.3.4) Evaluation des efforts	21
II.4) Le découpage	24
II.4.1) Définition	24
II.4.2) Principe de fonctionnement	25
II.4.3) Effort de découpage	25
II.4.4) Effort d'extraction	26
II.4.5) Effort d'éjection	27
II.4.6) Jeux de découpage	27
II.5) Le poinçonnage	28
II.5.1) Définition	28
II.5.2) Le principe de fonctionnement	28
II.5.3) Poinçons et matrices	29
II.5.4) Effort de poinçonnage	29
II.5.5) Avantages et Inconvénients	30
II.6) Conclusion	31

Chapitre III : Présentation de cahier de charge de l'étude

III.1) Problématique	33
III.2) La solution proposée	33
III.3) Présentation de la pièce	33
III.3.1) L'emplacement de la pièce	34
III.3.2) Le radiateur à gaz	35
III.4) La fiche technique de la pièce	36
III.4.1) Composition chimique du matériau de la pièce	36
III.4.2) Caractéristique mécaniques	36
III.4.3) Livraison	36
III.5) Le processus de fabrication de la pièce	37

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

IV.1) Introduction	39
IV.2) La conception mécanique	39
IV.2.1) Définition	39
IV.2.2) Les étapes de la conception	39
IV.2.3) Conception assisté par ordinateur	40
IV.3) Etude et calcul	41
IV.3.1) Calcul des efforts	41
a) Calcule des efforts d'emboutissage	41
b) Le jeu entre le poinçon de forme et la matrice	44
c) Le rayon sur la matrice	44
d) Calcule des efforts de poinçonnage	45
e) Calcul de l'effort de dévêtissage (F_d)	45
f) Détermination du jeu de poinçonnage	46
g) Calcul de l'effort de serrage	46
h) Calcul de l'effort total	48
IV.3.2) Résistance des poinçons au flambage	48
IV.3.3) La résistance des empreintes a la compression	50
IV.3.4) La vitesse de l'emboutissage	53
IV.3.5) le choix des ressorts élastomère	53

IV.3.6) Choix des ressort de compression	56
IV.3.7) Le choix de la presse	57
IV.4) Détail de l'outil	58
IV.4.1) La partie fixe	58
a) Les tasseaux	59
b) La semelle inférieure	59
c) La matrice	60
d) Les colonnes de guidage	61
e) Les butées fin de course	61
f) Les butées de positionnement	61
g) Les canons	61
IV.4.2) La partie mobile	62
a) La semelle supérieure	62
b) Les bagues de guidage	62
c) Contre plaque	63
d) Le poinçon de forme	64
e) Les poinçons	64
f) Portes poinçons	65
g) Le serre-flan	65
IV.4.3) Le principe de fonctionnement	67
IV.5) Conclusion	67
Conclusion générale	69
Bibliographie	71
Annexe	

Liste des symboles

F_{er} : effort d'emboutissage [N]

e : épaisseur de la tôle [mm]

R_r : résistance de la tôle à la traction [N/mm²]

L : longueur de la pièce [mm]

J : le jeu entre le poinçon de forme et la matrice [mm]

r : le rayon e la matrice [mm]

F_p : effort de poinçonnage [N]

L_p : périmètre découpé sur la pièce [mm]

F_{pt} : effort totale de poinçonnage [N]

F_d : effort de dévissage [N]

J_p : le jeu entre le poinçon et la matrice [mm]

F_s : effort de serrage [N]

P : pression spécifique sur le serre-flan [N/mm²]

S : surface de serre-flan [mm²]

F_t : effort total [N]

E: module de Young [N/mm²]

I : moment d'inertie [mm⁴]

F_{cr} : Charge critique d'Euler [N]

σ_{com} : la résistance des empreintes a la compression [N/mm²]

F_{Re} : effort d'un ressort élastomère [N]

Liste des figures

Figure I.1: siège de l'entreprise « ENIEM ».....	4
Figure I.2: Organigramme de l'entreprise ENIEM.....	7
Figure I.3 : Quelques produits de l'ENIEM.....	10
Figure II.1 : Train de laminage.	13
Figure II.2 : Laminage à froid.....	14
Figure II.3 : Le laminage à chaud.	14
Figure II.4 : principe de filage.	15
Figure II.5: Principe d'emboutissage à froid.	16
Figure II.6 : Principe d'emboutissage à chaud.	17
Figure II.7: phase 1 de l'emboutissage.	18
Figure II.8: phase 2 de l'emboutissage.	18
Figure II.9 : phase 3 de l'emboutissage.	19
Figure II.10 : phase 4 de l'emboutissage.	19
Figure II.11 : distance de a et b dans le cas de rectangle.....	23
Figure II.12 : Principe de découpage.	25
Figure II.13: Principe de poinçonnage.....	28
Figure III.1: Forme de la Languette.....	33
Figure III.2 : Forme et dimensions de la Languette.	35
Figure III.3 : L'emplacement de la pièce dans le radiateur.	35

Figure III.4 : Le radiateur à gaz « ENIEM ».	38
Figure IV.1 : Fenêtre principale de SolidWorks (Outil).	41
Figure IV.2 : Distance de a et b dans le cas de rectangle.....	42
Figure IV.3 : Distance de a et b sur notre outil.....	43
Figure IV.4 : Mesure de la surface de serre-flan.	47
Figure IV.5 : Mesure de la surface de poinçon qui est en contact avec la pièce.	51
Figure IV.6 : Mesure de la surface de la matrice qui est en contact avec le pièce.	52
Figure IV.7 : Schéma de dimensionnement d'un ressort élastomère.	54
Figure IV.8 : différents charges (F) des ressorts élastomère (chloroprène noir) en fonction de la course.	55
Figure IV.9 : Dimension du ressort.....	56
Figure IV.10 : La partie inférieure (fixe) de l'outil.....	59
Figure IV.11 : La semelle inférieure de l'outil.	60
Figure IV.12 : La matrice (empreinte) de l'outil.	60
Figure IV.13 : La colonne de guidage de l'outil.....	61
Figure IV.14 : la partie supérieure de l'outil.	62
Figure IV.15 : Bague de guidage de l'outil.	63
Figure IV.16 : Contre plaque de l'outil.	63
Figure IV.17 : Le poinçon de forme (d'emboutissage).	64
Figure IV.18 : Le poinçon de l'outil.....	64
Figure IV.19 : les portes poinçons de l'outil.	65
Figure IV.20 : L'outil complet assemblé.....	66

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Le coefficient K en fonction de d/D.	21
Tableau II.2 : La pression spécifique sur le serre-flan en fonction de sa matière	22
Tableau II.3 : vitesses d'emboutissage pour différents matériaux.	24
Tableau II.4 : Resistance au cisaillement Rc de quelques matériaux.	26
Tableau II.5 : Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper.	27
Tableau III.1 : Compositions chimiques de la tôle noir.	36
Tableau III.2. Caractéristique mécaniques de la tôle noir.	36
Tableau IV.1 : Valeurs de la longueur de flambage en fonction de la longueur L.	49
Tableau IV.2 : vitesses d'emboutissage pour différents matériaux	53
Tableau IV.3 : catalogue RABOURDIN dimension des ressorts élastomères.	55
Tableau IV.4 : Catalogue Rabourdin d'un ressort charge forte.	57

Introduction générale

Introduction générale

Introduction

Le secteur industriel ne cesse d'évoluer et cela du jour au lendemain. La fabrication mécanique est l'un des secteurs les plus dynamiques. L'exigence du consommateur concernant la qualité, fiabilité et aussi le design des produits laisse les ingénieurs motivés et innovants pour satisfaire leur besoin.

Pour arriver à un produit fini, la pièce passe par l'étude, la conception puis la fabrication. L'objectif de ce projet consiste à faire l'étude et la conception d'un outil pour la réalisation de la languette de radiateur à gaz ENIEM. Ce projet nous a été proposé par l'entreprise ENIEM.

Dans ce mémoire, on a départagé le travail en quatre chapitres, le premier est consacré à la présentation et à la structure de l'entreprise, son histoire ainsi que son développement, nous avons aussi cité quelques produits fabriqués par cette entreprise.

Ensuite, on a présenté quelques procédés de mise en forme tel que le laminage, le filage, le découpage pour enfin finir avec l'emboutissage et le poinçonnage vu que l'outil de cette étude est un outil de poinçonnage et d'emboutissage.

Dans le troisième chapitre, on a présenté la « Languette », sa fiche technique, ses caractéristiques chimiques et mécaniques ainsi que le processus de sa fabrication.

En dernier chapitre on a tout d'abord donné la définition de la conception d'un produit et on a présenté le logiciel SolidWorks utilisé dans cette étude. Ensuite, on a présenté la partie étude et calcul suivi par la conception de l'outil étudié.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

I.1) Introduction

L'entreprise nationale des industries électroménagères (ENIEM) est née après la restructuration de l'entreprise mère la SONELEC le 2 janvier 1983, cette dernière a été créée en août 1971.

Elle est entrée en production réelle le 16 juin 1971 avec un effectif de 572 travailleurs.

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoqué sa transformation en société par action (personne distincte de l'état) dans le but de l'amélioration, la recherche et le développement de ses produits à l'échelle nationale. Connue aujourd'hui le leader de l'électroménager en Algérie et cela dans divers domaines tels que :

- Climatisation, cuisson, réfrigération et conservation à (Oued Aissi).
- Sanitaire à (Miliana).
- Filiale lampe à (Mohammedia).

L'ENIEM, se situe dans la zone industrielle d'OUED AISSI à environs de 10 Km de chef-lieu de la wilaya TIZI OUZOU Le complexe d'appareils ménagers(CAM), est une unité de superficie de 51 Hectares dont la surface ouverte représente 104630 m² et près de 2000 employés entre cadres et ouvriers.

L'entreprise ENIEM est devenue une société par actions au capital 40 000 000.00 DA en 1989. Aujourd'hui son capital social est de 2 957 500 000.00 DA, détenue en totalité par « Holding mécanique, électrique, électronique », son siège social est situé à Tizi-Ouzou

Le champ d'activité de l'ENIEM en la production le développement la recherche dans le domaine de l'électroménager, ainsi que la prise en charge de la fonction commerciale, la promotion des exportations et service après-vente.[1]



Figure I.1: siège de l'entreprise « ENIEM »

I.2) Développement et organisation de l'entreprise : [1]

I.2.1) Développement :

Pour atteindre ses espérances en matière de développement L'ENIEM a fait appel à l'ensemble de ses unités afin de se restructurer et de s'organiser, de manière à donner et à trouver des solutions les plus fiables pour atteindre un développement durable. Cette entreprise se compose de plusieurs unités d'organisation qui sont :

- Quatre unités de production.
- Une unité commerciale.
- Une unité de prestation.

I.2.2) Organisation générale :

Actuellement l'entreprise ENIEM est constituée de :

➤ Direction générale :

La direction générale est responsable de la stratégie et du développement de l'entreprise.

Elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités.

➤ **Unité froid :**

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits froids domestiques. Ses activités sont :

- Transformation des tôles.
- Traitement et revêtement des surfaces (peinture, plastification).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces métalliques.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

➤ **Unité cuisson :**

La mission principale de l'unité est de produire et développer la cuisson à gaz électrique ou mixte et tout produit de technologie similaire.

Ses activités sont :

- Transformation de la tôle.
- Traitement et revêtement des surfaces (Zingage, Chromage).
- Assemblage.

➤ **Unité climatiseur :**

La mission globale de l'unité est de développer les produits de climatisation. Ses activités sont :

- Transformation.
- Traitement et revêtement des surfaces (peinture).
- Assemblage.

➤ **Unité commerciale (UC) :**

Le rôle de cette unité est de faire écouler le produit sur le marché, et étudier la fluctuation du marché qui est basée sur des sondages sur l'offre et la demande. Ainsi l'idée est lancée par cette étude qui par la suite sera remise à l'unité prestation technique.

➤ **Unité de prestation technique (UPT) :**

Elle consiste à faire une étude technique du produit et l'examiner de façon à voir la possibilité de sa production par rapport aux moyens existants au sein de l'entreprise (machine; personnels, technologie, etc.)

➤ **Unité sanitaire :**

L'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise **ENIEM** en l'an 2000. Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise.

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

➤ **Filiale Filamp :**

L'Unité Lampes de Mohammedia (ULM) a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes de réfrigérateurs, est devenue filiale à 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale est dénommée «FILAMP».

Organisation générale de l'ENIEM

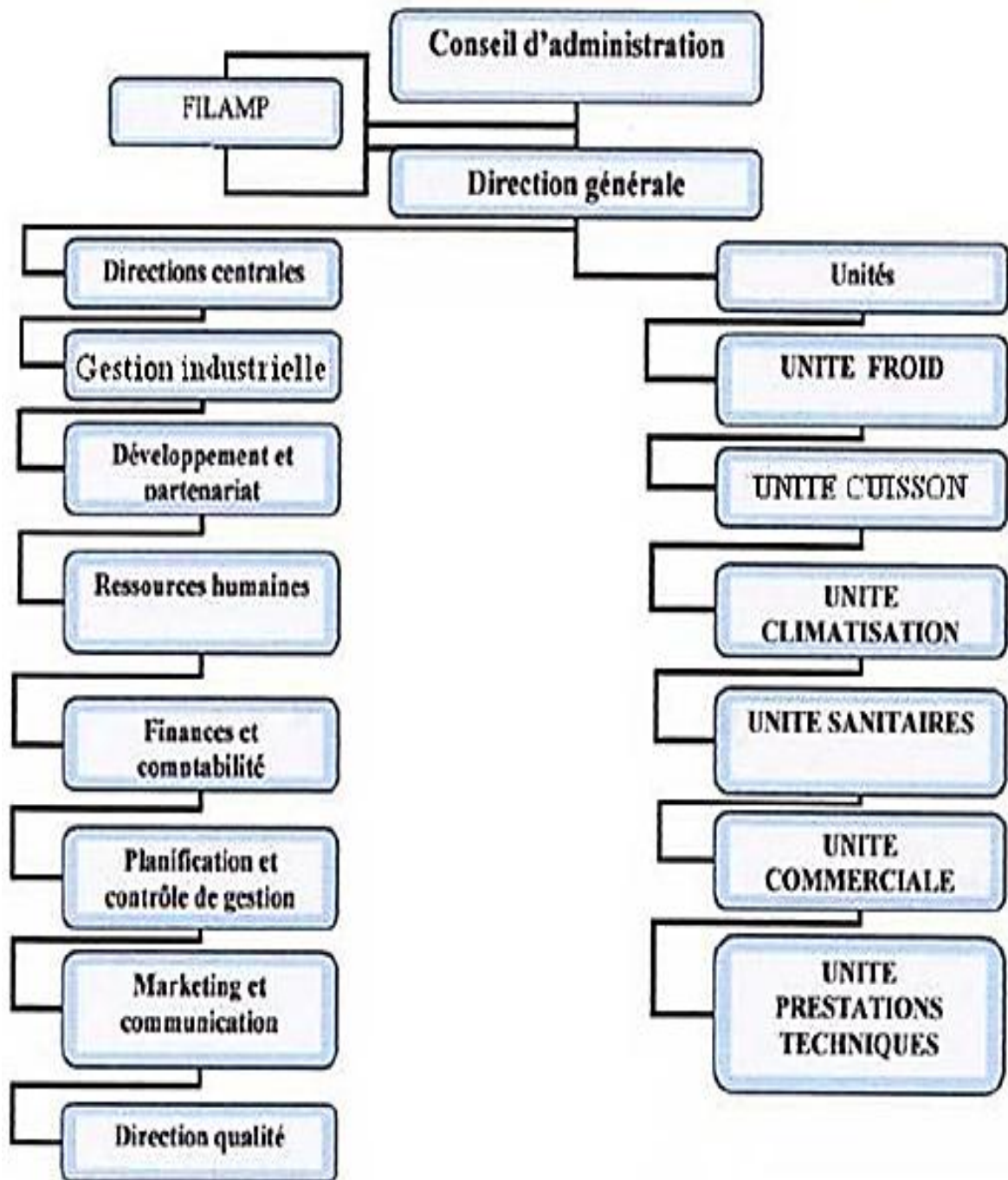


Figure I.2: Organigramme de l'entreprise ENIEM.

I.3) Les objectifs de l'entreprise :

Pour aboutir les missions précitées, l'**ENIEM** se fixe les objectifs suivants :

- Accroître la satisfaction des clients.
- Améliorer les compétences du personnel.
- Réduire les rebuts.
- Augmenter la valeur de la production.
- Améliorer le chiffre d'affaire.

I.4) Objectifs et cibles environnementaux :

I.4.1) Objectifs :

L'ENIEM a fixé en 2016 les objectifs suivants :

- L'amélioration de la gestion des déchets.
- La rationalisation de la consommation d'eau et énergies.
- La prévention des risques de pollution.
- La formation de personnel sur l'environnement.

I.4.2) Cibles:

- Ratio déchets générés / production < 0.080.
- Le niveau de tri sélectif à la source des déchets à 90%.
- Réduire les stocks morts du magasin H2 de 2%.

I.5) Politique de l'entreprise :

ENIEM est certifiée ISO 14001/2004 Environnement et ISO 9001/2008 Qualité.

I.5.1) Politique qualité :

L'entière satisfaction durable du client constitue pour l'entreprise l'objectif essentiel.

Face aux enjeux économiques, l'ENIEM a mis en œuvre et développé un système d'assurance de la qualité conforme au référentiel international ISO 9001/2008.

Cette politique qualité basée sur l'amélioration continue des processus se manifeste par la volonté de la Direction Générale à :

- ✓ Comprendre les besoins présents et futurs de ses clients et y répondre efficacement en mettant à leur disposition des produits et services compétitifs.
- ✓ Développer la culture de l'entreprise et le professionnalisme de son personnel.
- ✓ Améliorer en continu l'efficacité du système de management de la qualité.

I.5.2) Engagement de la direction :

Pour mettre en œuvre sa politique, la direction générale de l'ENIEM s'engage à :

- ✓ Se conformer aux exigences légales et réglementaires en vigueur.
- ✓ Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.

I.6) Les produits fabriqués par l'entreprise « ENIEM »:

L'ENIEM est une entreprise consacrée à la fabrication des appareils électroménagers (cuissons, climatiseurs, lave linge, réfrigérateurs, chauffages, radiateurs, chauffe bain...)

La société commercialise sa gamme riche en produits à travers ses points de ventes et ses représentants officiels installés dans plusieurs zones et régions du pays.



Figure I.3 : Quelques produits de l'ENIEM.

Chapitre II : notion sur les travaux de mise en forme des tôles.

II.1) Introduction :

Il existe de nombreuses techniques visant l'obtention d'une pièce par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication (obtention de la pièce brute, puis obtention de la pièce finale), parmi ces pièces désirées, les tôles.

On appelle une tôle, un produit métallique plat, de section droite dont la largeur est très supérieure à l'épaisseur. Leur surface est techniquement lisse. Les tôles peuvent se présenter sous forme de feuilles ou de bobines. La fabrication des pièces de tôle aux formes demandées, est obtenue par différentes opérations.

Le but de cette dernière est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une gamme de tolérances données. Les principaux procédés d'obtention des pièces mécaniques sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont les plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. On note les divers procédés des principaux travaux par déformation plastique : « Emboutissage, découpage, Poinçonnage,... ».

II.2) Procédés d'obtention des tôles :

Parmi les procédés qui permettent de transformer le bloc d'acier brut, en une bande mince et large embobinée, ou des pièces de grands diamètres, en un petits, ayant les caractéristiques géométriques et métallurgiques ainsi que l'état de surface requis pour sa transformation ultérieure, on trouve:

II.2.1) Le laminage :

Le laminage, à chaud ou à froid, est réalisé par passage d'une pièce de métal entre deux (ou plus) cylindres dont l'écartement est inférieur à l'épaisseur initiale de la pièce. Les cylindres tournent en sens inverse et entraînent la pièce de métal (plaque, cylindre...). Le laminage étire et écrouit le métal. Il est parfois nécessaire de recuire

Chapitre II : Notion sur les travaux de mise en forme des tôles

celui-ci avant de recommencer l'opération, pour le rendre plus malléable et éviter sa rupture ou sa fissuration. Plusieurs passages dans des gorges de plus en plus petites permettent d'obtenir le produit final.

Selon la forme de la gorge, plusieurs sections sont possibles. [2]

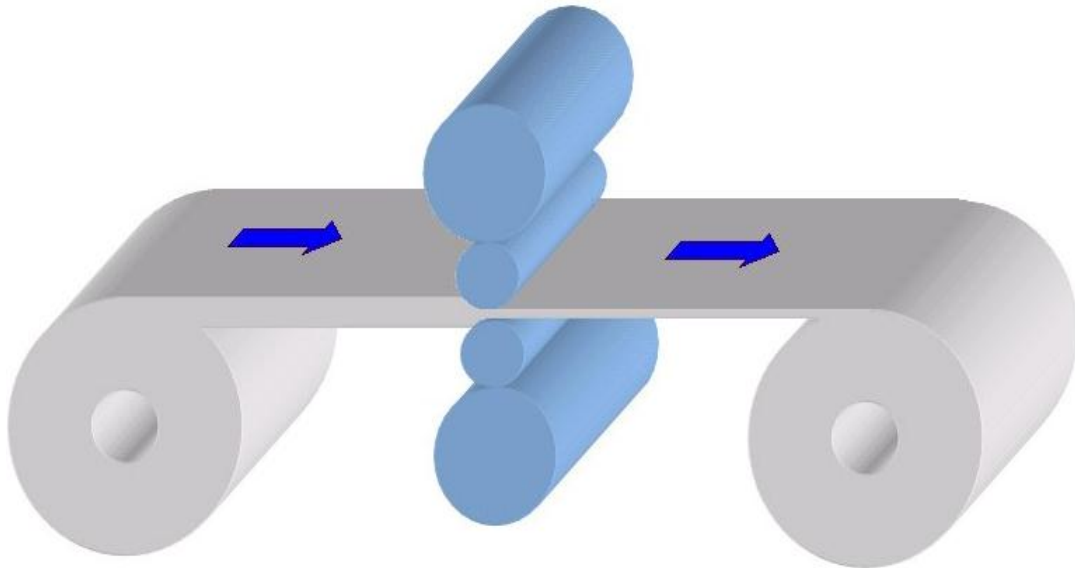


Figure II.1 : Train de laminage.

a) Laminage à froid :

Le laminage à froid provoque un écrouissage du métal. Le laminage ne peut se poursuivre au-delà de la limite de rupture, par ailleurs l'écrouissage peut entraîner un dépassement des capacités de puissance du système de laminage à froid.

En pratique, les premières séries de réductions commencent à chaud afin d'atteindre facilement de fortes déformations du matériau et d'ajuster les propriétés métallurgiques du produit. Le passage à froid est ensuite nécessaire pour obtenir les caractéristiques géométriques et mécaniques adéquates, ainsi qu'un bon état de surfaces.



Figure II.2 : Laminage à froid

b) Laminage à chaud :

La brame est acheminée à travers différentes cages successives équipées de cylindres de laminage, de façon à obtenir une large bande. À la sortie de la dernière cage, la bande est refroidie par un processus d'arrosage, puis enroulée sur une bobineuse de façon à former une bobine. La bobine est ensuite déroulée sur une ligne de déroulage, redressée, planée et coupée à la longueur souhaitée, pour obtenir des tôles.

Le laminage à chaud s'impose pour deux raisons capitales : La première est que la résistance à chaud du métal décroît très rapidement avec la température, la seconde est d'ordre métallurgique.



Figure II.3 : Le laminage à chaud.

II.2.2) Le filage ou extrusion :

Principe de filage:

Un matériau chauffé et compressé est contraint de traverser une filière ayant la section de la pièce à obtenir. Cette technique permet d'obtenir en continu un produit pouvant être très long (barre, tube, profilé, tôle...).

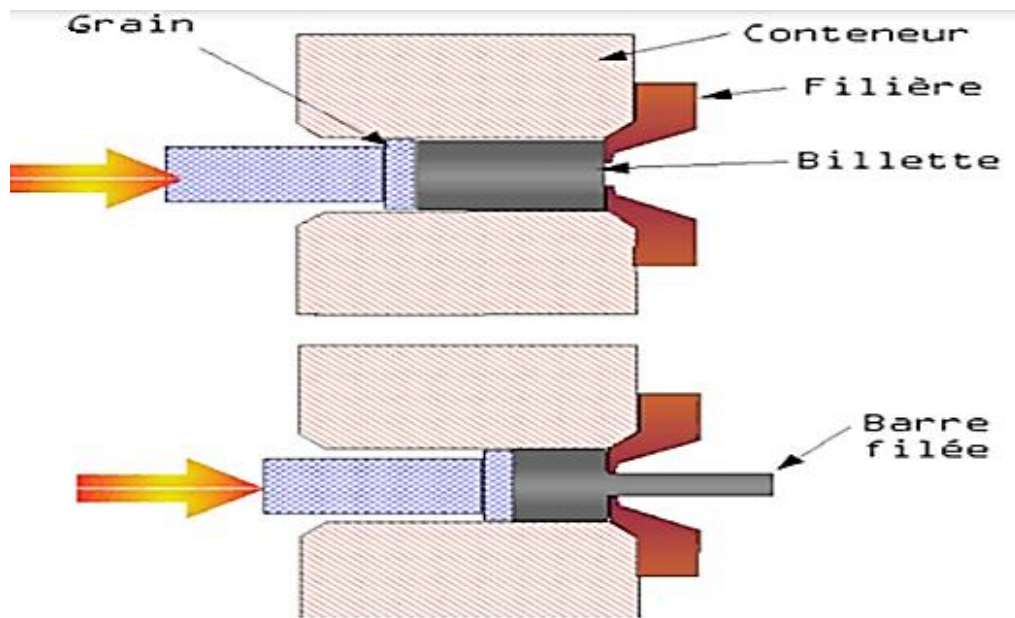


Figure II.4 : principe de filage.

Avantages :

- Meilleure précision que le matriçage ou l'estampage ;
- Bons états de surface ;
- Sections des profilés pouvant être creux et très complexes.

Inconvénients :

- Nécessite beaucoup d'énergie (travail à chaud) ;
- Formes limitées à des « extrusions ».

II.3) Emboutissage :

II.3.1) Définition :

L'emboutissage est le principal procédé de mise en forme des tôles d'acier par déformation plastique, qui consiste à forcer une tôle souvent plane et mince appelée flan dans une matrice avec un poinçon pour lui donner la forme souhaitée. Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie automobile pour fabriquer les ouvrants des véhicules (portières, capot, coffre, toit ...) mais également dans les industries aéronautique, de l'électroménager, de l'emballage alimentaire, etc.

On distingue deux types d'emboutissage : l'emboutissage à froid et l'emboutissage à chaud. [3]

a) Emboutissage à froid :

Il est réalisé sur des presses mécaniques. L'emboutissage à froid est réservé aux matériaux d'épaisseur inférieure à 6mm (aluminium, aciers inoxydables, laiton, aciers doux (0.2% C Max)), ce procédé impose, sauf rares exceptions, un outillage double effet. Les emboutis peu profonds ou ne nécessitant pas d'importants efforts de serrage, sont exécutés sur des presses double effet. Le serre-flan applique la tôle sur la matrice pendant toute la durée du travail du poinçon, l'opération terminée, la pièce est dégagée soit à l'aide de l'éjecteur, soit au travers de la matrice. [3]

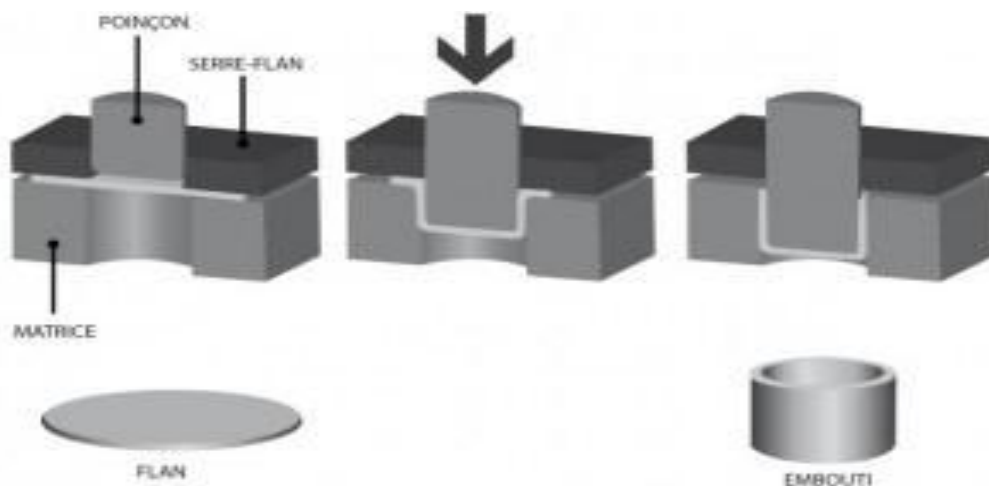
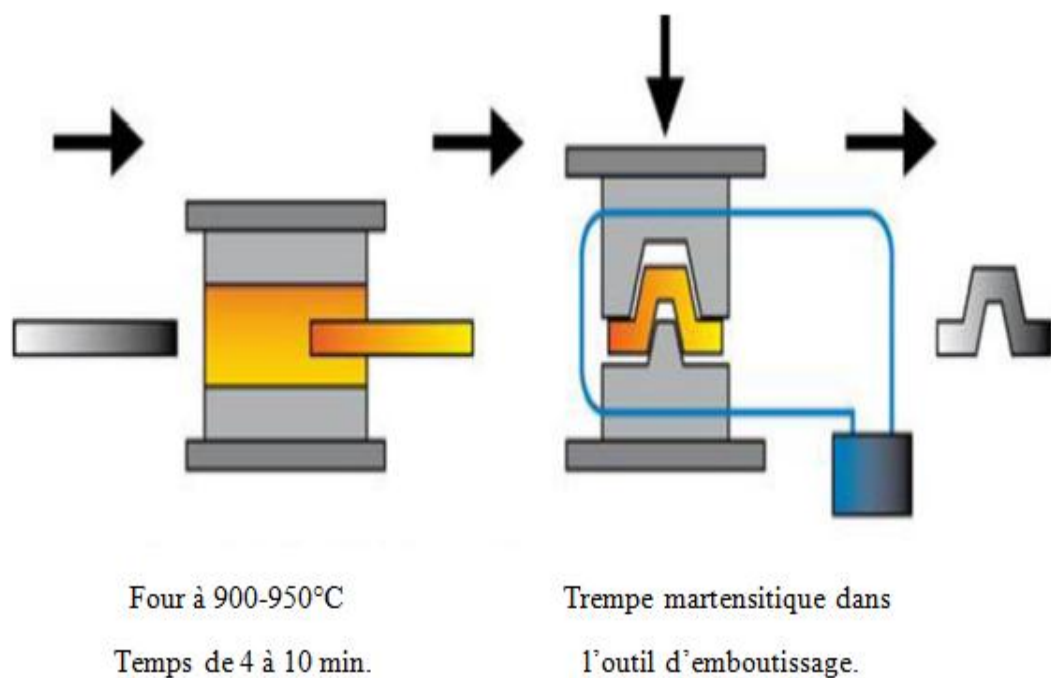


Figure II.5: Principe d'emboutissage à froid.

b) Emboutissage à chaud :

Il est réalisé exclusivement sur presses hydrauliques. Il est réservé aux matériaux peu ductiles (magnésium, titane, zinc,...), aux emboutissages profonds, et aux tôles de forte épaisseur nécessitant de grands efforts (épaisseur supérieure à 7 mm pour l'acier). Les cadences de production sont inférieures et les aspects de surface sont moins bons, vis-à-vis de l'emboutissage à froid.[3]



FigureII.6 : Principe d'emboutissage à chaud.

II.3.2) Principe de fonctionnement :

- **Phase 1** : poinçon et serre-flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée Sur la matrice.

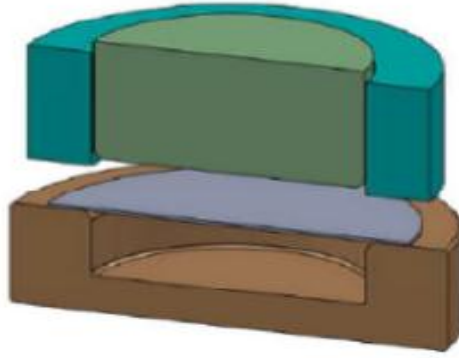


Figure II.7: phase 1 de l'emboutissage.

- **Phase 2** : le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de glisser.

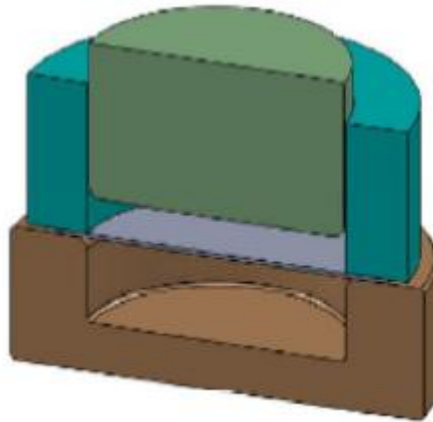


Figure II.8: phase 2 de l'emboutissage.

- **Phase 3** : Le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique en l'appliquant contre le fond de la matrice.

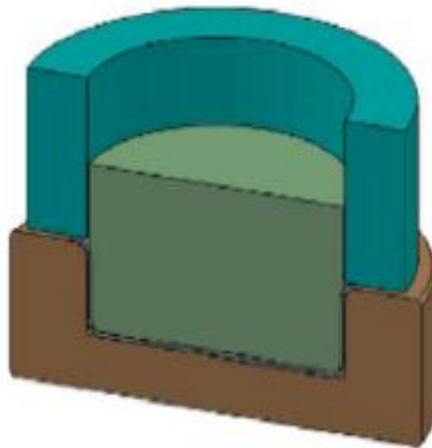


Figure II.9 : phase 3 de l'emboutissage.

- **Phase 4 :** Le poinçon et le serre-flan se relèvent, la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée).

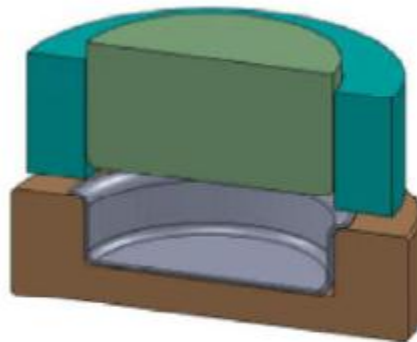


Figure II.10: phase 4 de l'emboutissage.

- **Phase 5 :** On procède au "détourage" de la pièce, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles. (Essentiellement les parties saisies par le serre-flan).

II.3.3) Les avantages et les inconvénients :

L'emboutissage est comme tous les autres procédés, a des avantages comme il a des inconvénients, et il faut bien les connaître afin de choisir la technique adoptée au choix des charges et aux contraintes industrielles.

➤ **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.

➤ **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. Il est alors nécessaire de recourir à certaines techniques pour corriger ces phénomènes de retour élastique : frappe du rayon, étirage et maintien prolongé du poinçon ou modification de la forme du poinçon.
- Le rayon d'entrée de la matrice doit être très arrondi et poli pour éviter toute déchirure du métal.
- Temps de préparation important.

Chapitre II : Notion sur les travaux de mise en forme des tôles

II.3.4) Evaluation des efforts :

L'effort nécessaire pour emboutir des pièces, dépend du flan primitif, de l'épaisseur et de la qualité de la tôle. Il dépend également de la pression de serre-flan, de la vitesse de l'emboutissage, de l'arrondi de la matrice, du jeu entre poinçon et matrice et de la lubrification. Il est difficile de tenir compte de tous ces facteurs dans la détermination de la pression du poinçon, c'est pourquoi il est commun d'employer les formules simplifiées. [4]

a) Efforts d'emboutissage cylindrique:

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

$$F_e = d * e * \pi * R_m * K$$

Avec :

- **Fe** : effort d'emboutissage (daN).
- **d** : diamètre du poinçon (mm).
- **D** : diamètre du flan (mm).
- **e** : épaisseur de la tôle (mm).
- **Rm** : résistance de la tôle à la traction (daN/mm²)
- **K** : Coefficient en fonction du rapport **d/D**.

d/D	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
K	1	0.86	0.72	0.60	0.50	0.40

Tableau II.1 : Le coefficient K en fonction de d/D

b) Efforts de serrage cylindrique :

L'effort sur le serre-flan se calcule comme suit :

$$F_s = P * (D^2 - d^2) * \frac{\pi}{4} (kgf)$$

Avec:

- **P** : La pression spécifique sur le serre flan (**daN/cm²**).

Matière (flan)	P (daN/cm ²)
Acier doux	25
Acier inoxydable	20
Laiton	20
Aluminium	12
Duralumin	16

Tableau II.2 : La pression spécifique sur le serre-flan en fonction de sa matière.

c) Efforts d'emboutissage rectangulaire :

Dans le cas d'un emboutissage rectangulaire, l'effort d'emboutissage se calcule comme suit:

$$F_{er} = e \cdot R_r \cdot (2 K_a \cdot \pi \cdot r + K_b \cdot L)$$

Avec :

- **F_{er}** : effort d'emboutissage rectangulaire en daN.
- **L = 2 (a + b)**.

Chapitre II : Notion sur les travaux de mise en forme des tôles

- **Rr**: résistance de la tôle à la traction.
- **a, b** : distance entre les centres des rayons des angles d'emboutissage en mm.
- **r** : rayon en angle (mm).
- **e** : épaisseur de la tôle (mm).

Sachant que :

- **Ka** =0.5 pour les emboutis peu profond.
- **Ka** =2 pour les emboutis dont $h = 5$ à $6r$.

Et : **h** = hauteur de l'embouti

- **Kb** = 0.2 pour un jeu important et pas de serrage de flan.
- **Kb** = 0.3 à 0.5 si écoulement facile et faible serrage flan.
- **Kb** = 1 si fortes pressions de serre-flan.

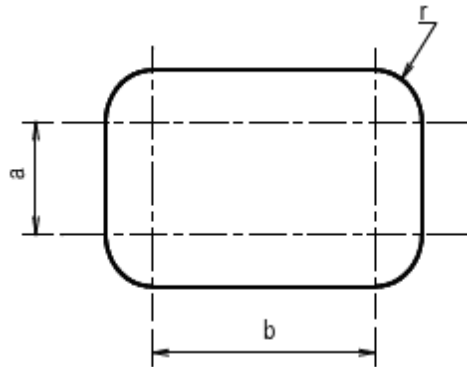


Figure II.11 : distance de a et b dans le cas de rectangle.

d) Efforts de serrage rectangulaire :

$$Fs = P * S$$

Avec :

- **Fs** : effort de serrage.
- **P** : pression spécifique sur le serre-flan.

Chapitre II : Notion sur les travaux de mise en forme des tôles

- **S** : surface de serre-flan.

e) La vitesse d'emboutissage :

La vitesse d'emboutissage doit être optimale parce que si la vitesse est trop faible, elle tendre à générer un écrouissage ce qui rend le métal moins malléable.

Matériaux	Vitesse (mm/s)
L'acier	200
Les aciers doux	280
L'aluminium	500
Le laiton	750

Tableau II.3 : vitesses d'emboutissage pour différents matériaux.

II.4) Le découpage :

II.4.1) Définition :

Le découpage est un procédé de fabrication des pièces qui consiste à cisailer sur un contour fermé une pièce de faible épaisseur.

On peut distinguer trois types d'opération de découpage :

- **Découpage simple** : on utilise deux outils de découpage sur deux presses et la pièce est obtenue en deux opérations (exemple obtention d'une rondelle).
- **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.
- **Découpage simultané** : la pièce est obtenue après une opération de découpage et poinçonnage simultanément.

II.4.2) Principe de fonctionnement :

Il consiste à détacher un contour donné d'un produit plat (une tôle). L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices qui permettent de cisailier la tôle sur sa profondeur en donnant la forme de la pièce désirée [5].

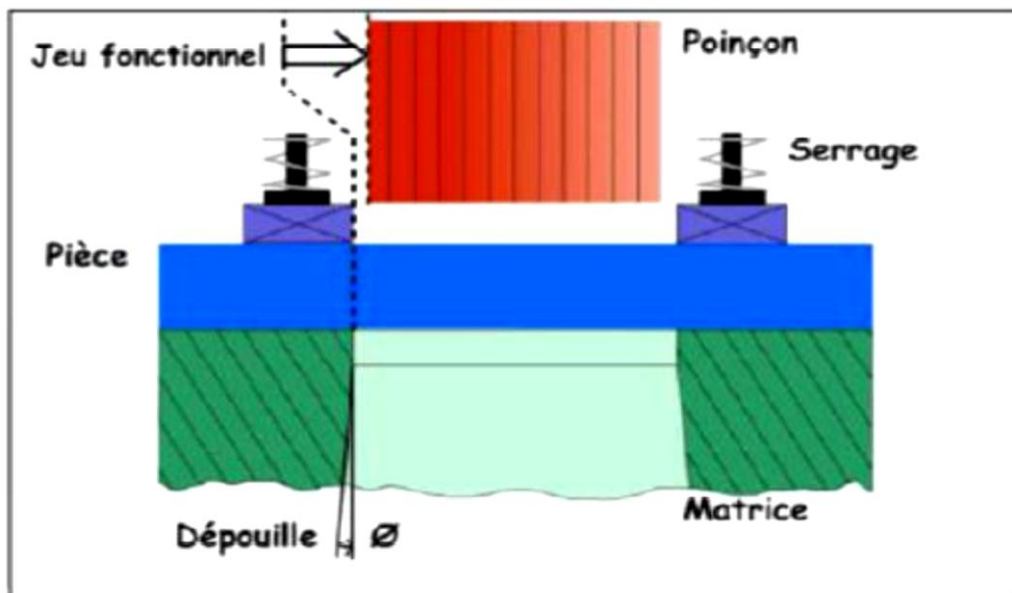


Figure II.12 : Principe de découpage.

II.4.3) 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.

$$Fd = P \times e \times Rc$$

Chapitre II : Notion sur les travaux de mise en forme des tôles

Avec :

Fd : effort de découpage (daN)

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

e : épaisseur de la surface à découper en mm;

Rc : 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. On admet, 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.

Matériaux	Rc (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Tôle au silicium	50
Acier mi-dur	50
Acier doux	40
Tôle d'emboutissage	35
Laiton recuit	30
Cuivre recuit	20
Aluminium	10

Tableau II.4 : Résistance au cisaillement Rc de quelques matériaux.

II.4.4) 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.

II.4.5) Effort d'éjection :

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.

II.4.6) 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.

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

$$j = \frac{Rm - Rp}{e0} \times 100$$

Avec :

- **Rm** et **Rp** représentent respectivement les rayons de matrice, du poinçon,
- **e0** l'épaisseur initiale de la tôle.

Matériaux	Jeu diamétral
Laiton et cuivre	J=1/20*e
Acier demi-dur	J=1/16*e
Acier	J=1/14*e
Alliage d'aluminium	J=1/10*e

Tableau II.5 : Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper.

II.5) Le poinçonnage :

II.5.1) Définition :

Le poinçonnage est une opération de découpe à la presse, qui consiste à exécuter des trous dans le métal, à l'aide d'un poinçon et une matrice, deux outils comparables aux lames de cisaille. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau, en principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du matériau. Ce procédé permet d'obtenir de grandes précisions de découpe. Il aussi utilisé en construction métallique pour percer les profilés.[5]

II.5.2) Le principe de fonctionnement :

Un poinçon et une matrice remplacent les lames de la cisaille.

Même mécanisme de rupture. [6]

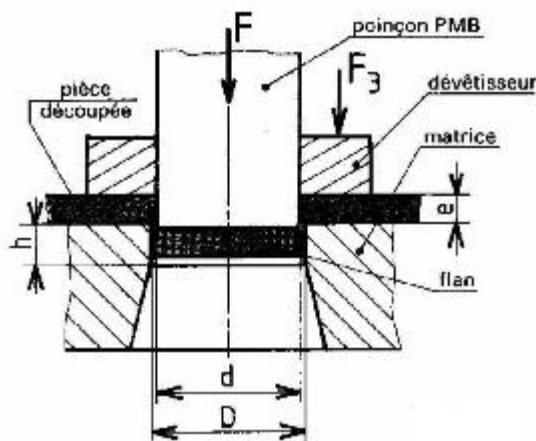


Figure II.13: Principe de poinçonnage.

II.5.3) Poinçons et matrices :

Les poinçons sont fixes si les matrices sont mobiles. Ils doivent résister à la compression et au flambage.

Pour les poinçons cylindriques, on prend :

$d \geq 1,6 e$ (e = épaisseur de la tôle) pour les aciers doux.

En acier fortement allié, de dureté HRC ≥ 60 , ils doivent pouvoir être affûtés après usure.

Une matrice en acier peut produire environ 50 000 pièces sans être affûtée. L'affûtage diminue h de 0,2 à 0,5 mm. Approximativement, on peut ainsi définir le minimum de pièces réalisées par l'outil.

Jeu entre matrice et poinçon : $J = D - d$

$J = 0,05 e$ pour aciers doux, laiton, cuivre

$J = 0,06 e$ pour aciers mi-durs

$J = 0,07 e$ pour aciers durs

$J = 0,1 e$ pour aluminium

Le jeu est pris sur la matrice si l'on désire obtenir un ajout précis, sur le poinçon si le flan doit être précis.[6]

II.5.4) Effort de poinçonnage :

Produit de la section cisailée (en mm²) par la résistance au cisaillement R_c (en MPa) du matériau :

$$F \geq L * e * R_c \text{ (en N)}$$

Chapitre II : Notion sur les travaux de mise en forme des tôles

Avec :

$$R_c \approx 0.8 R_m$$

L = périmètre découpé.

e = épaisseur de la tôle.

En fabrication, pour tenir compte de l'usure du tranchant des lames et des frottements, il est préférable de remplacer R_c par R_m (résistance à la rupture du matériau). [6]

II.5.5) Avantages et Inconvénients :

➤ **Avantage :**

- Le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent)
- Donne la possibilité d'utiliser toutes sortes de formes pour les trous.
- Utiliser des outils simples et peu onéreux.

➤ **Inconvénients :**

- Limité dans les épaisseurs
- Section minimale du poinçon limité.

II.6) Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté quelque procédé de mise en forme des tôles, les plus utilisés dans l'industrie, particulièrement ceux qu'on va utiliser dans la fabrication de notre pièce "la languette".

Chapitre III : Présentation de cahier de charge de l'étude.

III.1) Problématique :

L'ENIEM a décidé de produire certaines pièces constituant leurs produits dans ses propres ateliers, et de les intégrer pour réduire le nombre de pièces importées. L'une de ces pièces est la languette de fixation pour un radiateur à gaz naturel.

Mais est cela est possible, et si c'est oui, comment le faire ?

III.2) La solution proposée :

La solution proposée est de construire un outil, avec lequel on peut réaliser la pièce voulue, en prenant compte des presses existantes dans les ateliers de l'ENIEM, et des lois de la mécanique en général.

III.3) Présentation de la pièce :

La pièce à réaliser est une languette en tôle noire d'un radiateur à gaz ENIEM, elle est conçue pour la fixation des plaques de verre, avec une longueur de 367 mm, une largeur de 28 mm et une épaisseur de 0.9 mm (figure III.1 et III.2).

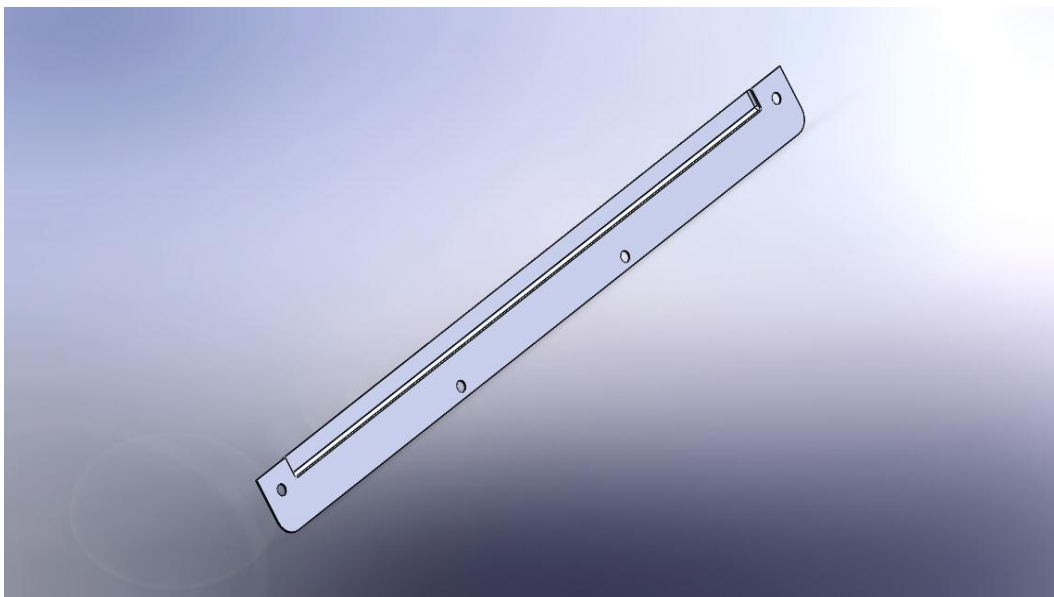


Figure III.1: Forme de la Languette.

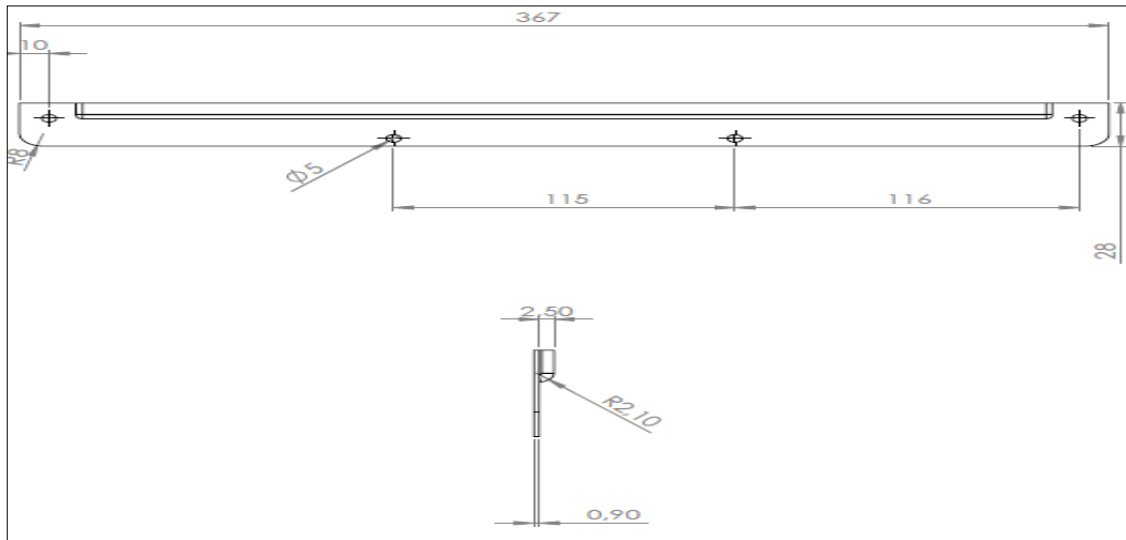


Figure III.2 : Forme et dimensions de la Languette.

III.3.1) L'emplacement de la pièce :

Notre pièce a pour rôle la fixation des plaques de verre qui se trouve au bas du radiateur à gaz (ENIEM), elle se place dans les extrémités de ces plaques ; une en haut et une autre en bas ; comme le montre la (figure III.3).

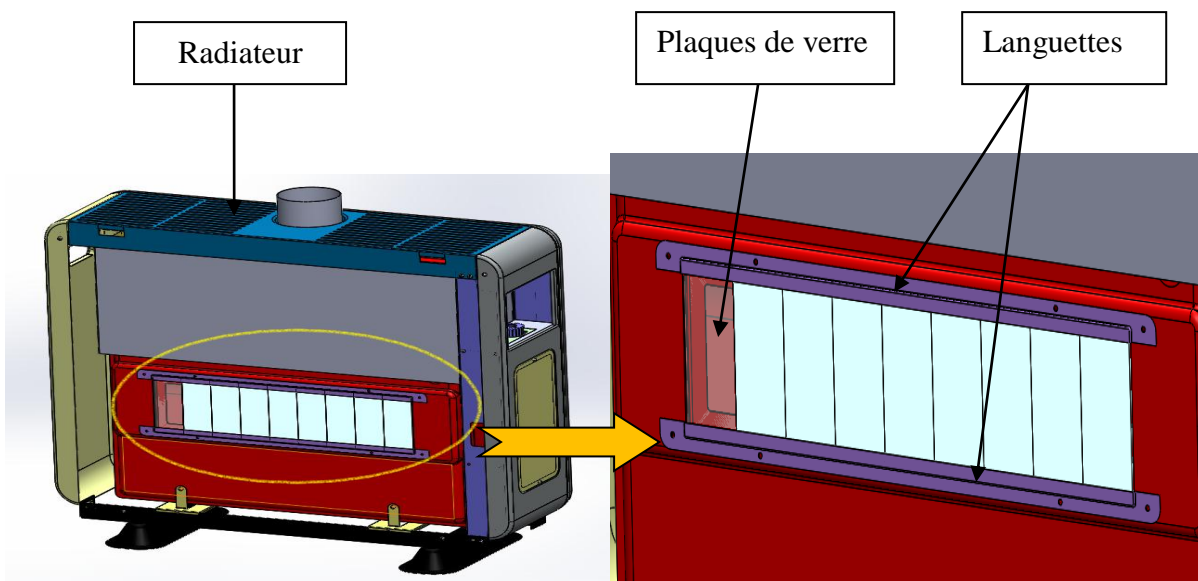


Figure III.3 : L'emplacement de la pièce dans le radiateur.

III.3.2) Le radiateur à gaz :

Le radiateur à gaz sur lequel la languette sera fixée a les caractéristiques suivantes :

- Puissance calorifique : 9200W
- Volume à chauffer [Min/Moy/ Max] : [130/180 /270m³].
- Consommation gaz : 0.940m³/h.
- Système d'allumage : piézo-électrique.
- Dispositifs de sécurité :
 - ❖ Sécurité atmosphérique.
 - ❖ Thermocouple.
- Dimensions HPL [mm] : 710*660*240.
- Poids : 27Kg.



Figure III.4 : Le radiateur à gaz « ENIEM ».

III.4) La fiche technique de la pièce :

III.4.1) Composition chimique du matériau de la pièce:

Composition chimique en % (Max) sur coulée			
C	Mn	P	S
0.08	0.5	0.03	0.05

Tableau III.1 : Compositions chimiques de la tôle noir.

III.4.2) Caractéristique mécaniques :

Ep (mm)	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A ₈₀ % Min
0.5 -0.7	140 -240	270 -350	34
0.7- 3	140- 220		36

Tableau III.2. Caractéristique mécaniques de la tôle noir.

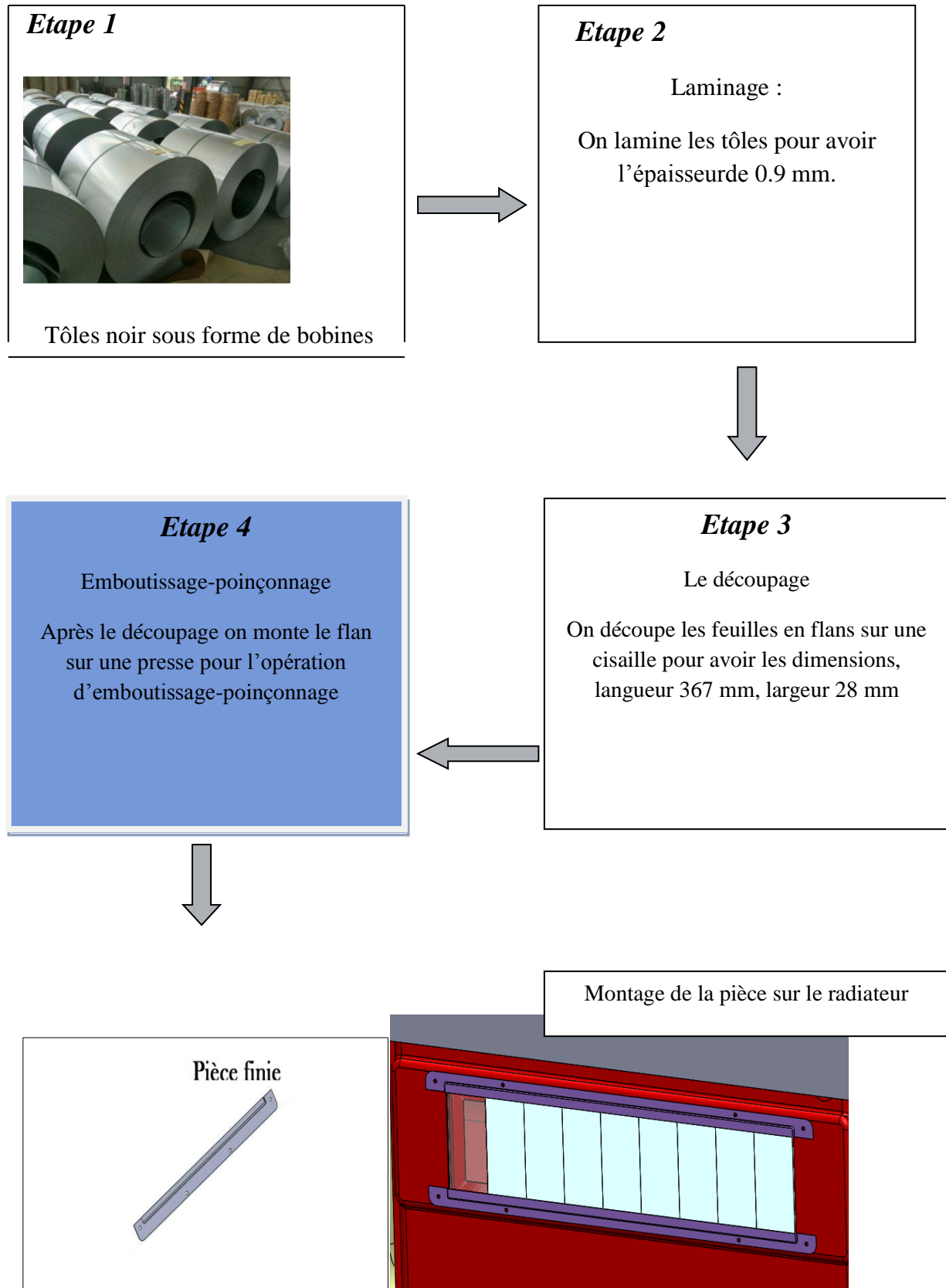
- ✓ Aspect de surface bonne et de finition m.

III.4.3) Livraison :

La tôle devra être livrée en bobine :

- Poids de la bobine mère : < 10 T.
- Diamètre intérieur : 490 à 530 mm.
- Diamètre extérieur : < 1400 mm.

III.5) Le processus de fabrication de la pièce :



Chapitre IV : Etude et conception de l'outil.

IV.1) Introduction :

Dans ce chapitre on présentera la définition de la conception et le logiciel correspondant utilisé dans cette étude. Par la suite, les calculs nécessaires pour le choix de la presse seront étalés, suivis par la conception de l'outil complet réalisé par le logiciel SolidWorks.

IV.2) La conception mécanique :

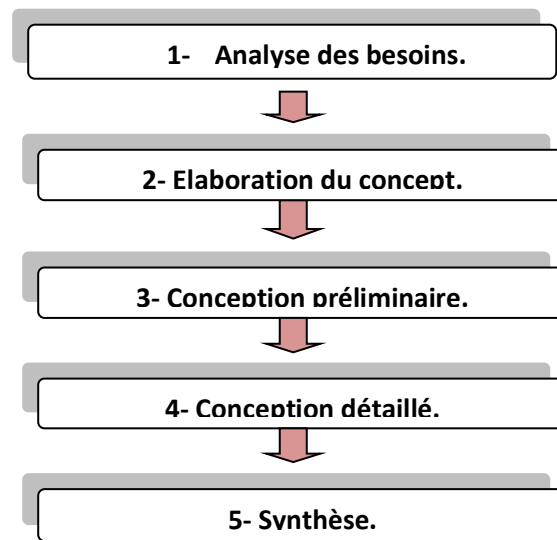
IV.2.1) Définition :

La conception est la phase créative d'un projet d'ingénierie. Son premier but est de permettre de créer un système ou un processus répondant à un besoin en tenant compte des contraintes. Le système doit être suffisamment défini pour pouvoir être installé, fabriqué, construit et être fonctionnel, et pour répondre aux besoins du client.

IV.2.2) Les étapes de la conception :

La conception peut être divisée en cinq étapes séquentielles. En premier lieu, l'analyse des besoins permet d'établir la ou les problématiques et les contraintes. Puis, l'ingénieur est en mesure d'imaginer un premier concept lui permettant de proposer une conception préliminaire, basée sur des calculs plus sophistiqués tenant compte d'un éventail plus large de paramètres. Par la suite, l'ingénieur augmente la précision des détails pour produire la conception détaillée qui mène à la finalité de son travail, notamment la fabrication, la construction, la réalisation ou l'opération.

La finalité de la conception est généralement illustrée par un plan dont certains éléments sont détaillés et spécifiés dans un devis. [7]



IV.2.3) Conception assisté par ordinateur:

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits. Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception « Solide Works ». [8]

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

Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle. [9]

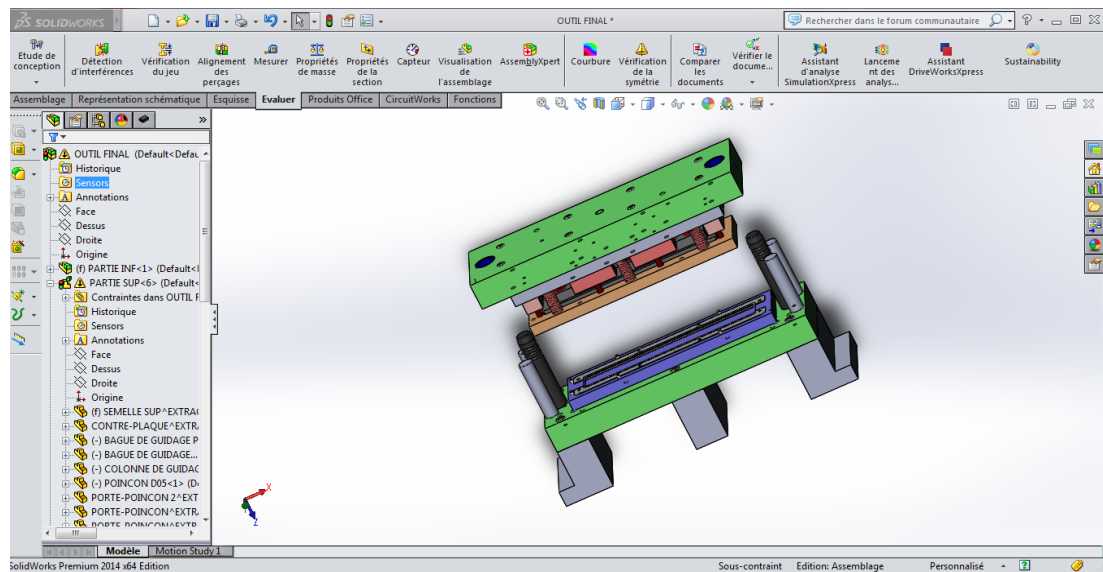


Figure IV.1. Fenêtre principale de SolidWorks (Outil).

IV.3) Etude et calcul :

Pour pouvoir concevoir un outil, qui nous permettra de réaliser des pièces (languettes) avec un minimum de déchets et un coût réduit ; on doit procéder au calcul des efforts pour pouvoir choisir la machine qui nous convient.

IV.3.1) Calcul des efforts :

a) Calcule des efforts d'emboutissage :

Dans notre cas on utilise l'emboutissage rectangulaire.

$$F_{er} = e * R_r * (2K_a * \pi * r + K_b * L)$$

Avec :

e : épaisseur de la tôle 0.9mm.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

R_r : résistance de la tôle à la traction=180 (N/mm²).

$K_a = 0.5$

r : rayon sur la pièce égale à 3.77 mm.

$K_b = 0.4$

$L = 2(a + b)$

a, b : distance entre les centres des rayons des angles de l'embouti rectangulaire (mm). a : la largeur de la pièce

b : la longueur de la pièce.

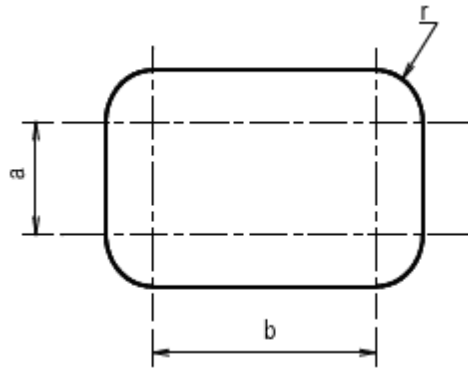


Figure IV.2: Caractéristiques géométriques de l'embouti rectangulaire.

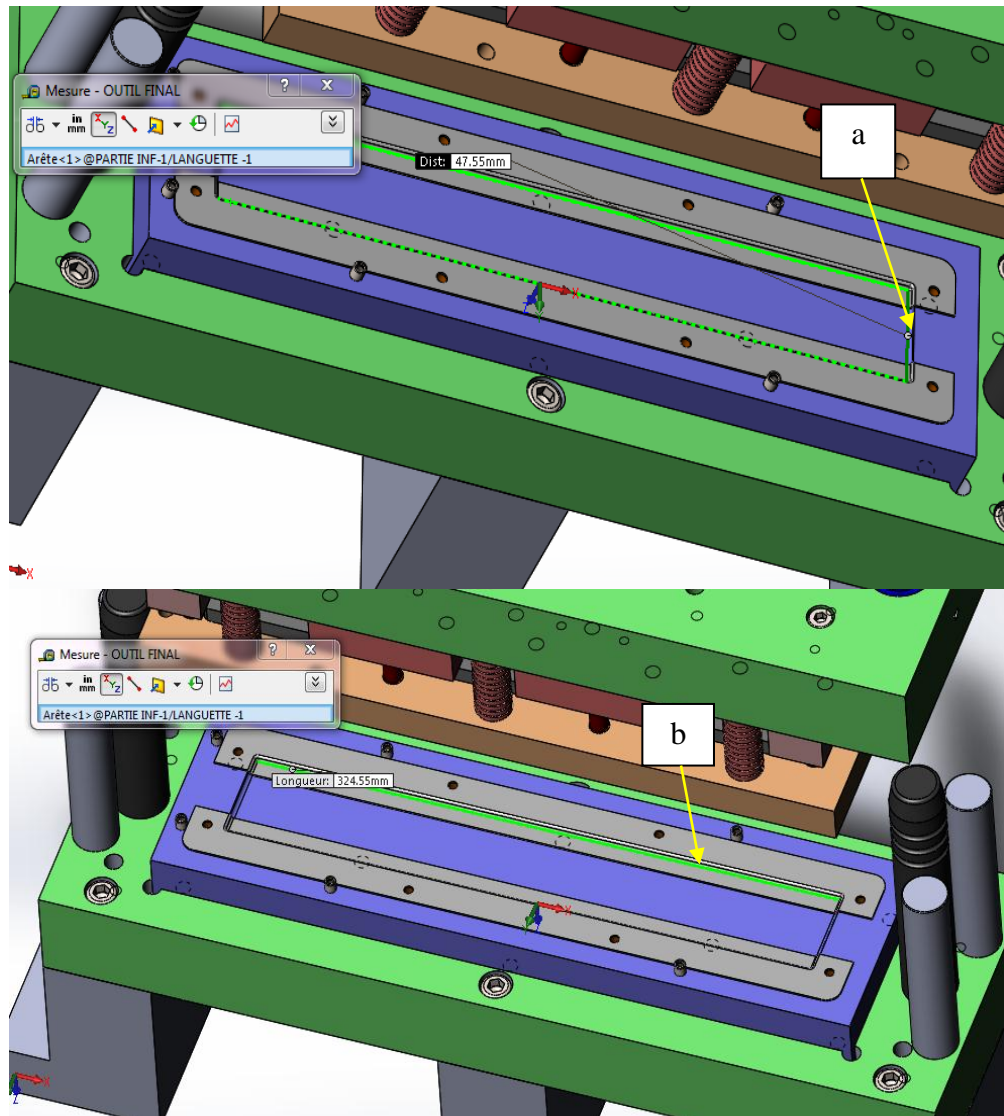


Figure IV.3 : Distance de a et b sur notre outil.

Application numérique :

Calcul de l'effort d'emboutissage :

$$F_{er} = 0.9 * 180 * \left(2 * 0.5 * 3.14 * 3.77 + 0.4 * \left(2(47.77 + 324.55) \right) \right)$$

$$F_{er} = 50170.3956 \text{ N}$$

b) Le jeu entre le poinçon de forme et la matrice :

Le jeu entre la matrice et le poinçon de forme se calcul selon la loi suivante :

$$J = e + 0.07 * (10 * e)^{1/2}$$

Application numérique :

$$J = 0.9 + 0.07 * (10 * 0.9)^{1/2}$$

$$J = 1.11 \text{ mm}$$

c) Le rayon sur la matrice :

Le rayon sur la matrice se calcul selon la loi suivante :

$$r = 0.8[e * (D - d)]^{1/2}$$

Application numérique :

$$D=367 \text{ mm}$$

$$d=324.55 \text{ mm}$$

$$e=0.9 \text{ mm}$$

$$r = 0.8[0.9 * (367 - 324.55)]^{1/2}$$

$$r = 4.94 \text{ mm}$$

d) Calcule des efforts de poinçonnage :

$$F_p = L_p * e * R_c \text{ (en N)}$$

Avec :

$$R_c \approx 0.8 R_m$$

F_p : effort de poinçonnage pour un seul poinçon.

L_p = périmètre découpé.

e = épaisseur de la tôle.

Application numérique :

$$R_c = 0.8 * 180 = 144 \text{ N/mm}^2$$

$$L_p = 2 * \pi * r = 2 * 3.14 * 2.5 = 15.7 \text{ mm}$$

$$F_p = 15.7 * 0.9 * 144$$

$$F_p = 2034.72 \text{ N}$$

F_{pt} : effort total de poinçonnage.

$$F_{pt} = F_p * 8$$

$$F_{pt} = 2034.72 * 8$$

$$F_{pt} = 16277.76 \text{ N}$$

e) Calcul de l'effort de dévêtissage (F_d) :

C'est l'effort nécessaire pour dégager les pionçons du bond après poinçonnage.

Il varie de 2 à 7% de l'effort de découpage, selon l'importance de la bande entourant le poinçon.

Dans notre travail l'effort dévêtissage est égal à 7% de F_{pt} .

Le calcul d'efforts se fait selon la loi suivante :

$$F_d = 7\% \cdot F_{pt}$$

Avec :

F_d: Effort dévêtissage de poinçonnage. (N)

F_{pt}: Effort de poinçonnage. (N)

Application numérique :

$$F_d = 7\% * 16277.76$$

$$F_d = 1139.44 \text{ N}$$

f) Détermination du jeu de poinçonnage :

Le jeu de poinçonnage correspond à la distance entre le poinçon et la matrice, il est à prendre sur la matrice.

Le jeu varie selon la nature et l'épaisseur « e » des matériaux découpés :

$J_p = 1/20 * e$: Pour le laiton et l'acier doux.

Application numérique :

$$J_p = \frac{1}{20} * 0.9$$

$$J_p = 0.045 \text{ mm}$$

g) Calcul de l'effort de serrage :

$$F_s = P * S$$

Avec :

F_s : effort de serrage.

P : pression spécifique sur le serre-flan.

S : surface de serre-flan.

Application numérique :

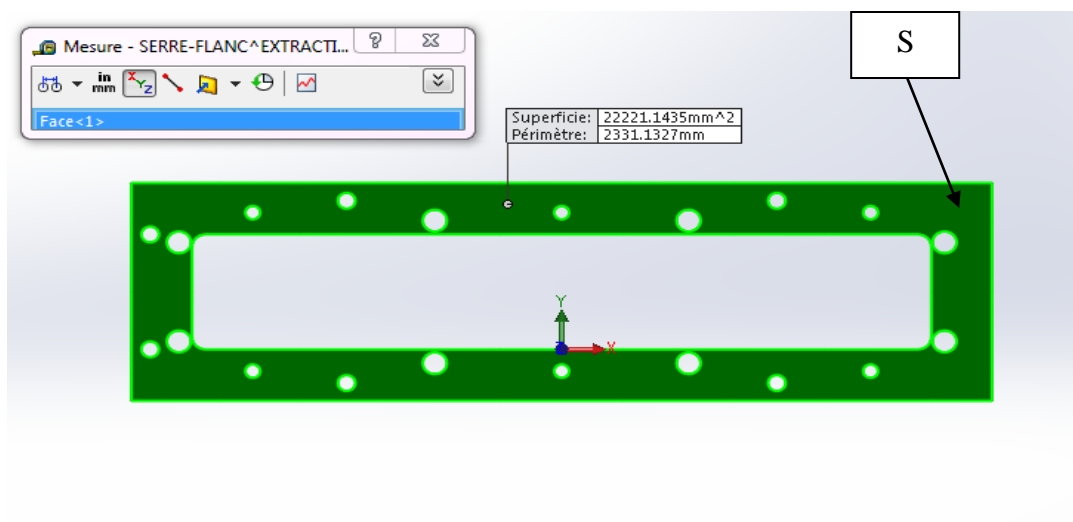


Figure IV.4 : Mesure de la surface de serre-flan

La pression spécifique sur le serre-flan pour les acier doux est : $P= 2.5\text{N/mm}^2$

$$S= 22221.1435 \text{ mm}^2$$

$$F_s = 2.5 * 22221.1435$$

$$F_s = 55552.85875 \text{ N}$$

$$F_s = 5.55 \text{ tonnes} - \text{force}$$

h) Calcul de l'effort total :

L'effort total est la somme de l'effort d'emboutissage et l'effort de poinçonnage.

$$F_t = F_{pt} + F_{er} + F_s + F_d$$

$$F_t = 16277.76 + 50170.3956 + 55552.85875 + 1139.44$$

$$F_t = 123140.45 \text{ N}$$

$$F_t = 12.31 \text{ tonnes} - \text{force}$$

IV.3.2) Résistance des poinçons au flambage :

Une poutre longue et droite, soumise à deux forces axiales opposées, subit une déformation par flambement.

Ce dernier se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

Si :

$F < F_{cr}$: La poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.

$F > F_{cr}$: La poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.

F: Effort de poinçonnage.

F_{cr} : Charge critique d'Euler qui se calcule comme suit :

$$F_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I / l^2$$

Avec :

E: module de Young (210000 N/mm²).

I : moment d'inertie.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

L : longueur réelle de poinçon.

La longueur libre de flambage l est donnée en fonction du type d'appui.

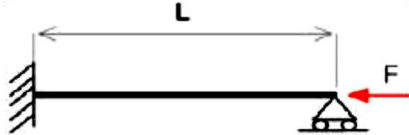

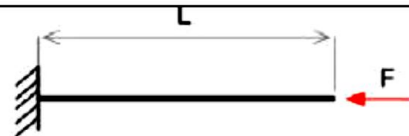
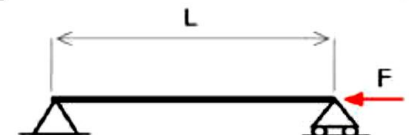
Longueur libre de flambement		
Type de liaisons	Figure	Valeur de l
Encastré - Pivot		$l = 0.7L$
Encastré des deux cotés		$l = 0.5L$
Encastré - Libre		$l = 2L$
Pivot des deux cotés		$l = L$

Tableau IV.1 : Valeurs de la longueur de flambage en fonction de la longueur L

Dans notre cas les poinçons sont encastrés d'un coté et libres de l'autre coté, donc la longueur libre de flambement $l = 2L$.

Application numérique :

$L = 62 \text{ mm}$.

Le poinçon est de diamètre 5 mm qui a un corps de 10 mm de diamètre.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

Calcul de moment d'inertie :

$$I = \pi d^4 / 64$$

$$I = 3.14 * 10^4 / 64$$

$$I = 490.625 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \pi^2 * 210000 * \frac{490.625}{(2 * 62)^2}$$

$$F_{cr} = 66067.05 \text{ N}$$

On a : $F_{pt} = 16277.76 \text{ N}$

Alors la condition est vérifiée.

$$F_{pt} < F_{cr}$$

IV.3.3) La résistance des empreintes a la compression :

Le matériau utilisé pour le poinçon et la matrice est le **XC48** et sa Limite d'élasticité **$R_e = 275$ à 340 MPa** .

$$\text{La condition à la résistance } \sigma_{com} = F_{er} / S < R_e$$

Avec :

F_{er} = l'effort total d'emboutissage.

S = La surface de contact de l'empreinte avec la pièce.

❖ Poinçon :

Application numérique :

S1= la surface sur le poinçon qui est en contact avec la pièce.

σ_p : la compression sur le poinçon.

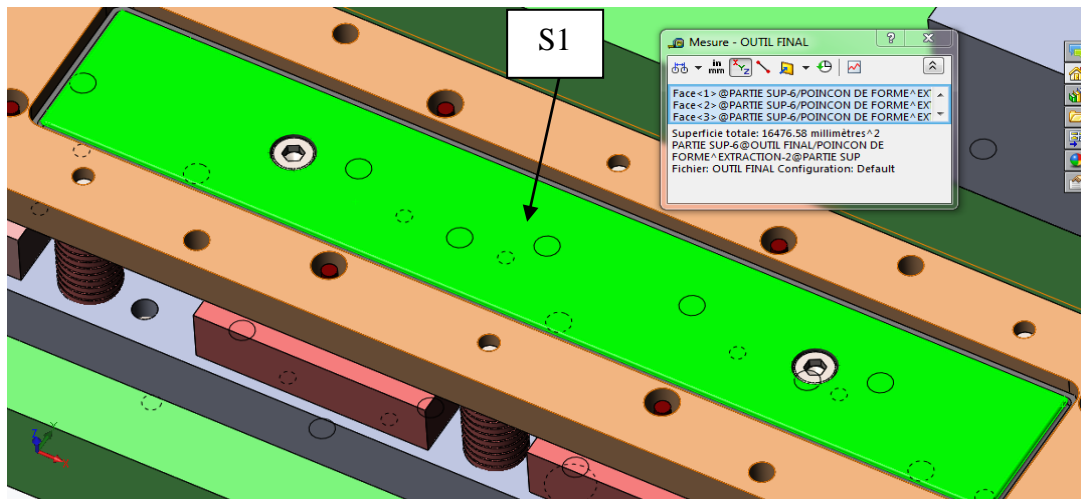


Figure IV.5 : Mesure de la surface de poinçon qui est en contact avec la pièce.

$$S1 = 16476.58 \text{ mm}^2$$

$$F_{er} = 50170.3956 \text{ N}$$

$$\sigma_p = \frac{50170.3956}{16476.58}$$

$$\sigma_p = 3.045 \text{ N/mm}^2$$

Donc :

$$\sigma_p < R_e$$

Alors le poinçon va résister à l'effort d'emboutissage.

❖ Matrice

Application numérique :

S2 : la surface sur la matrice qui est en contact avec la pièce.

σ_m : la compression sur la matrice.

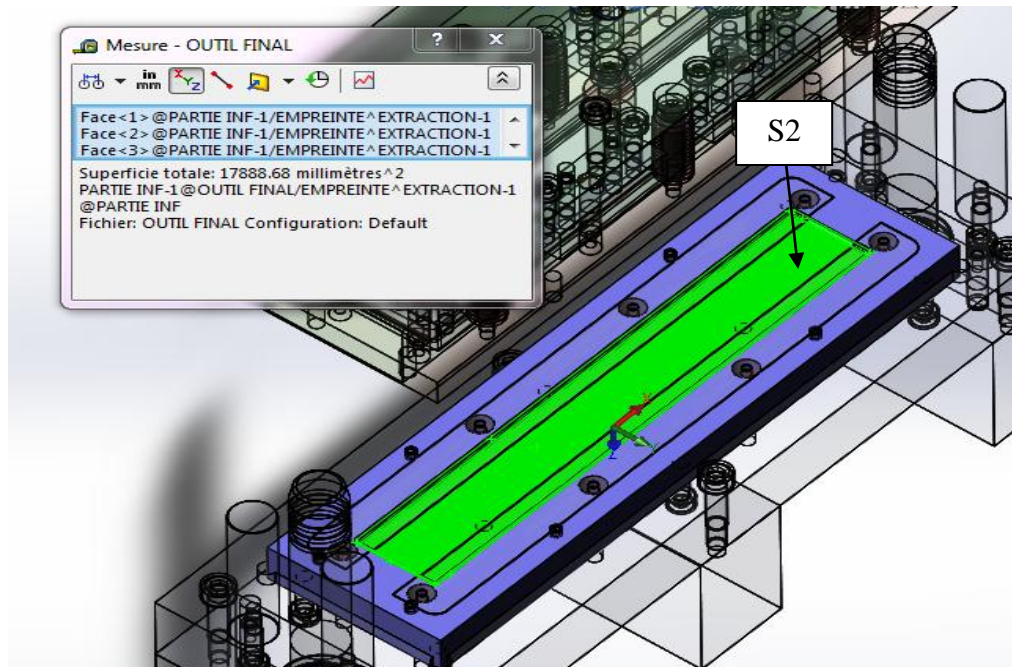


Figure IV.6 : Mesure de la surface de la matrice qui est en contact avec la pièce.

$$S2 = 17888.68 \text{ mm}^2$$

$$F_{er} = 50170.3956 \text{ N}$$

$$\sigma_m = \frac{50170.3956}{17888.68}$$

$$\sigma_m = 2.8 \text{ N/mm}^2$$

Donc:

$$\sigma_m < R_e$$

Alors la matrice va résister à l'effort d'emboutissage.

IV.3.4) La vitesse de l'emboutissage :

Matériaux	Vitesse (mm/s)
L'acier	200
Les aciers doux	280
L'aluminium	500
Le laiton	750

Tableau IV.2 : vitesses d'emboutissage pour différents matériaux.

Donc la vitesse d'emboutissage pour la tôle en acier doux est entre **280 mm/s**.

IV.3.5) le choix des ressorts élastomère : [10]

Les ressorts élastomères doit assurer le dévêtissage qui consiste à plaquer la bande contre la matrice pour éviter la remontée de la bande lors du retour des poinçons, pour des raisons d'équilibre.

Les ressorts élastomères son classer par couleur, qui signifie le type de charge.

On distingue deux types de ressorts élastomères :

- Ressorts élastomères (chloroprène noir).
- Ressorts élastomères (chloroprène rouge).

L'effort d'un seul ressort est calculé par la relation suivante :

$$F_{Re} = F_d/n$$

Avec :

F_{re} : La force d'un seul ressort.

F_d : L'effort de dévêtissage.

n : nombre de ressorts.

Application numérique :

$$F_{Re} = 1139.44/3$$

$$F_{Re} = 379.81 \text{ N}$$

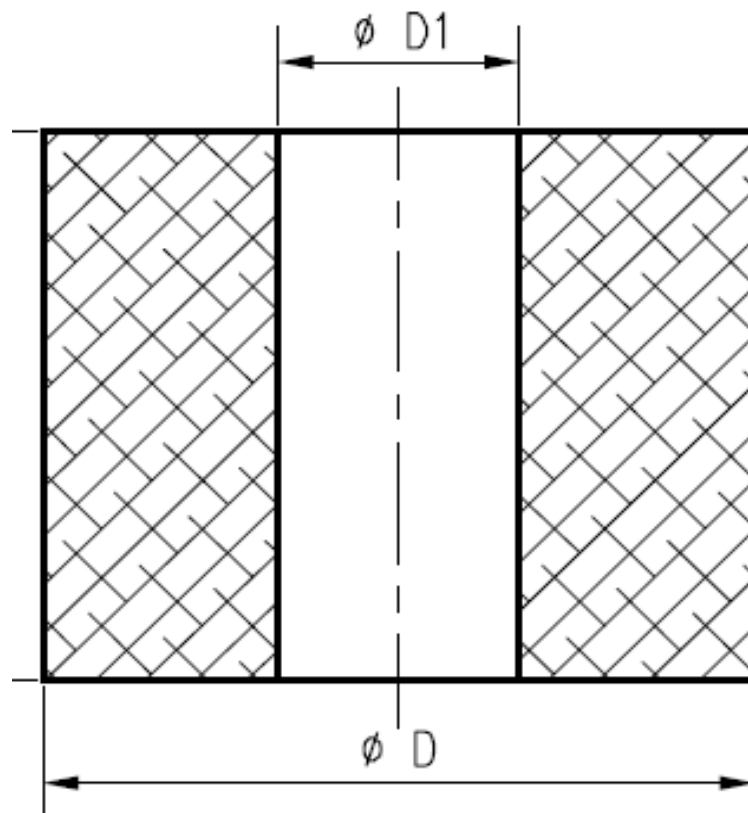


Figure IV.7: Schéma de dimensionnement d'un ressort élastomère.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

GAMME DISPONIBLE												
D1	H	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
	D											
6.5	16											
8.5	20											
10.5	25											
13.5	32											
13.5	40											
17	50											
17	63											
21	80											
21	100											
17	125											

Tableau IV.3 : catalogue RABOURDIN dimension des ressorts élastomères.

D'après l'effort de ressort, on a choisie un ressort élastomère (chloroprène noir).

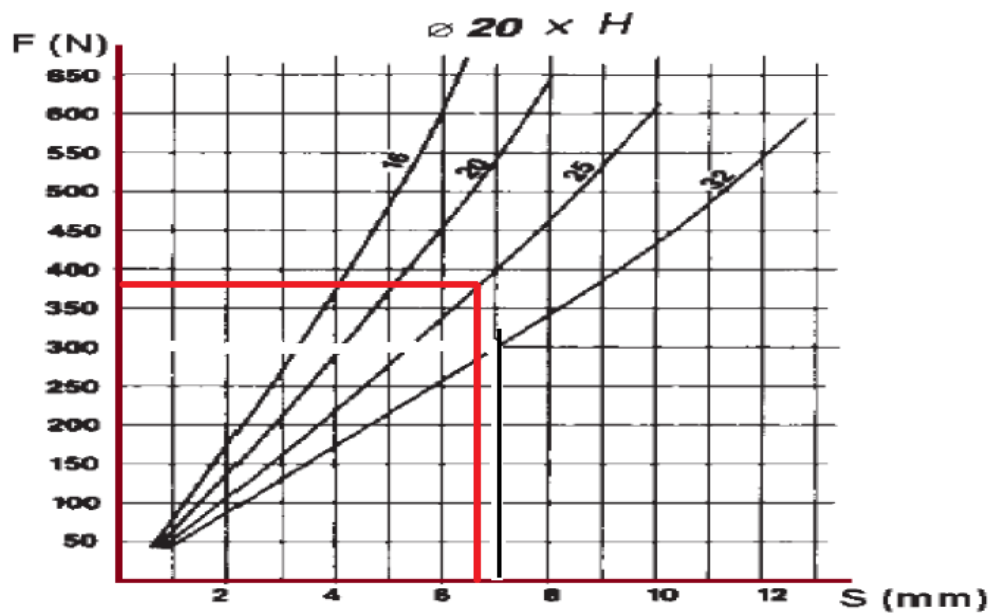


Figure IV.8 : différents charges (F) des ressorts élastomère (chloroprène noir) en fonction de la course.

Caractéristiques de ressort :

$D= 20 \text{ mm}$

$D1=10,5 \text{ mm}$

$H1= 25 \text{ mm}$

$X1= 6.7\text{mm}$ (course de ressort élastomère)

$F_{Re}= 380 \text{ N}$.

IV.3.6) Choix des ressorts de compression :

Les ressorts qu'on a utilisés se fixent sur un serre-flan, ils aident pour le serrage des fans et le retour de serre-flan a sa première position.

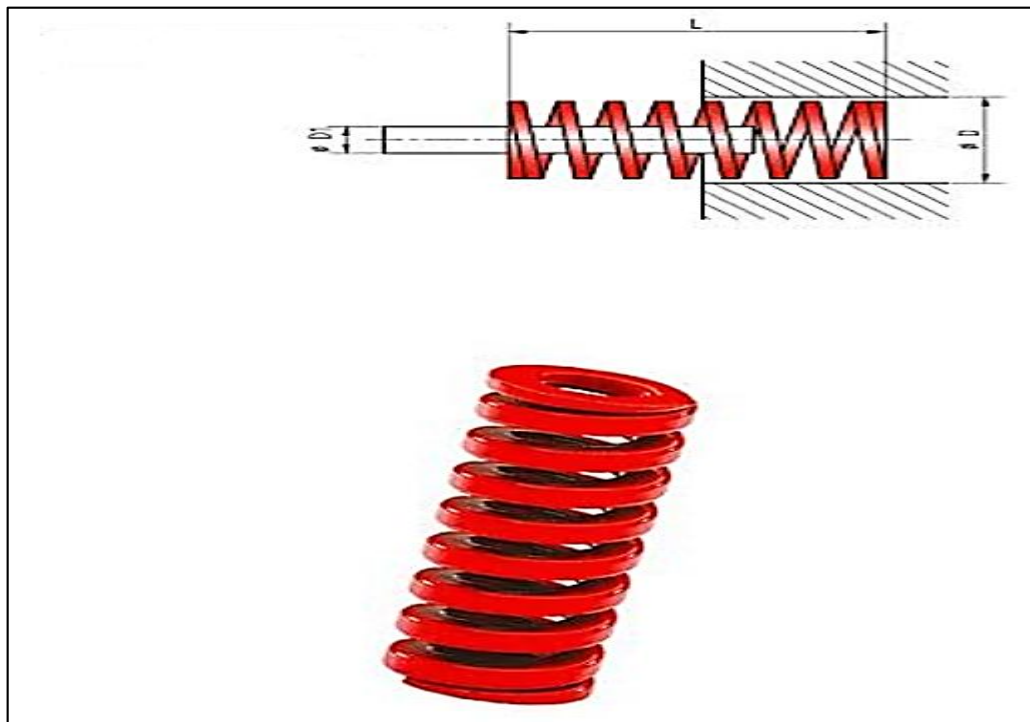


Figure IV.9 : Dimension du ressort.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

D	D1	L	K	A 17%		B 25%		C Approximatif	
mm	Mm	mm	N/mm	N	mm	N	mm	N	mm
20	10	32	374	2037	5.4	2995	8	4118	11
		38	366	2235	6.5	3287	9.5	4498	13
		44	244	1825	4.2	2684	11	3904	16
		51	208	1799	8.5	2646	12.8	3735	18
		64	161	1752	10.9	2575	16	3703	23
		76	131	1690	12.9	2485	19	3401	26
		89	111	1672	15.1	2459	22.3	3426	31
		102	96.3	1670	17.3	2464	25.5	3467	36
		116	85.7	1675	19.6	2423	28.8	3514	41

Tableau IV.4 : Catalogue Rabourdin d'un ressort charge forte.

On a choisi un ressort qui a les caractéristiques suivantes :

D= 20 mm

D1=10 mm

L= 44 mm

K= 244 N/mm

A= 4.2 mm (course de ressort comprimée)

$F_r = 2684$ N

$F_{rt} = 2684 * 6$ (Effort de six ressorts).

$F_{rt} = 16104$ N

IV.3.7) Le choix de la presse:

Le choix de la presse à utiliser dépend de plusieurs paramètres tels que :

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

- La nature de la tôle utilisée.
- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés,
- La longueur et la largeur de la table doivent être supérieures à celle de l'outil,
- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieur à la hauteur de l'outil fermé.
- La nature des opérations à réaliser.

A partir de ces paramètres, la presse choisie est de type **DCP 100-18 Arcade100 tonnes**, construction allemande qui a les caractéristiques suivantes:

- Capacité de la presse (100 tonnes).
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMH)..... (600mm).
- Distance entre la table et le coulisseau en (PMB)..... (350mm).
- Dimensions de la table (longueur et largeur)..... (1800mm × 1200mm).
- Course de coulisseau..... (250mm).

IV.4) Détail de l'outil :

L'outil qu'on a conçu comme tous les autres outils, il a deux parties, une partie fixe et autre mobil.

IV.4.1) La partie fixe : est fixée sur la table de la presse, en utilisant des brides, et elle se compose de plusieurs pièces et chaque une de ces pièces a son rôle.

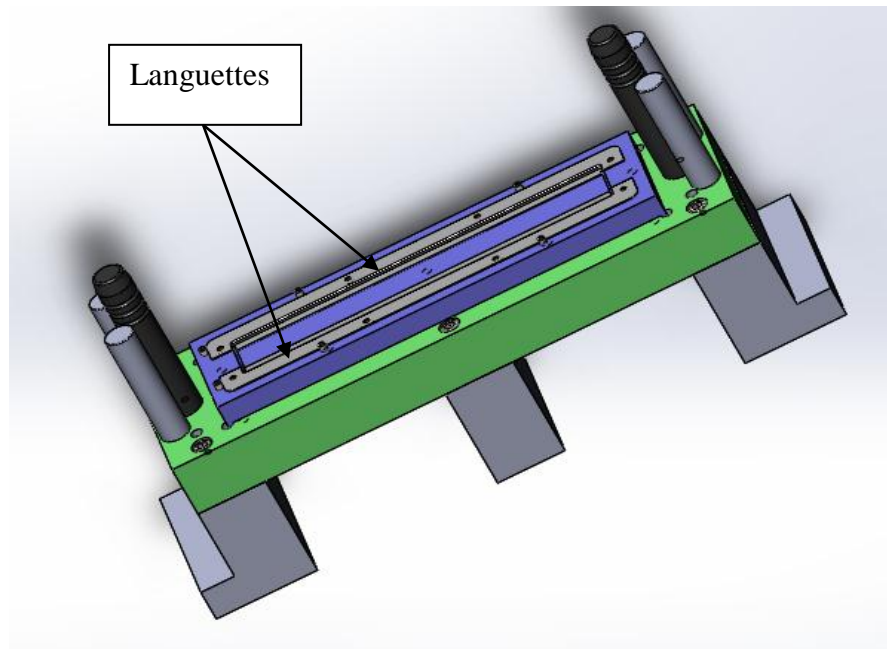


Figure IV.10 : La partie inférieure (fixe) de l'outil.

a) Les tasseaux :

Se sont des pièces qu'on trouve dans la partie inférieure, servent à fixer l'outil sur la table de la presse en utilisant des brides, Le tasseau intermédiaire c'est une protection pour la semelle pour ne pas fléchir.

b) La semelle inférieure :

C'est une plaque sur laquelle on a ajusté des différents éléments, son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort d'emboutissage et de poinçonnage, elle est en acier (**E24**).

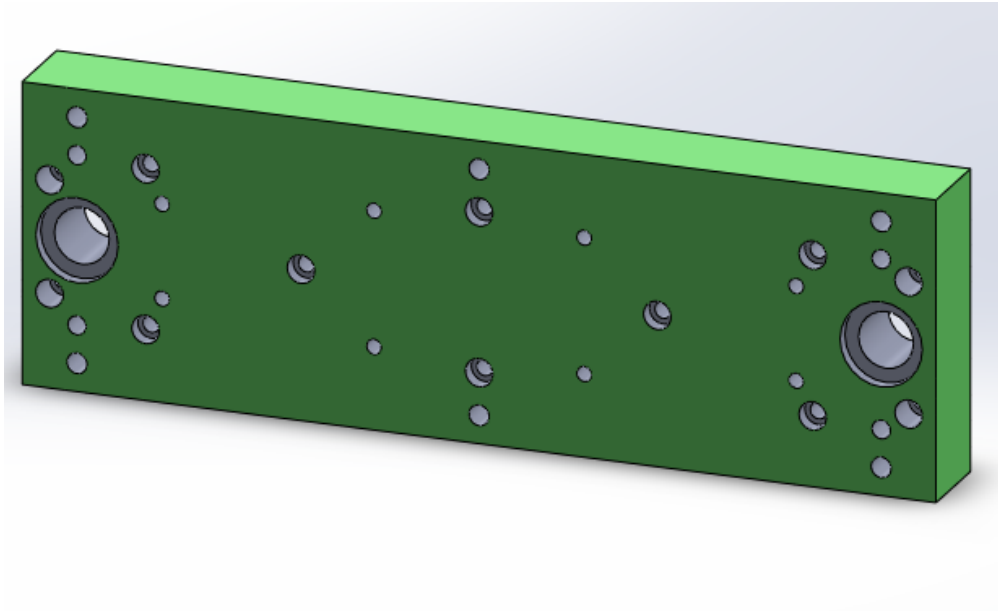


Figure IV.11: La semelle inférieure de l'outil.

c) La matrice :

Elle se monte sur la semelle inférieure, elle porte l'empreinte de la partie inférieure de la pièce, elle est en **XC48**, elle doit résister aux efforts de poinçonnage et d'emboutissage.

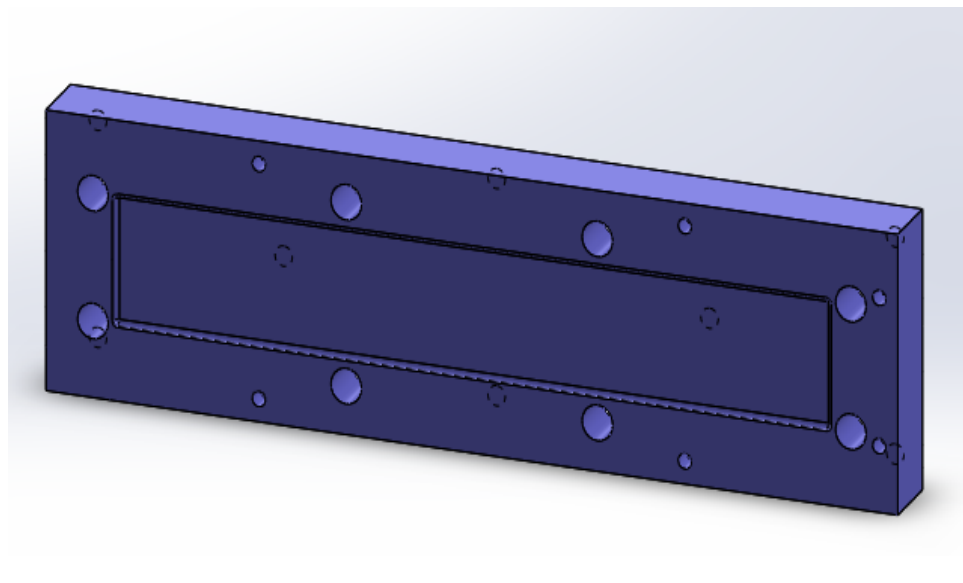


Figure IV.12 : La matrice (empreinte) de l'outil.

d) Les colonnes de guidage :

Elles servent à guider la partie supérieure et s'assurer un bon ajustement entre les deux parties supérieure et inférieure, elles sont fixée sur la semelle inférieure, elles sont en **Z200C12**.



Figure IV.13 : La colonne de guidage de l'outil.

e) Les butées fin de course :

Elles sont fixées sur la semelle inférieure, elles consistent à faire stopper la course du coulisseau supérieur lorsqu'il descend. Elles sont en acier **E24**.

f) Les butées de positionnement :

Elles sont fixées sur la matrice, elles consistent à positionner le flan sur la matrice.

g) Les canons :

Se trouvent dans la matrice, ils servent comme protection pour la matrice en cas d'un endommagement la matrice reste sans aucun risque, ils sont en **Z200C12**.

IV.4.2) La partie mobile : cette partie est fixée sur le coulisseau, elle aussi composé de plusieurs éléments essentiel.

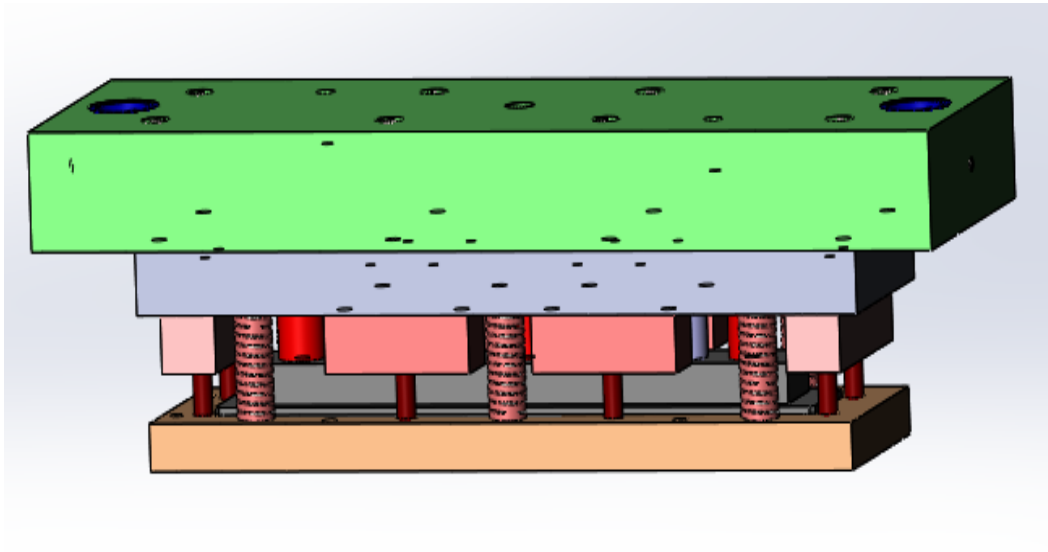


Figure IV.14 : la partie supérieure de l'outil.

a) La semelle supérieure :

Elle est fixée sur le coulisseau de la presse et elle porte les éléments de la partie supérieure, elle est en **E24**.

b) Les bagues de guidage :

C'est des éléments dans lesquels les colonnes de guidage pénètrent, elles sont en **Z200C12**.



Figure IV.15 : Bague de guidage de l'outil.

c) Contre plaque :

Elle est montée sur la semelle supérieure, et elle porte le poinçon de forme, les portes poinçons et le serre-flan, elle est en **XC48**.

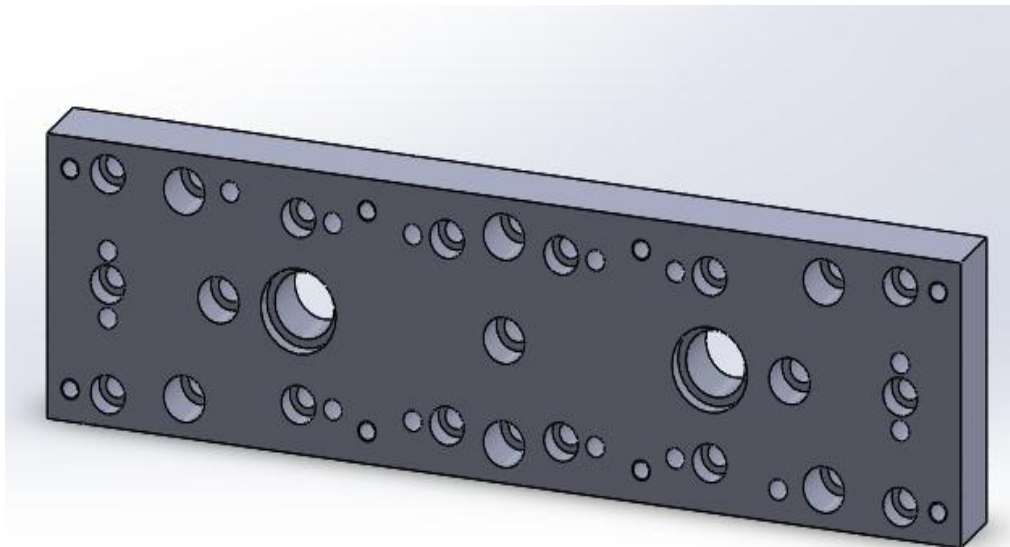


Figure IV.16 : Contre plaque de l'outil.

d) Le poinçon de forme :

C'est un élément principal de l'outil, il exécute la forme de l'emboutissage, il est en **XC48**.

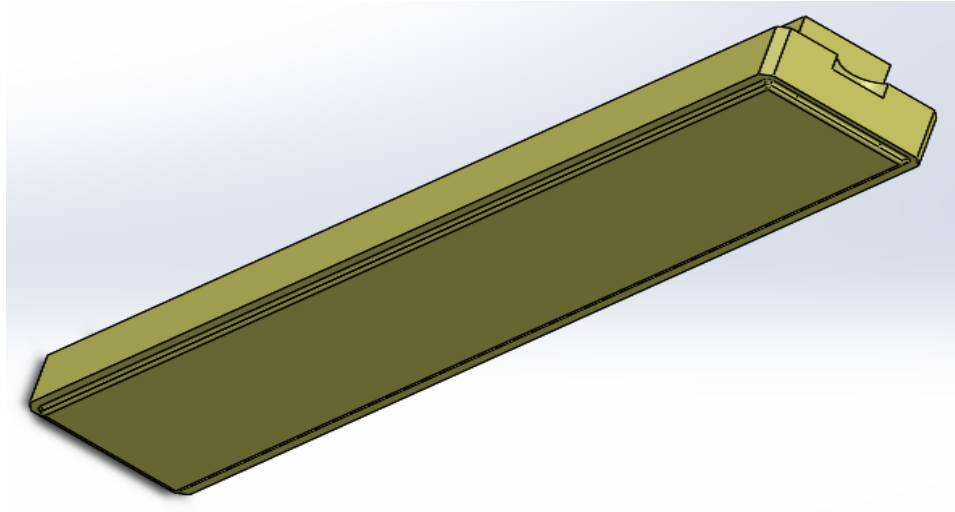


Figure IV.17 : Le poinçon de forme (d'emboutissage).

e) Les poinçons :

Ce sont aussi des éléments principaux de l'outil qui exécutent le travail de poinçonnage, ils sont fixés directement aux portes poinçons, ils sont en **Z200C12**

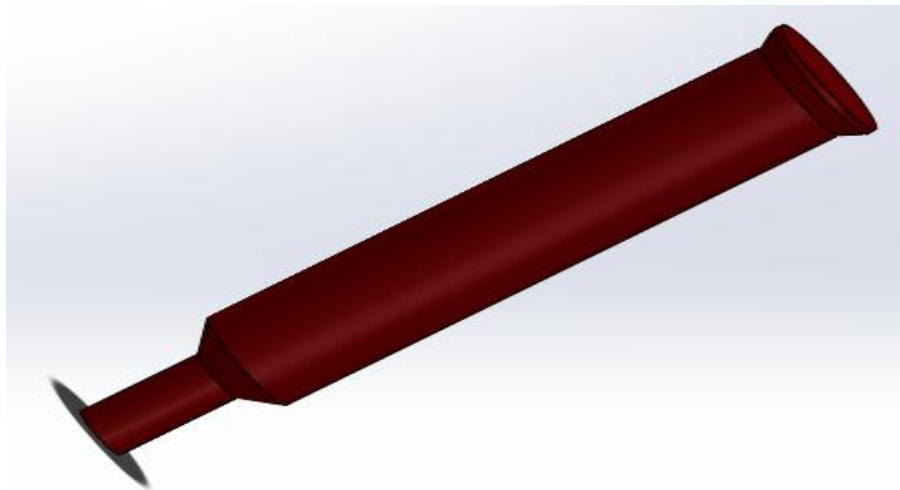


Figure IV.18 : Le poinçon de l'outil.

f) Portes poinçons :

C'est des éléments qui se fixe sur la contre plaque et ils portent les poinçons, ils sont en **XC48**.

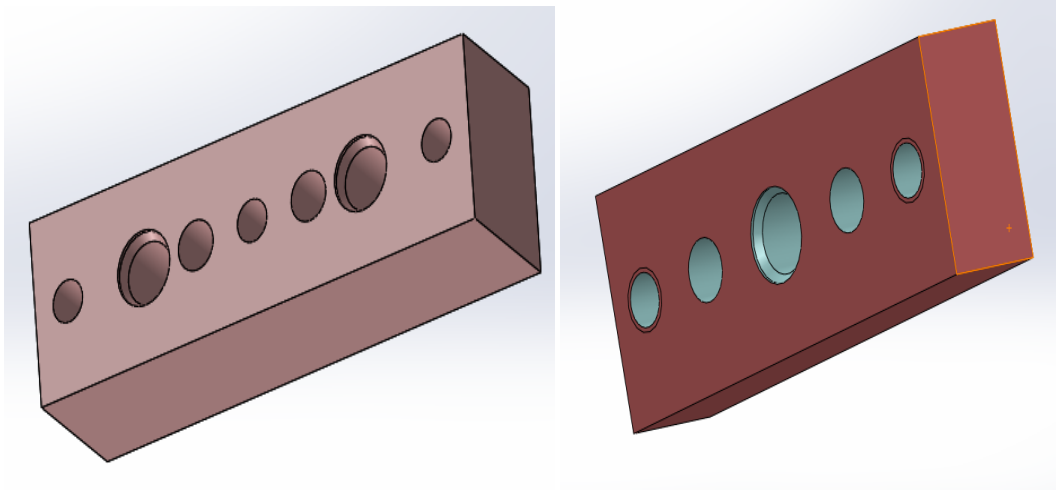


Figure IV.19 : les portes poinçons de l'outil.

g) Le serre-flan :

Le rôle de serre-flan consiste à empêcher la formation de plis sur le rebond de flan, en exerçant une pression appropriée, il est en **XC48**.

➤ Outil complet assemblé :

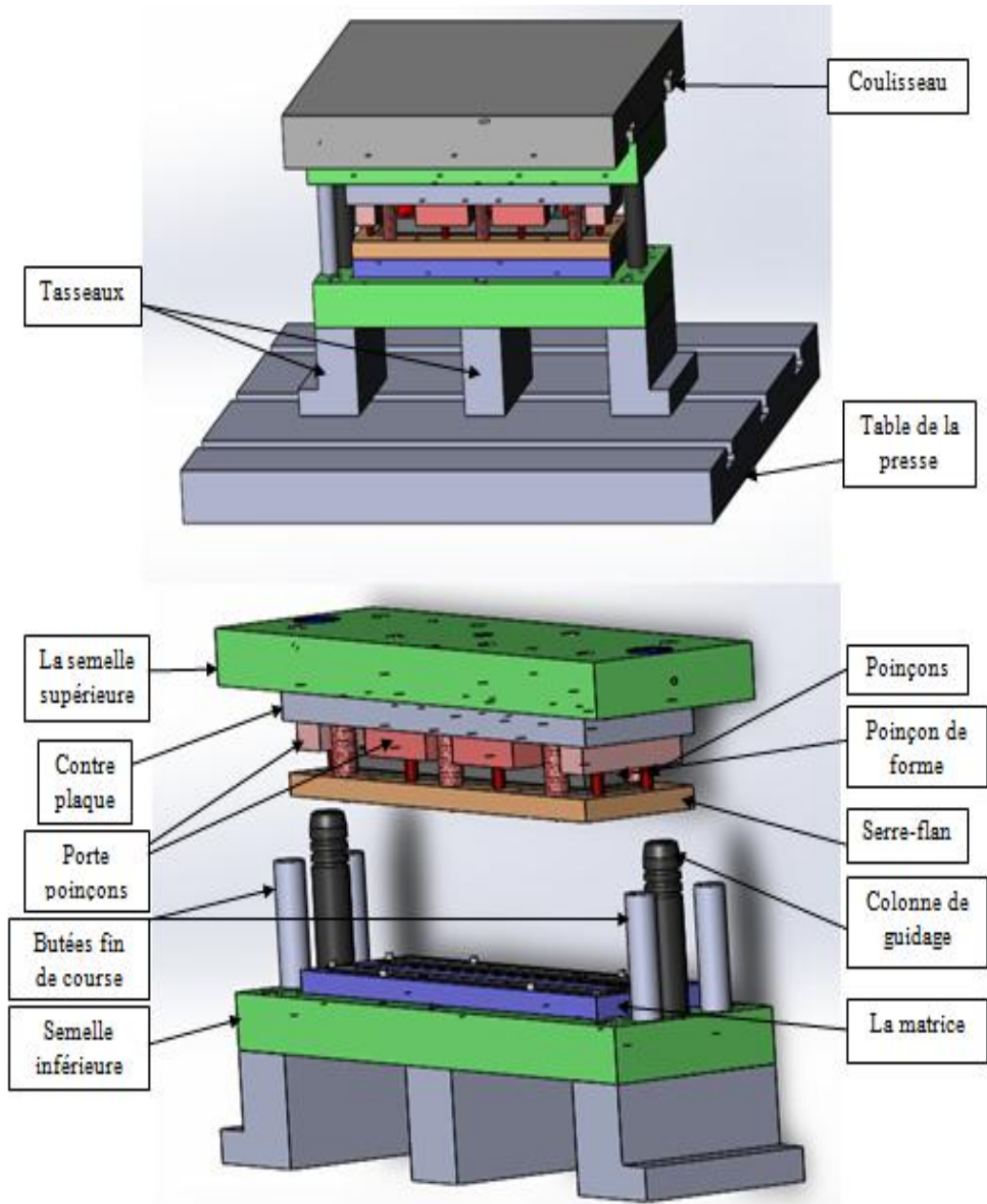


Figure IV.20 : L'outil complet assemblé.

IV.4.3) Le principe de fonctionnement :

Le flan positionné sur la matrice à l'aide des butées de positionnement, et le coulisseau descend, le serre-flan fixe la pièce avec l'effet des ressorts, puis le poinçon de forme réalise la forme d'emboutissage et remonte par l'effet des élastomères, et vient le tour des poinçons qui effectuent à leurs tours les trous, et le travail est fini la partie supérieure remonte pour refaire l'opération à nouveau.

IV.5) Conclusion :

Dans ce chapitre on a défini la conception en général, puis on a étudié et calculé les efforts nécessaires et on a choisi la presse à partir des paramètres et les efforts calculés. Ensuite on a fait la conception de l'outil à l'aide du logiciel SolidWorks en détaillant chaque partie de l'outil.

Conclusion générale

Conclusion

Lors du stage pratique effectué au sein de l'entreprise électroménagère ENIEM, j'ai eu l'occasion de mettre en application les notions théoriques acquises durant mon parcours à l'université, mais en plus de cela, cette expérience était enrichissante car j'ai découvert le monde professionnel qui m'a permis d'élargir mes connaissances ainsi que mon savoir-faire.

La conception d'un produit a pour but de satisfaire les conditions techniques, les besoins du client ainsi que l'amélioration de la compétitivité. Dans ce contexte, on a décrit les différents procédés de mise en forme ainsi que les phénomènes qui s'y produisent lors de la fabrication sur les tôles, et on a projeté de concevoir un outil d'emboutissage et de poinçonnage pour la fabrication de la languette du poil ENIEM.

En occurrence, on a commencé par un cahier de charge puis on est passé au calcul des efforts, pour terminer par la conception de cet outil sur SolidWorks. Lors de ce travail j'ai rencontré pas mal de problèmes auxquels je devais trouver des solutions toute en prenant en compte les moyens dont dispose l'entreprise.

Pour finir, nous estimons que la réalisation de l'outil d'emboutissage conçu dans cette étude est largement dans les moyens de l'entreprise. Nous espérons que cette étude sera bénéfique pour l'ENIEM ainsi que pour les étudiants du département génie mécanique.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

[1] : ENIEM Tizi-Ouzou ; Base de documentation E.N.I.E.M ; Z.I ; *AISSAT Idir*; Oued Aissi ; Tizi-Ouzou ; Algérie ; *Tél* : +213.26.41.32.14 ; Fax : +213.26.20.04.24

[2] : Procédés d'obtention des pièces brutes (Le laminage).

[3] : Mr. B.AITSLIMANE ; Mlle L. BELHADJ ; Mémoire de master FMP ; Etude et conception d'un outil d'emboutissage pour table de travail d'une cuisinière ENIEM ; 2018.

[4] : M. KHERROUB ; M. HAMADI ; Mémoire de master FMP ; étude et conception d'un outil à suivre pour la fabrication d'un panneau latéral autonettoyant d'une cuisinière E.N.I.E.M ; 2014.

[5] : B.WASSILIEF ; Emboutissage, Règle principales, Calcul. Edition Dunod, Paris ; 1970.

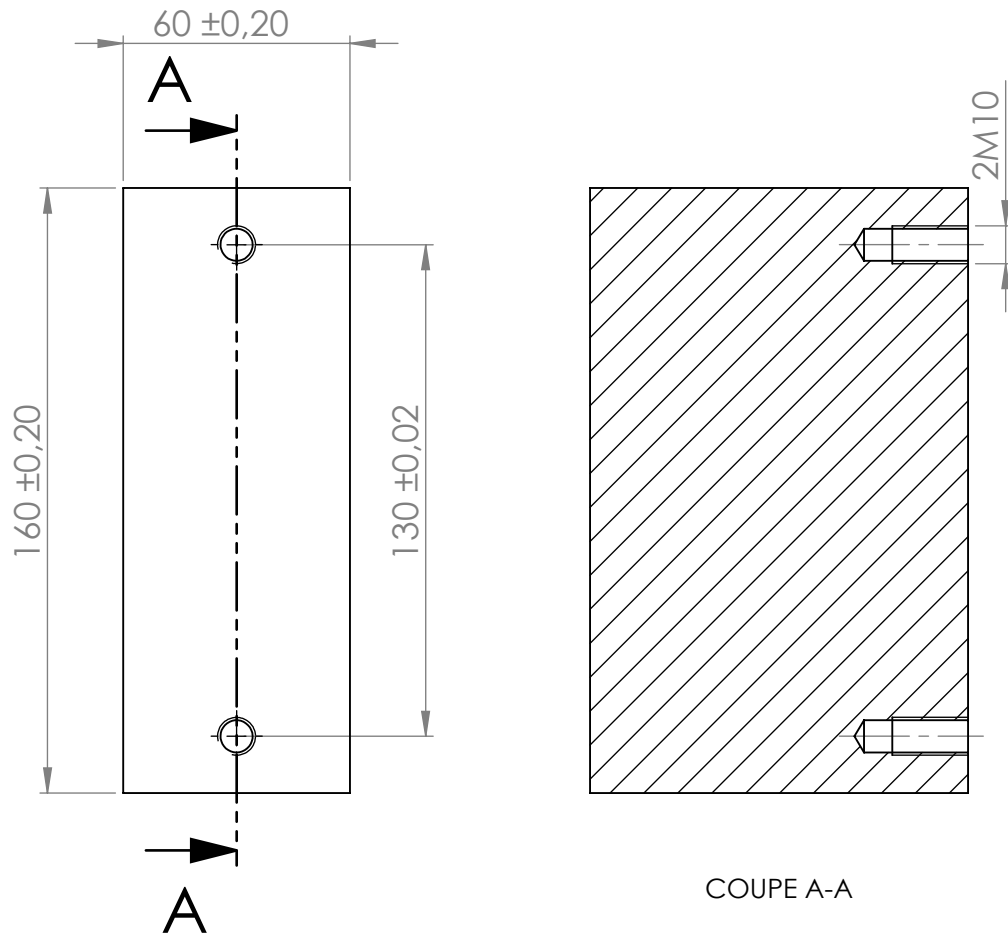
[6] : DOSSIER TECHNIQUE PROCEDES D'ELABORATION arno.carre.free.fr > microtech > procedeelaborationmicro


[7] : Travail de l'ingénieur. Gpp.oiq.q.c.ca/conception.htm.

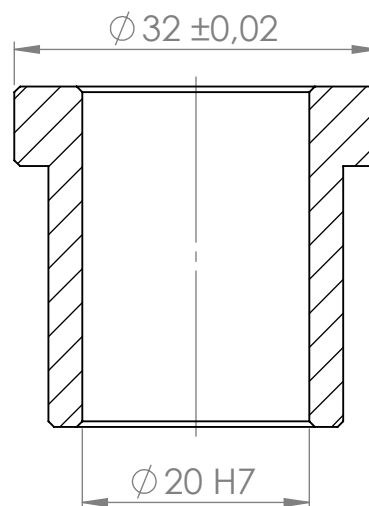
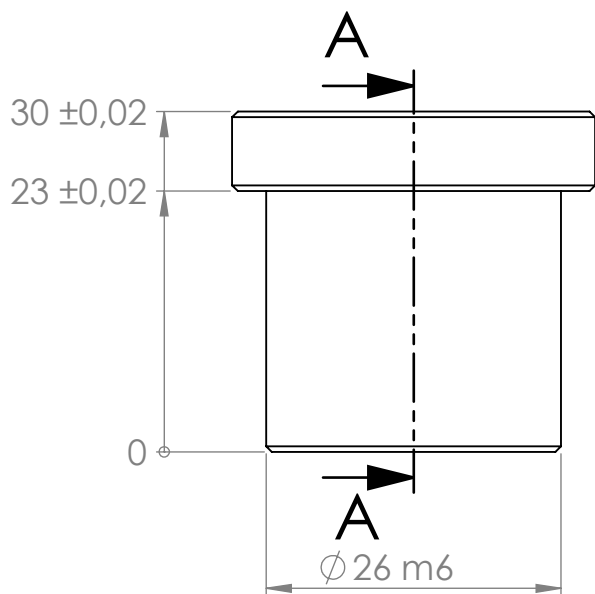
[8] : Mr. I. BESSATI ; Mr. LAOUIDAD, Etude et conception d'un outil d'emboutissage pour la réalisation d'un cache inférieure de la table cuisson ENIEM ; 2017.

[9]: Wikipedia. <https://fr.wikipedia.org> > wiki > Solid Works.

[10]:Mr. K. BIRI ; Mr. M.BOUZRARI, Mémoire de master FMP ; Etude et conception d'un outil de poinçonnage à came d'un corps de chauffe d'un radiateur à gaz naturel ; 2018.

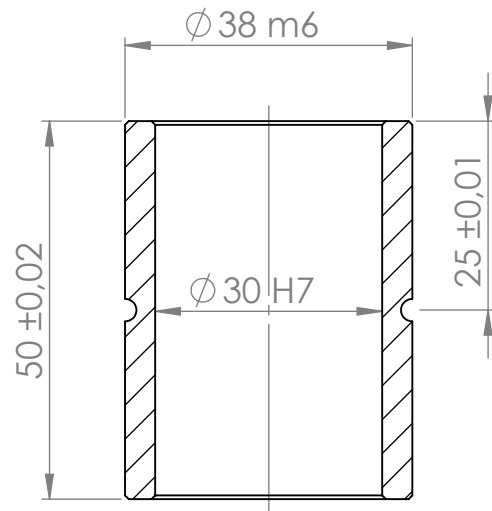
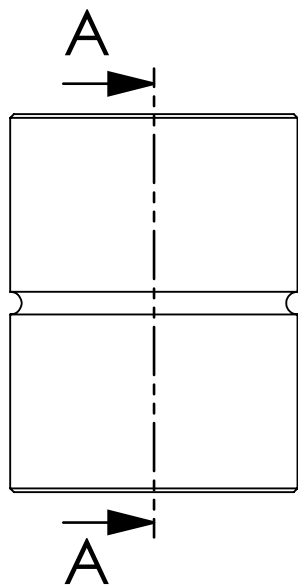


	1	Tasseau intermediaire	E24	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Onservation
ECHELLE: 1/2		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	




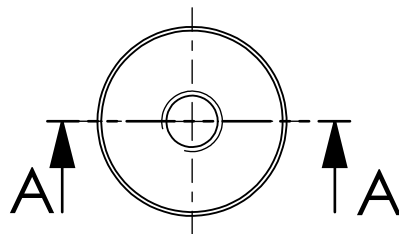
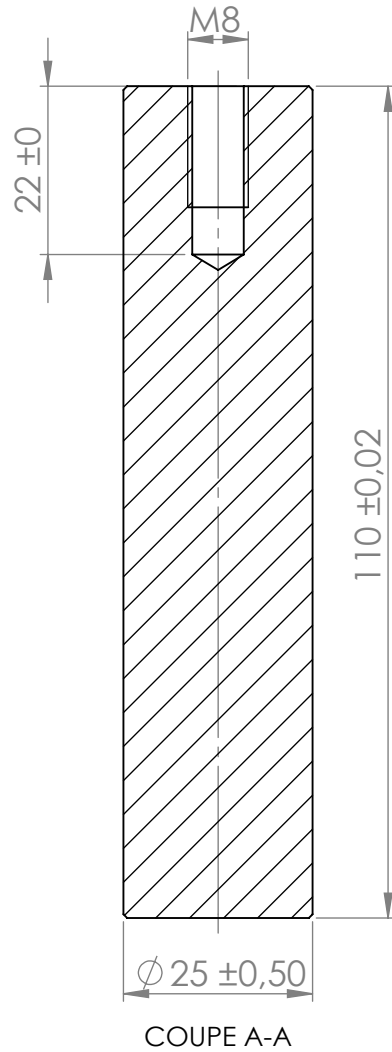
COUPE A-A


	2	Bague de guidage (Poinçon de forme	Z200C12	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE:		Outil de poinçonnage-emboutissage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

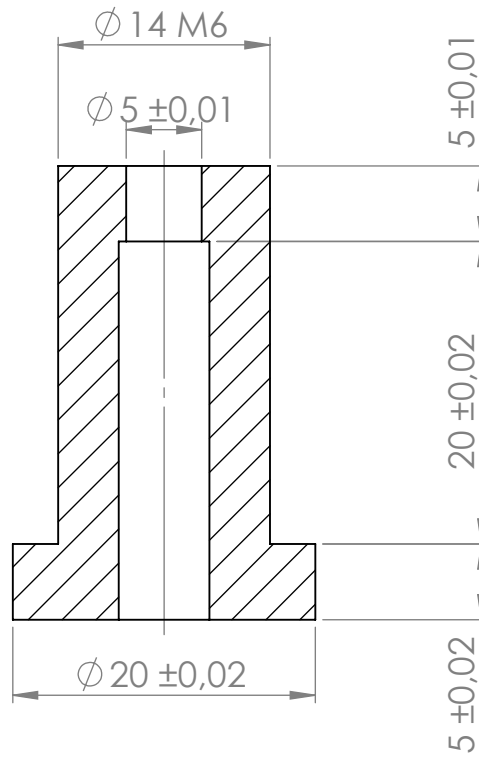


COUPE A-A

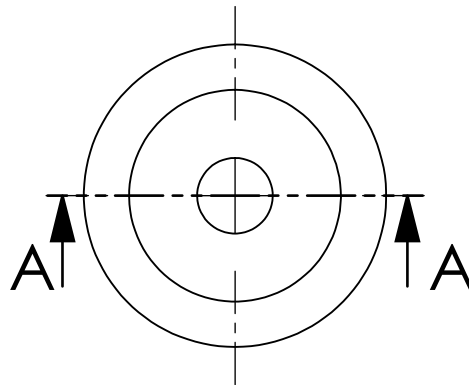
	2	Bague de guidage	Z200C12	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE:		Outil d'emboutissage-poinçonnage pour languette	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	




	4	Butée de fin de course	E24	
REF	NBR	Designation	Matière	Observation
ECHELLE:		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

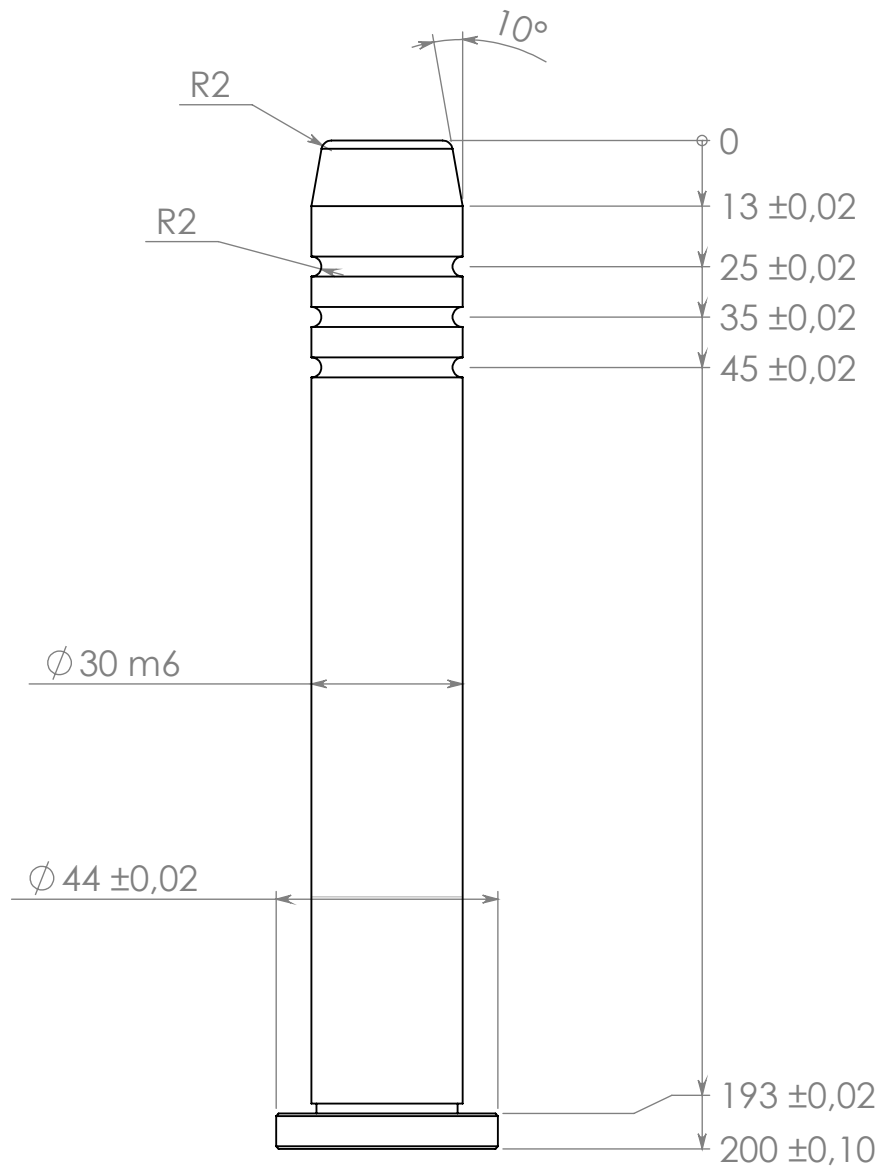



COUPE A-A

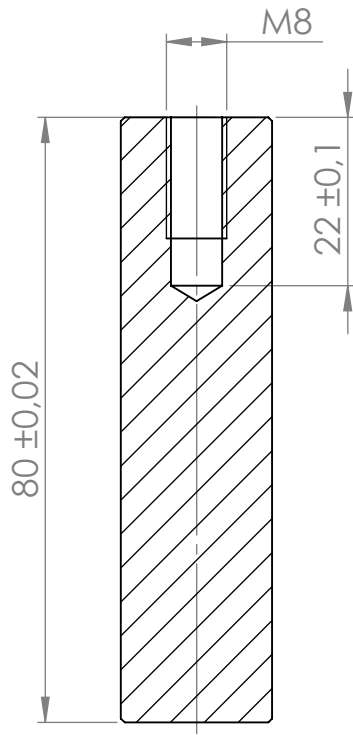


JEU DE COUPE : 0.03 mm

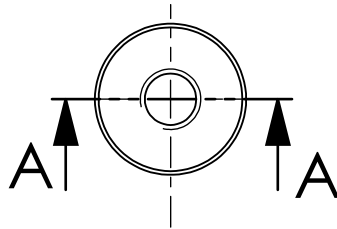
	8	Canon	Z200C12	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE:		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	



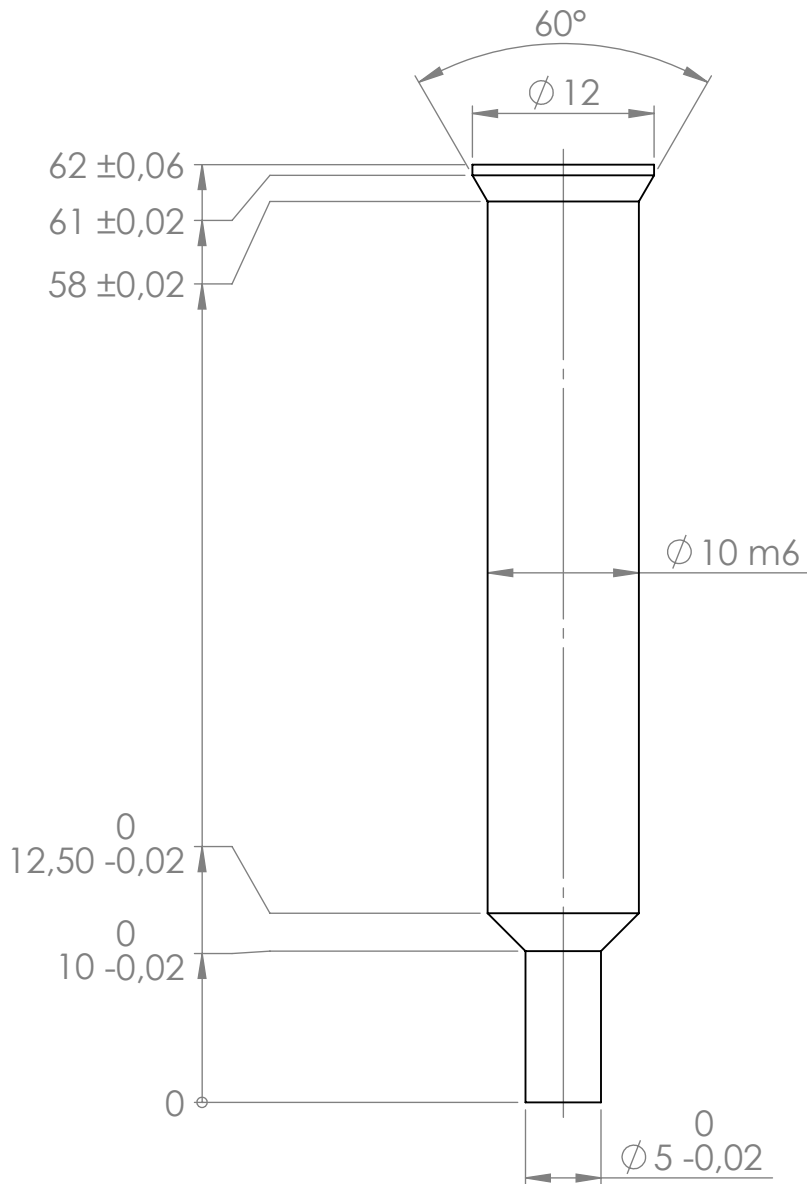
	2	Colonne de guidage	Z200C12	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE:	Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur			Etat de surface 3.2/
Planche N:				✓
	DJEBRA Thileli			2018/2019
A4	FGC DGM UMMTO			Master II




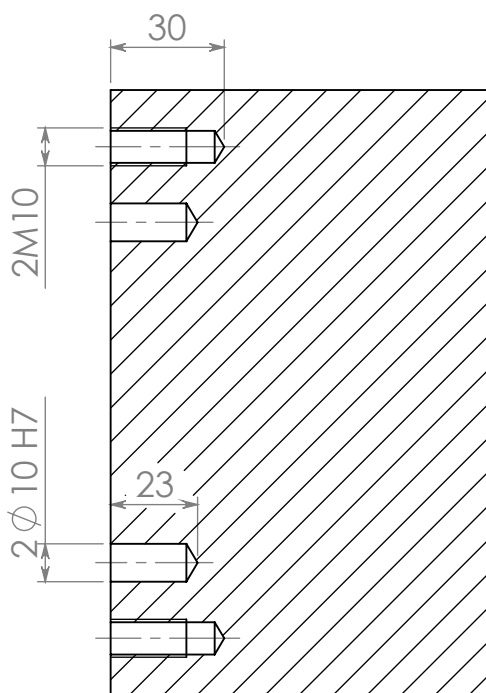
COUPE A-A



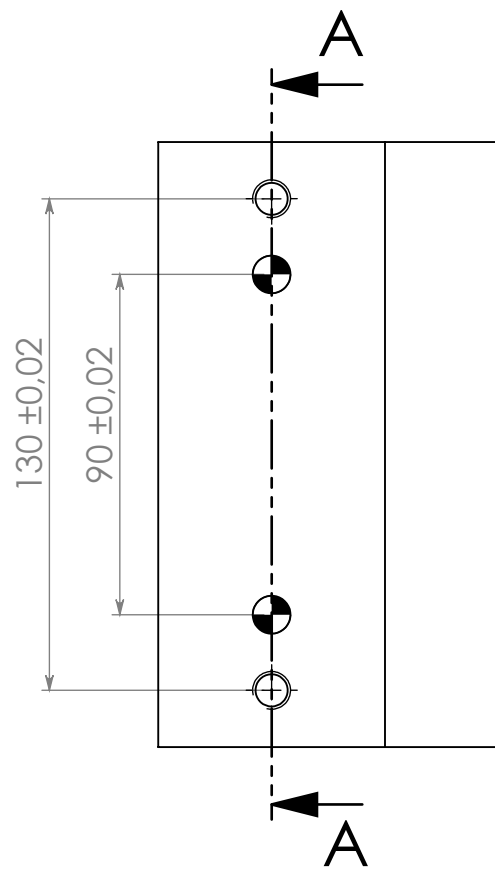
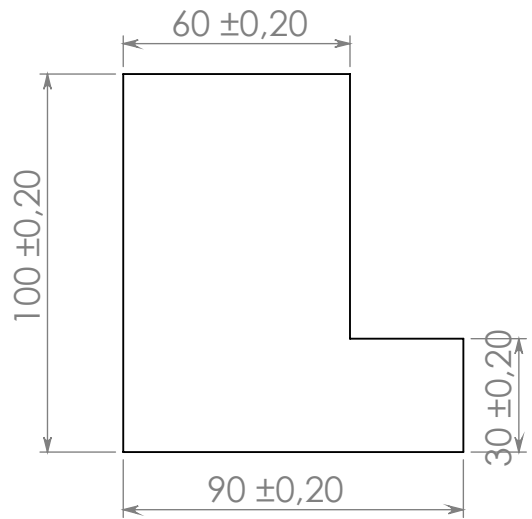
	2	Colonne de guidage (poinçon de forme	Z200C12	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE:		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	




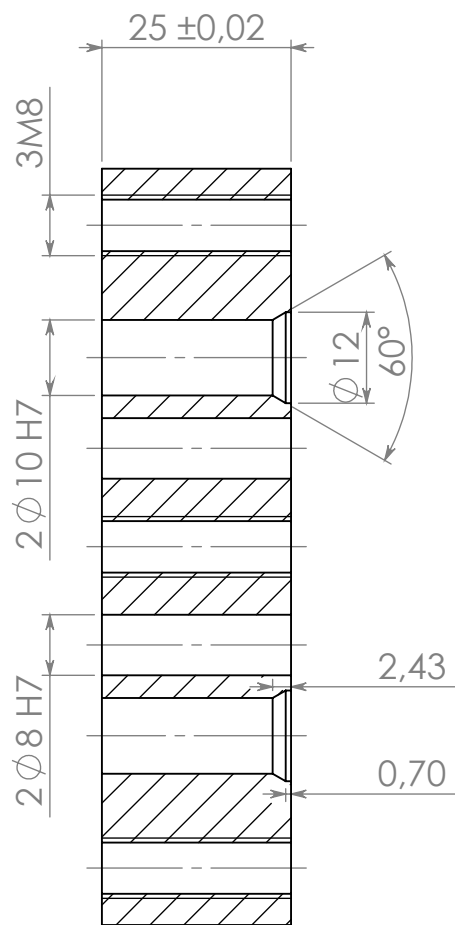
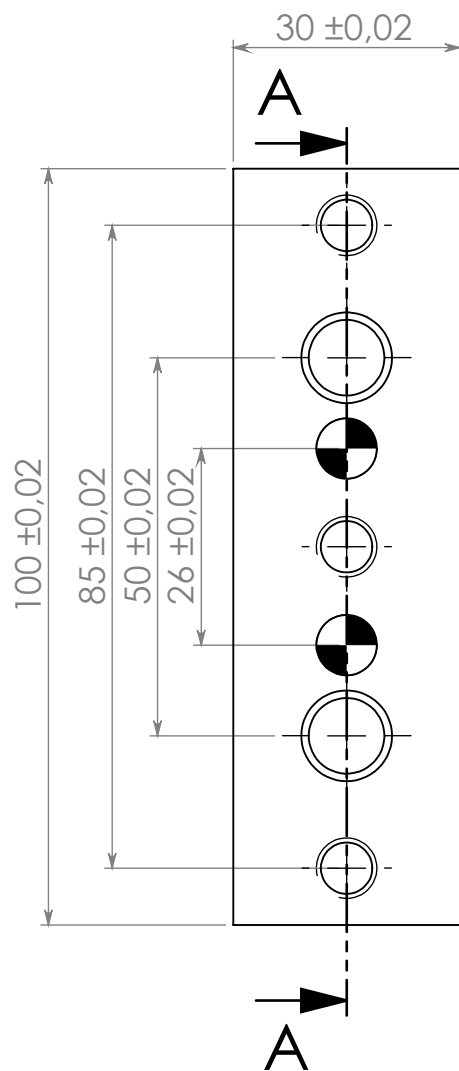
	8	Poinçon	Z200C12	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 2/1		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	




COUPE A-A

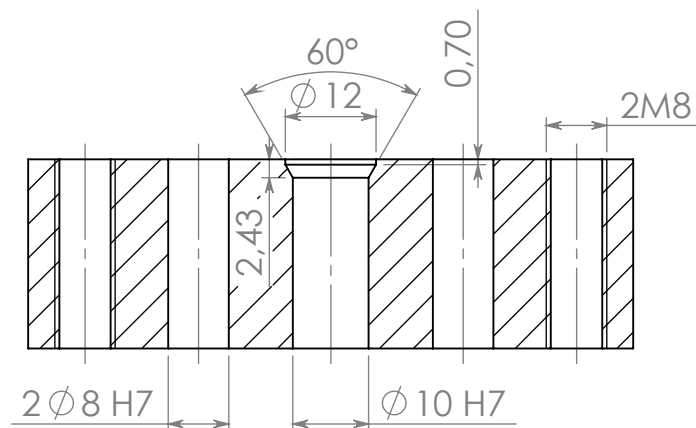


	2	Tasseau	E24	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/2		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur		Etat de surface 3.2/√
Planche N:				
		DJEBRA Thileli		2018/2019
A4		FGC DGM UMMTO		Master II

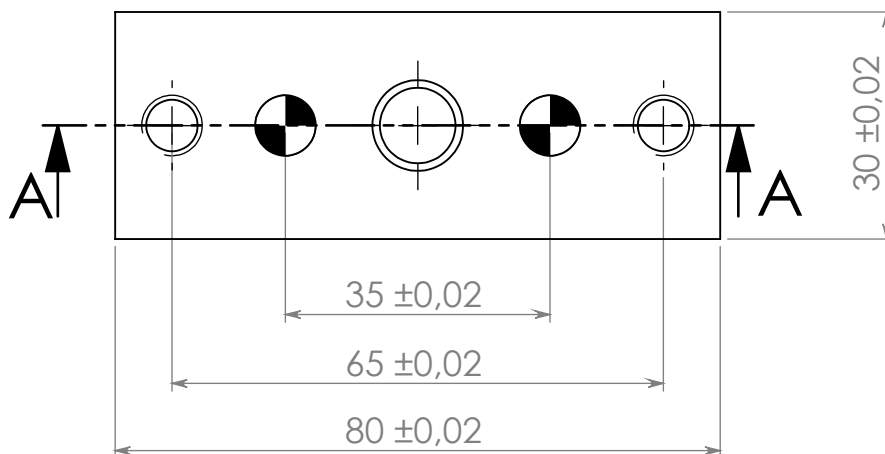



COUPE A-A

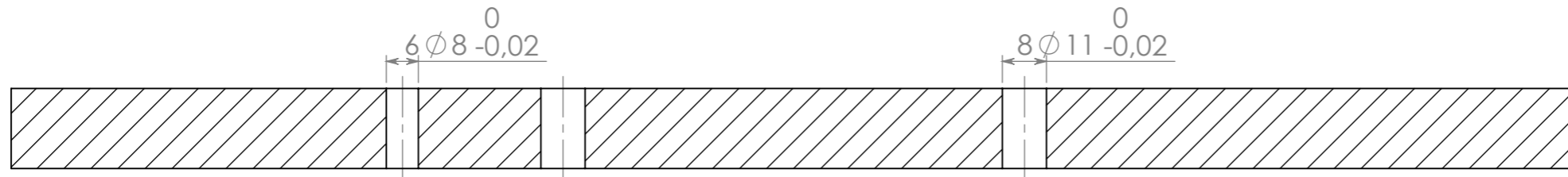
	2	Porte poinçon	XC48	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/1		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface 3.2/	
Planche N:				
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	



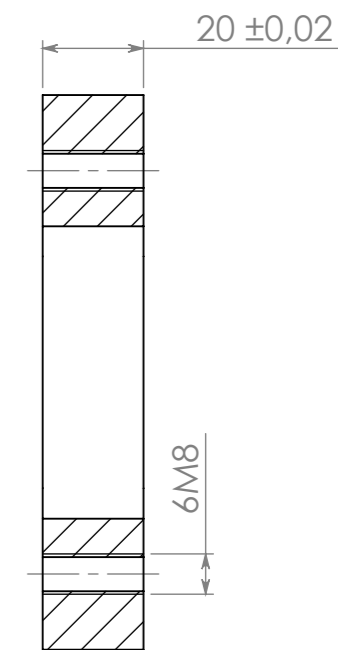
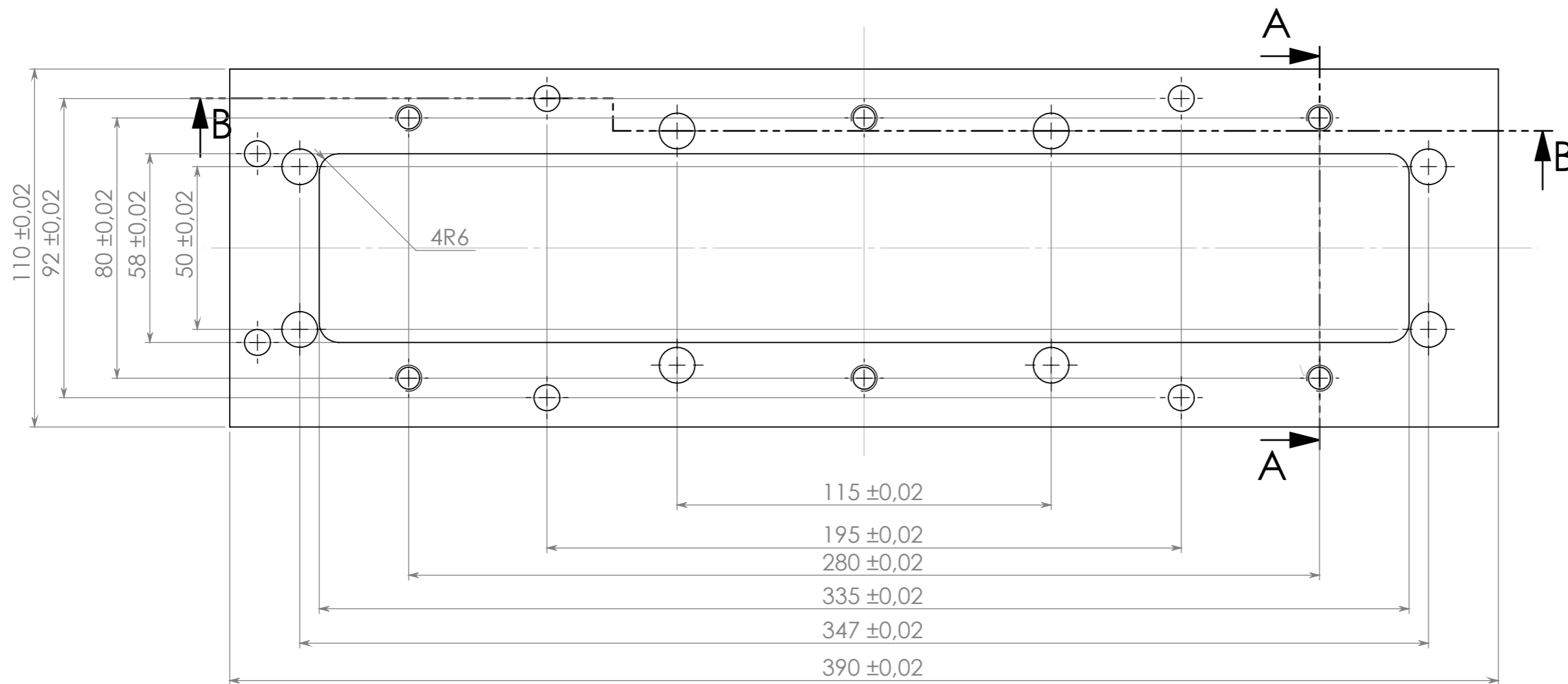
COUPE A-A



	4	Porte poinçon 2	XC48	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/1		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface	
Planche N:			3.2/	
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

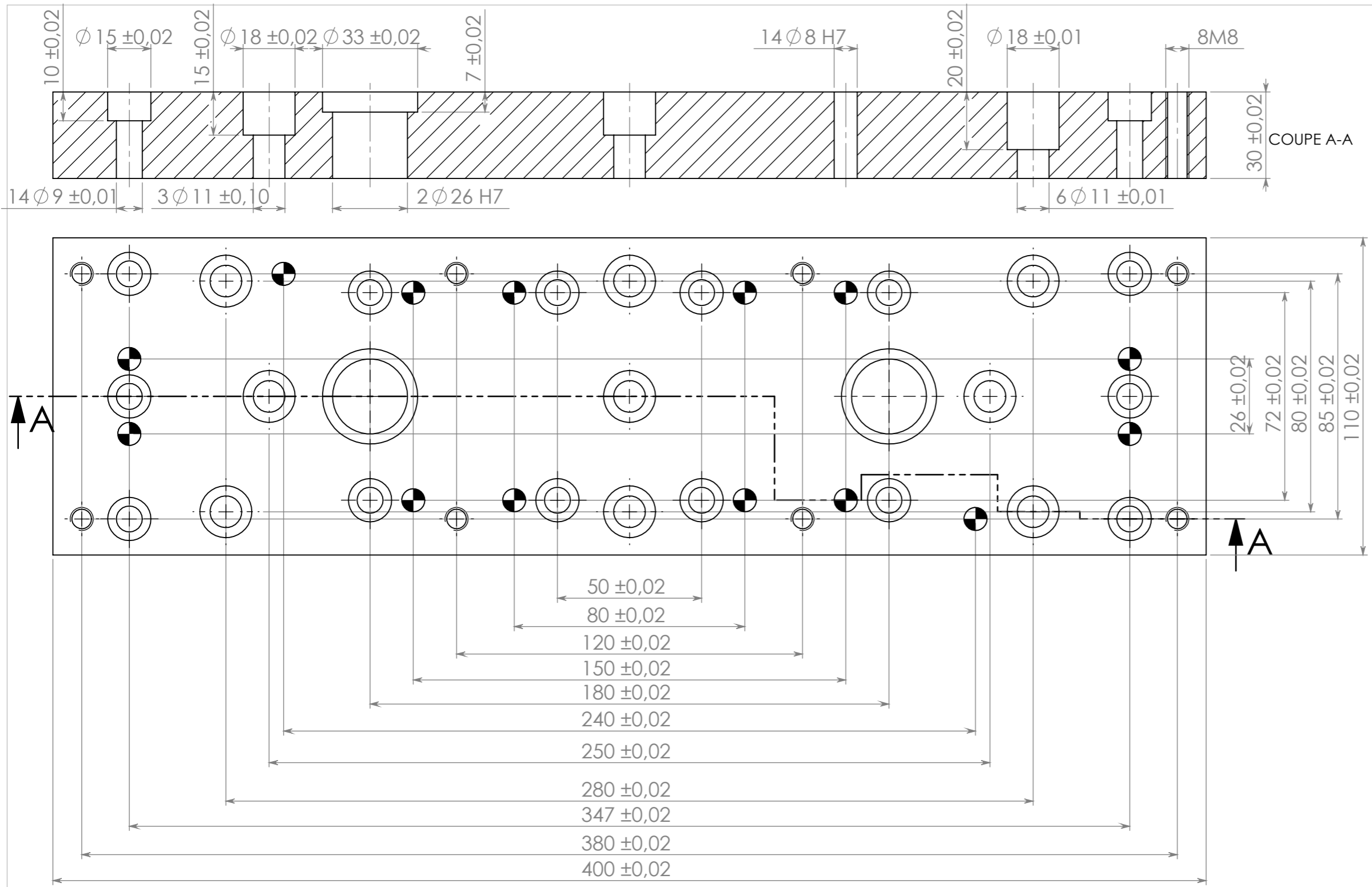



COUPE B-B

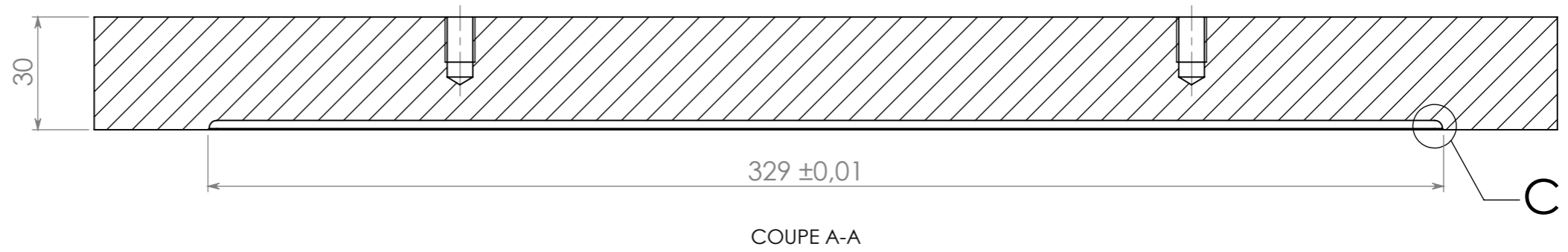
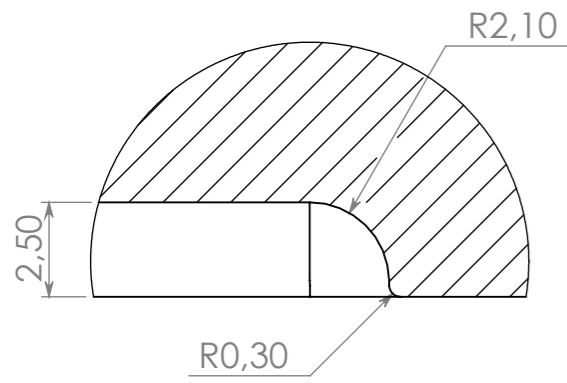


COUPE A-A

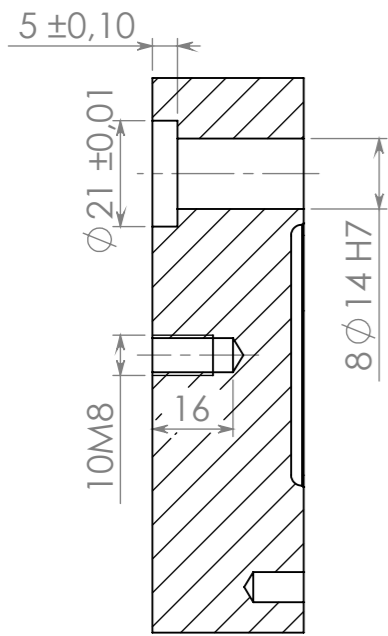
	1	Serre flanc	XC48	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/1.5		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface 3.2	
Planche N:				
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A3		FGC DGM UMMTO	Master II	



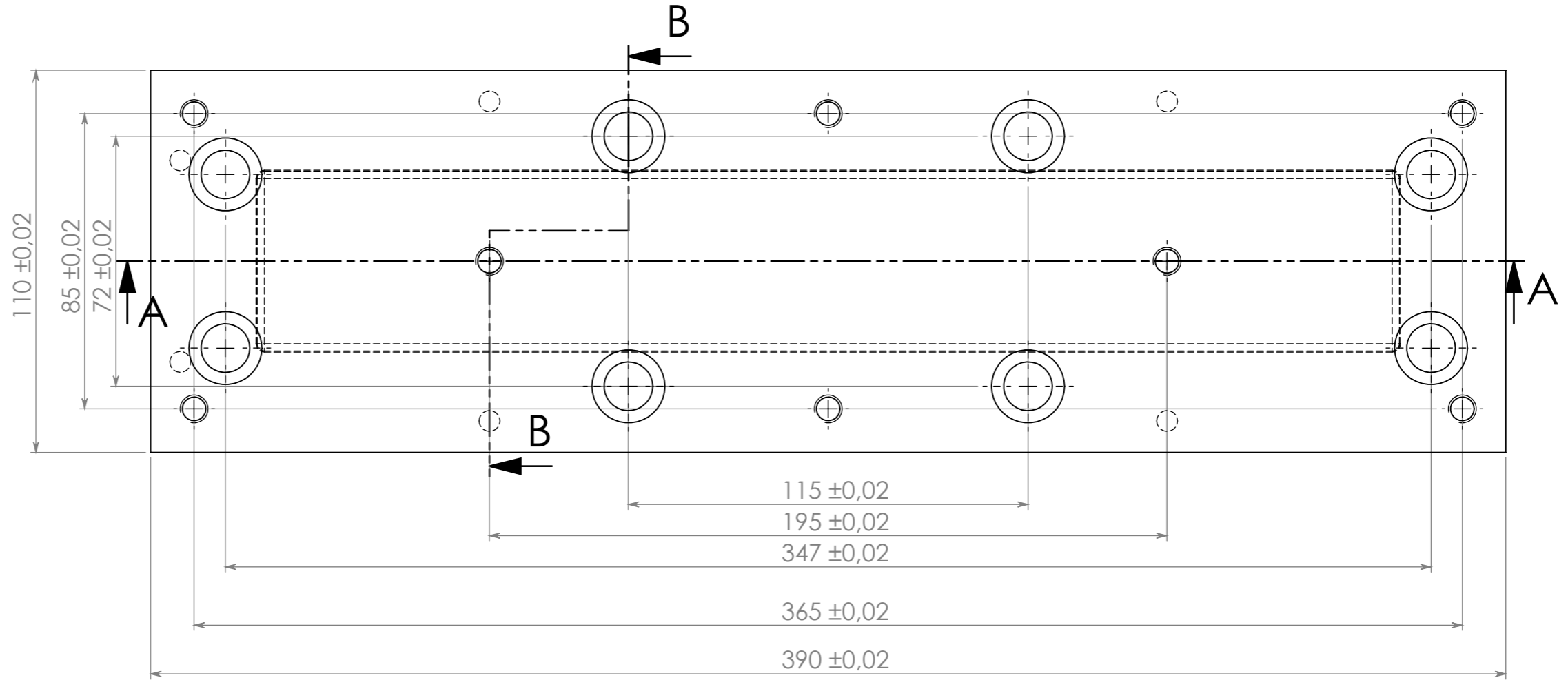
	1	Contre plaque	XC48	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE:		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface 3.2/	
Planche N:				
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A3		FGC DGM UMMTO	Master II	



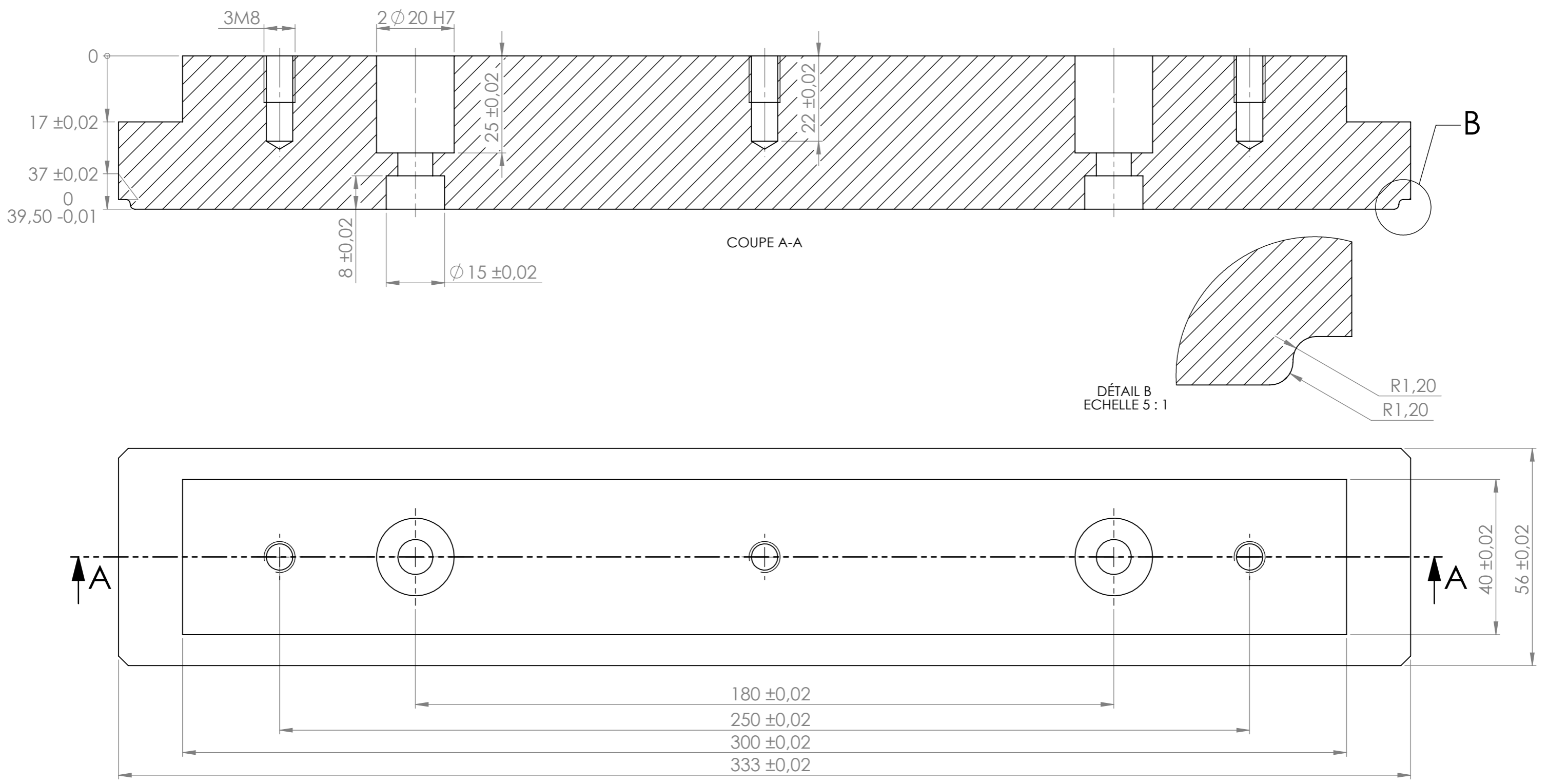
DÉTAIL C
ECHELLE 5 : 1




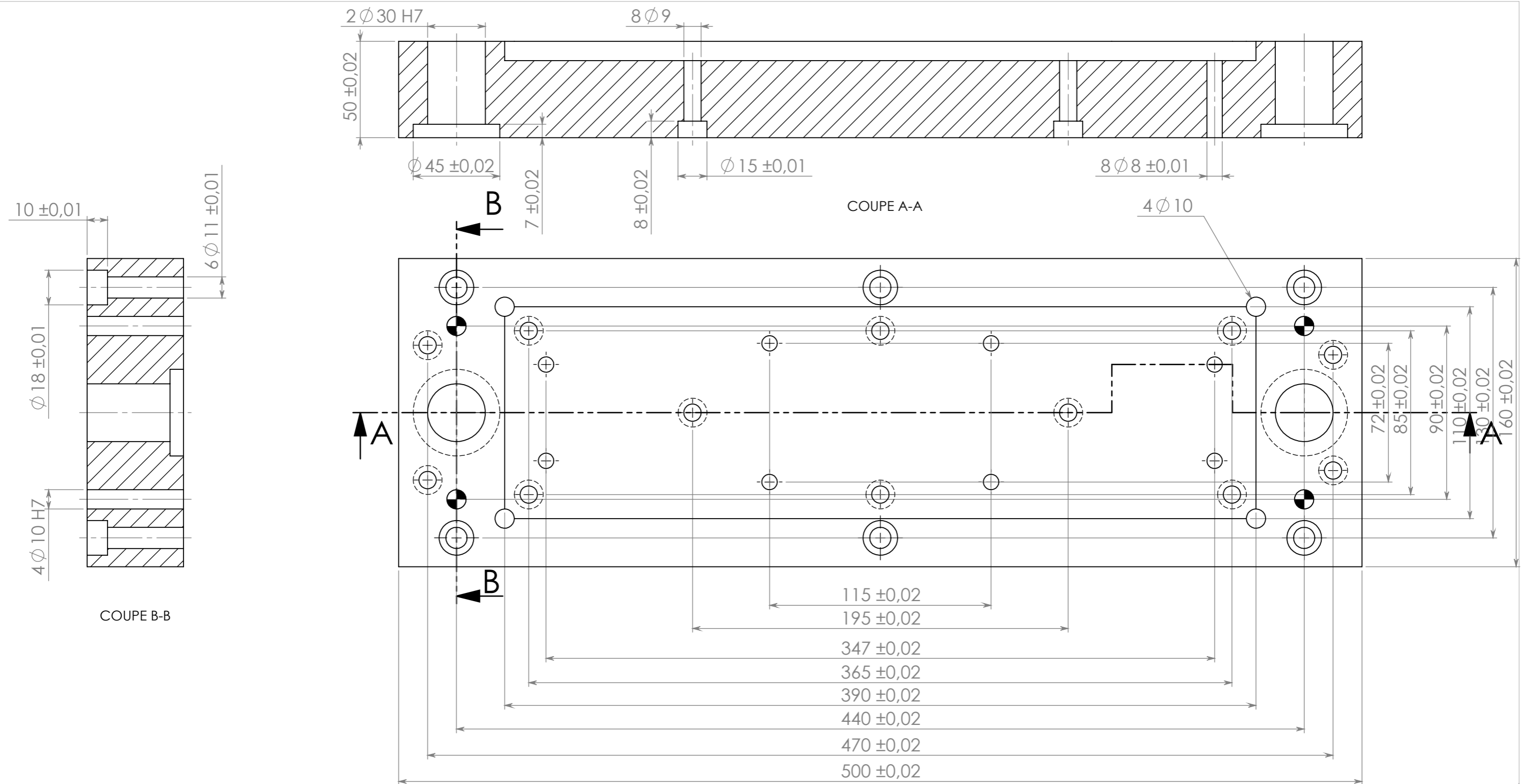
COUPE B-B



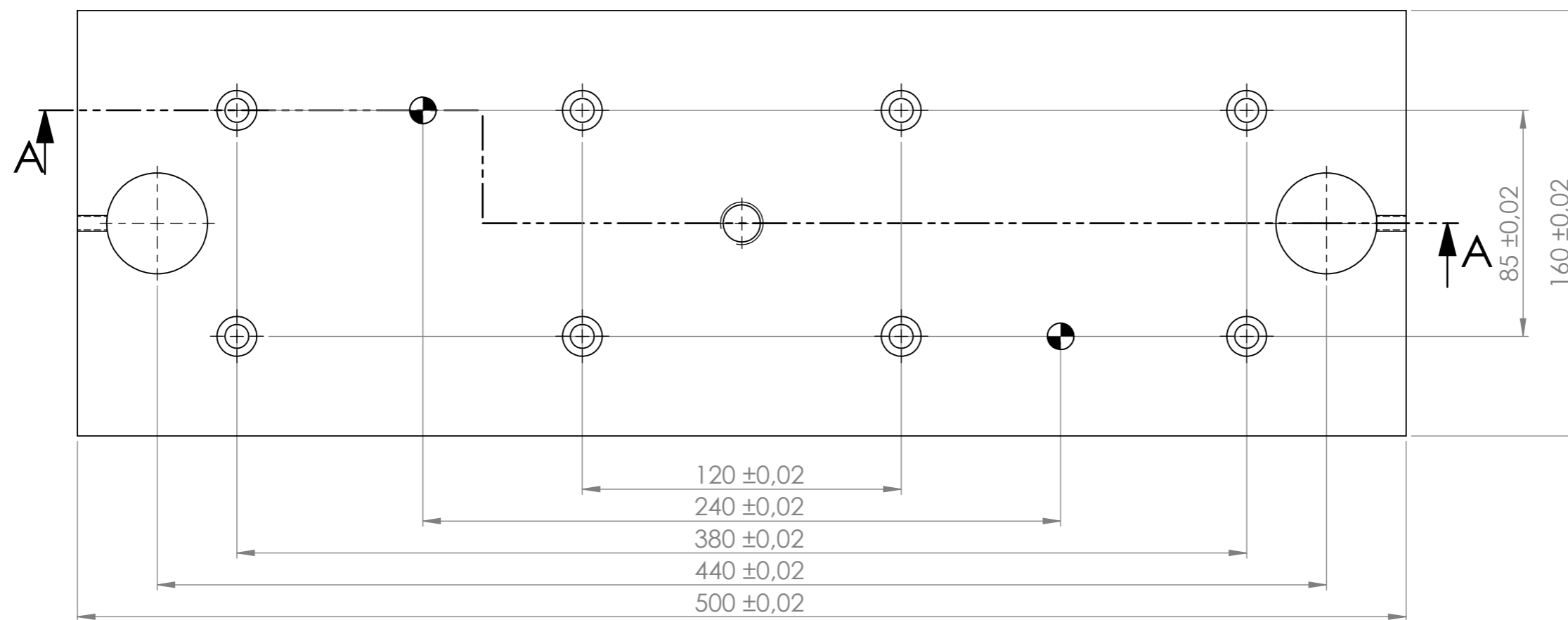
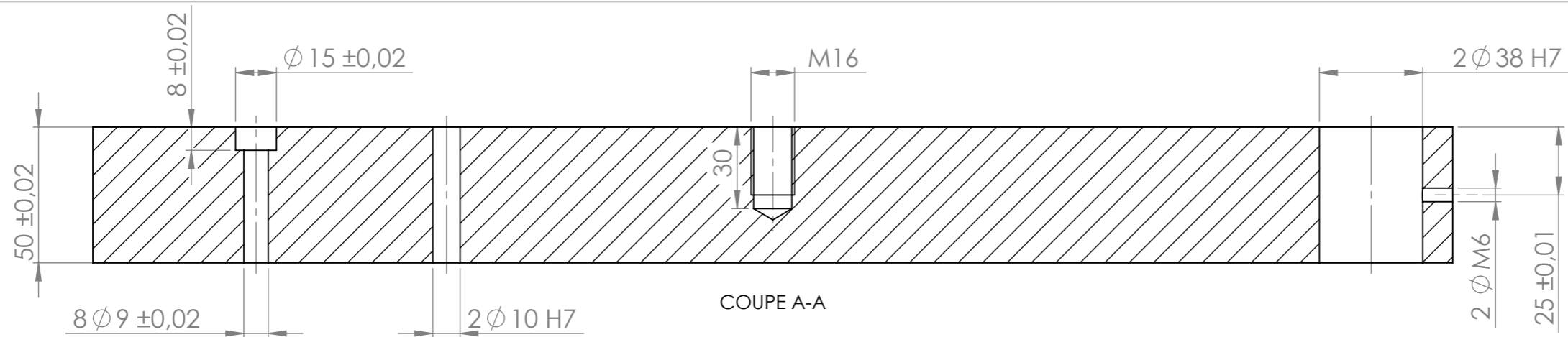
REF	1	Empreinte	XC48	
NBR		DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/1.5		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface 3.2/	
Planche:				
A3		DJEBRA Thileli	2018/2019	
		FGC DGM UMMTO	Master II	



	1	Poinçon de forme	XC48	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/1		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur	Etat de surface 3.2/√	
Planche N:				
		DJEBRA Thileli	2018/2019	
A3		FGC DGM UMMTO	Master II	



REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
	1	Semelle inférieure	E24	
		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur		Etat de surface 3.2/
		DJEBRA Thileli		2018/2019
		FGC DGM UMMTO		Maste II



	1	Semelle supérieure	E24	
REF	NBR	DESIGNATION	Matière	Observation
ECHELLE: 1/2		Outil d'emboutissage-poinçonnage d'une languette pour radiateur		Etat de surface 3.2 √
Planche N:				
		DJEBRA Thileli		2018/2019
A3		FGC DGM UMMTO		Master II