

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études

Master en Génie Mécanique
Option : Fabrication Mécanique et Productique

Présenté par

AIT BELKACEM Mohand Arezki

THEME
CONCEPTION D'UN PENDULE
CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE

Proposé et dirigé par
NECHICHE Mustapha

Promotion 2015

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance et gratitude à l'égard de ce qui ont contribué à la réalisation de ce travail, particulièrement à mon promoteur M. NECHICHE pour sa disponibilité, ses conseils et suggestions.

Je tiens également à remercier le professeur AZEM Said pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, le LEC2M au sein duquel j'ai réalisé ce travail.

Je tiens à remercier M. SEG HAR Said pour sa précieuse contribution dans l'étude de l'instrumentation du pendule et pour avoir consacré beaucoup de son temps pour l'élaboration du programme de commande.

Il m'est également agréable de remercier M. DEHLOUZ Salem pour toute son aide, ses conseils et ses suggestions.

Mes remerciements vont aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Aussi, je remercie les membres du jury qui examineront ce travail et qui, par ailleurs, ont contribué à ma formation.

Dédicaces

Mon travail, me sera agréable de le dédier à mes deux parents, mon petit frère et ma sœur.

A toute ma famille, mes amis (es), mes camarades et plus spécialement à une personne qui ma soutenue toute au long de mon parcours et qui m'est chère "Tinhinane".

Sommaire

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur les essais mécaniques

1. Essai de traction.....	3
2. Essai de compression.....	4
3. Essai de dureté.....	4
4. La résilience.....	5
I. Définition de la résilience.....	6
II. Principe de l'essai.....	6
II.1.Définition du principe de l'essai.....	7
III. Essai de résilience.....	7
IV. L'éprouvette de résilience.....	8
V. Normes utilisées.....	9
VI. Calcul de la résistance au choc.....	10
VII. Types d'éprouvettes en V.....	10
VIII. Positionnement d'une éprouvette sur la machine.....	10
VIII. Température pour les essais de résilience.....	11
X. Evolution de la résilience en fonction des températures.....	11

Chapitre II : Le pendule Charpy

I. Introduction.....	13
II. Principe de l'appareil.....	13
II.1. Description de l'appareil.....	15
III. Eléments de l'appareil.....	16
IV. Caractéristiques de l'appareil.....	17
V. Pendule Charpy chauffant.....	18
VI. Mouton-pendule IMPACT 150 – 750 joules.....	18
VII. Machine de l'essai de l'impact de métal.....	19
VIII. Conclusion.....	19

Chapitre III : Généralités sur la conception mécanique

I. Introduction à la CFAO.....	21
II. Conception assistée par ordinateur (CAO).....	21
1. Définition.....	21
2. Domaines de la CAO.....	22
3. L'utilisation de la CAO.....	22
4. Ces avantages.....	22
III. Fabrication assistée par ordinateur.....	22
1. Définition.....	22
2. Son but.....	23
3. Domaines de la FAO.....	23
4. L'utilisation de la FAO.....	23
5. Ces avantages.....	23
6. Modélisation.....	24
7. Elaboration des parcours-outils.....	24
8. Génération du programme de la commande numérique.....	25
9. Transfert vers la machine à commande numérique.....	25
IV. Le cahier de charge.....	25
V. Asservissement des systèmes mécaniques.....	26
V.1. définition.....	26
V.2. Principe.....	26
V.3.Exemples d'asservissement.....	26
1. Asservissement électrohydraulique.....	26
2. Asservissement des axes d'une machine-outil.....	27

CHAPITRE IV : Conception d'un pendule Charpy chauffant

Première partie

I. Présentation.....	28
II. Composition du pendule Charpy chauffant.....	28
III. Objectif.....	29
IV. Caractéristique.....	29
V. Matériau, fonction, et géométrie.....	29
VI. Aciers utilisés.....	30
VII. Conception des pièces.....	31
a) Pièce en U	31
b) Support.....	33
c) Plaque de base.....	34
d) Pendule attaquant.....	35
VIII. Conception du système chauffant.....	36
a) Briques réfractaire.....	37
b) Engrenage.....	38
c)La poulie.....	39
VIII. Asservissement du système chauffant.....	40
VIII.1. La carte électronique Arduino.....	40
a) Définition.....	40
b) Description.....	40
c) Programmation.....	41
d) Déroulement de l'essai et fonctionnement du programme.....	43
VIII.2. Moteur pas à pas.....	45
a)Définition.....	45

b) Moteur utiliser.....	45
Avantages du moteur à aimant permanent.....	46
Inconvénients du moteur à aimant permanent.....	46
c) Schéma d'un moteur pas à pas à Aimant permanent.....	47
X. Conception du système de déclanchement mécanique.....	47
XI. Assemblage.....	48
XII. Etude de mouvement.....	52
Partie deux : Calcul de vérification.....	54
XIII. Calcul.....	54
Conclusion générale.....	56
Dessins de conception.....	III
Bibliographie.	

LISTES DES FIGURES

Figure	Titre	Pages
FigI.1.a	Machine de traction	4
FigI.1.b	Eprouvettes normalisée	3
FigI.2	Duromètre	5
FigI.3	Schématisation de l'essai de résilience	7
FigI.4	Schématisation de l'essai de résilience	8
FigI.5	Eprouvettes de résilience : (a) avec entaille en V et (b) avec entaille en U.	9
FigI.6	Schématisation du positionnement d'une éprouvette	10
FigI.7	résilience en fonction des températures	11
FigII.1	Schématisation de détermination de la résilience	14
FigII.2	photo d'un pendule d'impacte	16
FigII.3	élément de conception du pendule Charpy	17
FigII.4	Mouton-pendule IMPACT 150 – 750 joules	18
FigII.5	Essai de l'impact de métal	19
FigIII.1	Asservissement tige d'un vérin	27
FigIII.2	Asservissement d'une machine	27
FigIV.1	Conception de la pièce en U sur solidworks	32
FigIV.2	Conception du support sur solidworks	33
FigIV.3	conception plaque de base sur solidworks	34
FigIV.4	Conception pendule attaquant sur solidwork	35
FigIV.5	Conception du four sur solidworks	36
FigIV.6	brique réfractaire	37
FigIV.7	brique réfractaire avec résistance	37
FigIV.8	Conception d'une roue dentée sur solidworks	38
FigIV.9	Conception d'une poulie sur solidworks	39

FigIV.10	Carte de contrôle Arduino UNO	41
FigIV.11	1 ^{ère} façade du programme de contrôle en utilisant LabVIEW	42
FigIV.12	fenêtre de paramétrage de la carte (2 ^{ème} façade du programme de contrôle)	43
FigIV.13	fenêtre de contrôle du pendule (2 ^{ème} façade du programme de contrôle)	43
FigIV.14	Schéma d'un moteur pas à pas à aimant permanent.	46
FigIV.15	Schématisation détaillé du moteur pas à pas à aimant permanent.	47
FigIV.16	Schématisation du système de déclenchement.	48
FigIV.17	Assemblage sur solidworks	49
FigIV.18	circlips de maintien pour arbre	50
FigIV.19	montage d'un roulement sur arbre	50
FigIV.20	solidarisation de pièce par vis-écrous	51
FigIV.21	montage d'échelle de lecture	51
FigIV.22	Système de lâché du pendule attaquant	52
FigIV.23	Etude de mouvement sur solidworks	53

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Dimensions des éprouvettes de résiliences	8
Tableau 2	Choix des matériaux	30
Tableau 3	Caractéristiques et avantages Moteur pas à pas	45

Introduction générale

La caractérisation mécanique des matériaux constitue une étape importante dans le domaine de l'ingénierie mécanique. En effet, le choix d'un matériau pour un usage spécifique passe nécessairement par des caractérisations dont l'objectif est d'accéder aux différentes grandeurs caractéristiques de résistance mécanique qui permettent de positionner le matériau en question parmi d'autres matériaux candidats à cet usage. Parmi ces caractéristiques, on cherche souvent à déterminer, dans les conditions d'usage du matériau, la résistance mécanique, souvent désignée par rigidité et exprimée par le module de Young, la limite élastique (contrainte provoquant un début de déformation « permanente »), la dureté du matériau (sa résistance à la pénétration) et la résistance au choc (résilience). Ces caractéristiques macroscopiques traduisent en fait un ensemble de comportements du matériau à l'échelle microstructurale, ensemble découlant d'interactions à plus basse échelle (submicrométrique). Ces interactions étant sensibles au paramètre température vu que l'agitation thermique provoque des modifications de structure à cette échelle (échelle submicrométrique), il en découle une modification des propriétés mécaniques du matériau.

Cette influence du paramètre température sur le comportement mécanique d'un matériau fut l'une des premières découvertes de l'homme puisqu'il a su fabriquer, dès l'âge de bronze, des armes, outils et autres objets en chauffant puis en déformant le matériau utilisé. Ce n'est que dans la période de la Renaissance, puis dans la Révolution industrielle, que certains aspects de la connaissance du comportement des matériaux à différentes températures sont étudiés. A titre d'exemple, c'est suite aux disparitions de bateaux dans les eaux très froides du nord de l'océan atlantique que les scientifiques ont étudié le comportement des matériaux métalliques à basses températures et mis en évidence un phénomène de fragilisation de l'acier dans de telles conditions de température.

Les études de la caractéristique de fragilité-ductilité du matériau ont été menées, dans un premier temps, en recourant à des dispositifs expérimentaux rudimentaires. Parmi les premiers savants à avoir proposé un dispositif permettant l'obtention de résultats suffisamment fiables, Georges Charpy a conçu un pendule-mouton permettant d'impacter brusquement une éprouvette entaillée au niveau de la zone d'entaille de telle sorte à provoquer sa rupture (cassure) et calculer ensuite l'énergie de rupture du matériau. Ce pendule constitue aujourd'hui l'appareil de caractérisation de la résistance au choc (résilience) d'un matériau.

Au laboratoire Sciences des matériaux, nous disposons d'un pendule de ce genre pour essais à la température ambiante. Vu que la résilience d'une large gamme de matériaux dépend fortement de la température, nous nous proposons de concevoir un pendule Charpy permettant de tester les matériaux à hautes températures.

Pour ce faire, nous nous proposons de faire la conception en nous inspirant d'un pendule Charpy déjà existant. L'apport principal étant le dispositif de chauffe et son asservissement, l'étude de conception porte également sur le four, le mécanisme permettant de le mettre autour de l'éprouvette pour la chauffer puis le dégager une fois la température voulue atteinte et libérer le pendule qui aura à casser l'éprouvette et enregistrer le résultat de l'essai.

Pour rapporter l'essentiel de notre travail, nous avons scindé ce mémoire en trois (04) chapitres. Après une introduction générale sur le sujet, un premier chapitre présente les principaux essais mécaniques utilisés pour la détermination des principales propriétés mécaniques des matériaux en nous focalisant un peu plus sur l'essai de choc. Le deuxième chapitre consiste essentiellement en la description de pendule-mouton Charpy et à travers lequel on présentera, la partie déjà existante et la conception du système chauffant ainsi que les modifications nécessaires. Ensuite, un troisième chapitre portera essentiellement sur les méthodes de conception et les outils dédiés à cet effet.

Le dernier chapitre portera sur la conception de notre pendule. Nous rapportons les résultats de l'étude en décrivant les résultats (dimensionnement et calculs) ainsi que la conception du système chauffant et de son asservissement en utilisant une carte Arduino.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale dans laquelle seront soulignés les principaux résultats de cette étude.

Chapitre I

Généralités sur les essais mécaniques

La caractérisation par essais mécaniques constitue une étape indispensable permettant de prendre de connaissance des propriétés des matériaux et de les destiner à des usages bien définis. Effectués en laboratoire ou sur le terrain, ils apportent des renseignements relativement précis et fiables sur les performances d'un matériau. Parmi ces essais, on recourt souvent à l'essai de traction, de compression, de dureté, de fluage, de résilience, etc.

1. Essai de traction :

L'essai de traction est l'essai l'un des essais les plus utilisés pour la caractérisation mécanique des matériaux. Il consiste à exercer deux forces mécaniques opposées sur une éprouvette normalisée qui vont la déformer progressivement jusqu'à sa rupture tout en enregistrant, à chaque instant, la déformation provoquée en fonction de la contrainte appliquée. La figure (I.1.a) montre un dessin de machine de traction sur lequel on peut distinguer deux mors mobiles dans lesquels l'éprouvette sera fixée. Les machines actuelles sont généralement pilotées par ordinateur et permettent de régler les paramètres de l'essai et d'enregistrer les résultats sous format de fichier informatique. Les éprouvettes sont normalisées et fabriquées dans le matériau à tester. Au niveau de leur partie utile, elles peuvent présenter une section cylindrique ou plate comme le montre la figure I.1.b [1].

Le résultat d'un essai de traction permet, entre autres, d'avoir une idée sur le comportement mécanique du matériau (ductile, fragile, semi-fragile, etc.), d'accéder aux valeurs de son module d'élasticité, de sa limite élastique, de la contrainte à la rupture, d'estimer les déformations que provoqueraient des contraintes de traction données, etc.

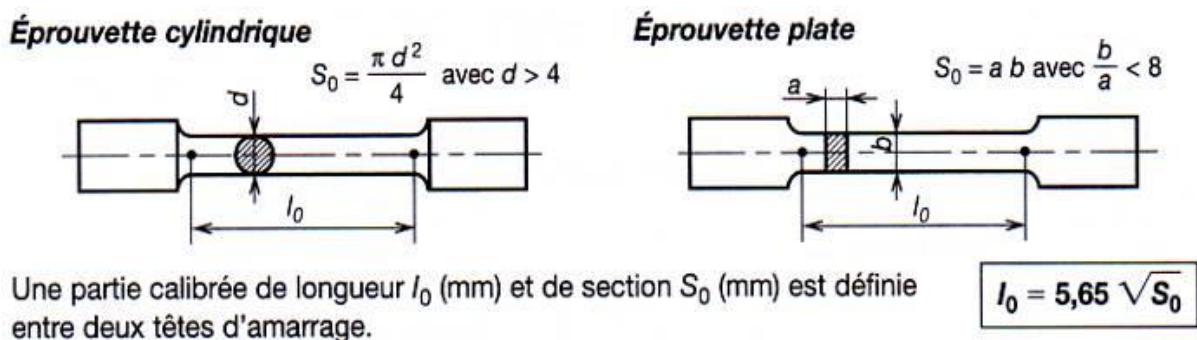


Figure I.1.b : Eprouvettes normalisée

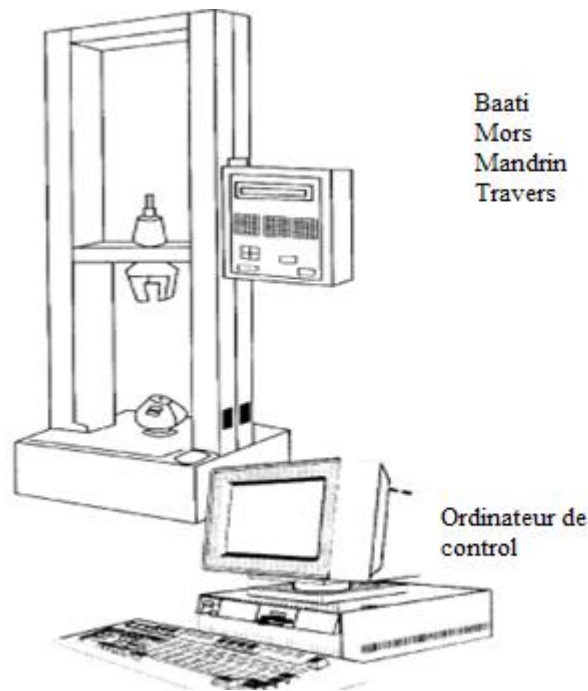


Figure I.1.a : Machine de traction

2. Essai de compression :

L'essai de compression est basé sur l'application d'efforts de compression suivant son axe sur une éprouvette normalisée, généralement de forme cylindrique. Il permet d'obtenir, entre autres caractéristiques, la valeur du coefficient de Poisson du matériau. Généralement, les machines de traction sont aussi dédiées aux essais de compression.

3. Essai de dureté :

La dureté d'un matériau se mesure par sa résistance à la pénétration par un autre matériau plus dur. Elle permet d'avoir accès aux propriétés du matériau en ce qui concerne le marquage par empreintes, rayures, sa résistance à l'usure et à l'érosion. Elle peut être évaluée en mesurant la taille d'une empreinte laissée en surface par un poinçon agissant sous l'action d'une force connue (essais Brinell, Vickers et Rockwell) mais aussi par une hauteur de rebondissement d'un objet très dur sur la surface à tester (essai Shore pour élastomères et plastiques).

La figure I.2 représente un duromètre de laboratoire. Il est constitué d'une tige porte-pénétrateur et d'un système mécanique permettant de sélectionner la charge correspondante à une force donnée. Cette force est appliquée sur un pénétrateur en diamant de forme connue (généralement de forme pyramidale ou en bille). Ce pénétrateur laisse, après l'essai, une empreinte dans la surface du matériau à tester. La taille de cette empreinte étant inversement proportionnelle à la résistance du matériau à la pénétration, donc à sa dureté. Cette dernière

s'exprime donc par le rapport de l'effort appliqué à la surface mesurée de l'empreinte du pénétrateur. En outre, dans le cas d'essais Rockwell, on s'intéresse également à la mesure de la dureté d'un métal selon l'enfoncement d'une bille d'acier, appelé dureté Rockwell B (HRB) ou d'un cône de diamant de 120° , dureté Rockwell C (HRC).

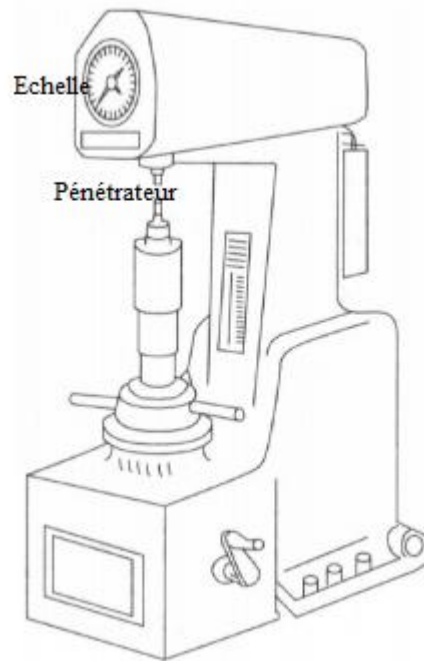


Figure I.2.: Duromètre

4. La résilience :

La résilience d'un matériau est une propriété mécanique qui traduit l'aptitude du matériau à garder sa forme après un "choc" mécanique subi. Ce choc peut être de nature différente : étirement, pression, torsion du matériau, etc. Le matériau a besoin d'un temps (t) pour retrouver sa propriété. Un protocole de mesure est déterminé et les limites de tolérance sont définies, statistiques à l'appui. Cette propriété a pu être construite, testée et vérifiée en laboratoire. En quelque sorte, nous disposons ainsi d'une propriété "programmée". Les conséquences peuvent être : la stabilité, la brisure ou la rupture du matériau. Les limites de l'effort de plasticité ainsi que le point de rupture peuvent être identifiées. Alors que ce matériau subit l'action d'un agent externe il conserve sa propriété dans certaines limites. C'est ainsi qu'est née l'idée de la résistance aux chocs.

La mesure de la force résiduelle pour la rupture d'un matériau est une notion introduite pour la première fois en 1897 par l'américain Russel [2]. Ce chercheur inventa en 1896 une machine de rupture, l'ancêtre du mouton pendule actuel, à la seule différence, qu'il effectua la majeure partie des essais sur des éprouvettes sans entailles.

En 1901, un pendule Charpy du nom de son inventeur Georges Charpy, a été proposé. Il a introduit une méthode simple et efficace pour calculer la résilience des matériaux, en particulier les métaux, et contrairement à Russel il a tenu compte de la présence de l'entaille, et la considéra comme fondamentale et standardisa sa forme [3].

I. Définition de la résilience :

On peut définir la résilience comme étant le rapport de l'énergie cinétique absorbée nécessaire pour provoquer la rupture d'un matériau, à la surface de la section brisée. La résilience, qui s'exprime en joules par cm², caractérise la résistance au choc.

II. Principe de l'essai :

Cet essai est destiné à mesurer l'énergie nécessaire en choc mécanique. On utilise un mouton-pendule muni à son extrémité d'un couteau qui permet de développer une énergie cédée au moment du choc. Cette énergie est généralement de 300 joules, (cas des normes européennes) [4].

L'énergie absorbée est obtenue en comparant la différence d'énergie potentielle entre le départ du pendule et la fin de l'essai. La machine est munie d'index permettant de connaître la hauteur du pendule au départ ainsi que la position la plus haute que le pendule atteindra après la rupture de l'éprouvette. L'énergie obtenue, en négligeant les frottements, est égale à :

$$K = m \cdot g \cdot (h - h') \quad [I1]$$

m = masse du mouton-pendule [kg]

g = Accélération de la pesanteur. [m s⁻²] (9.80665)

h = hauteur du mouton-pendule à sa position de départ [m]

h' = hauteur du mouton-pendule à sa position d'arrivée [m]

La graduation de la machine permet généralement d'obtenir directement la valeur de l'énergie en Joule [5].

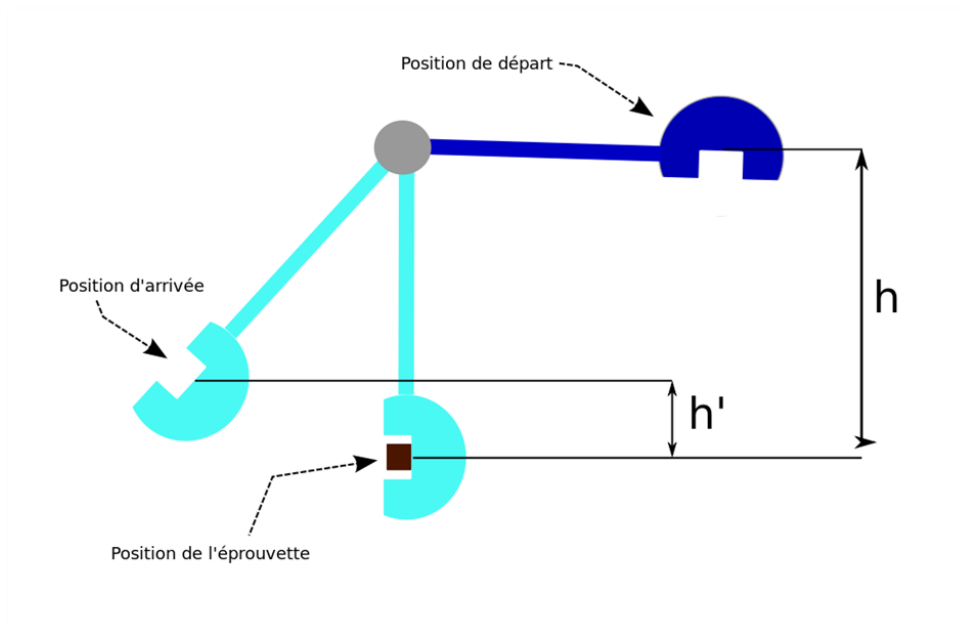


Figure I.3 : Schématisation de l'essai de résilience

II.1. Définition du principe de l'essai :

L'essai de choc (essai de résilience) consiste à calculer l'énergie W (en joules) absorbée lors de la rupture d'une éprouvette préalablement entaillée en son milieu. Cette résilience se définit par la lettre K (Joules/ cm^2). Le calcul est fait en utilisant la relation [I1]. L'essai est réalisé sur une machine appelée mouton pendule rotatif.

III. Essai de résilience :

Le pendule mouton de Charpy est conçu pour répondre à la demande grandissante d'essai d'impact et de choc précis et reproductible sur une vaste gamme de matériaux. Il est utilisé pour déterminer la caractéristique de résistance de métaux, polymères, composites et autres matériaux pour la recherche et le développement (R&D) et le contrôle qualité (CQ) [6]. Il permet de réaliser des essais Charpy selon les normes intentionnels. Les systèmes non instrumentés fournissent des valeurs d'énergie absorbée. En instrumentant le mouton pendule, on peut obtenir des valeurs plus précises et fiables.

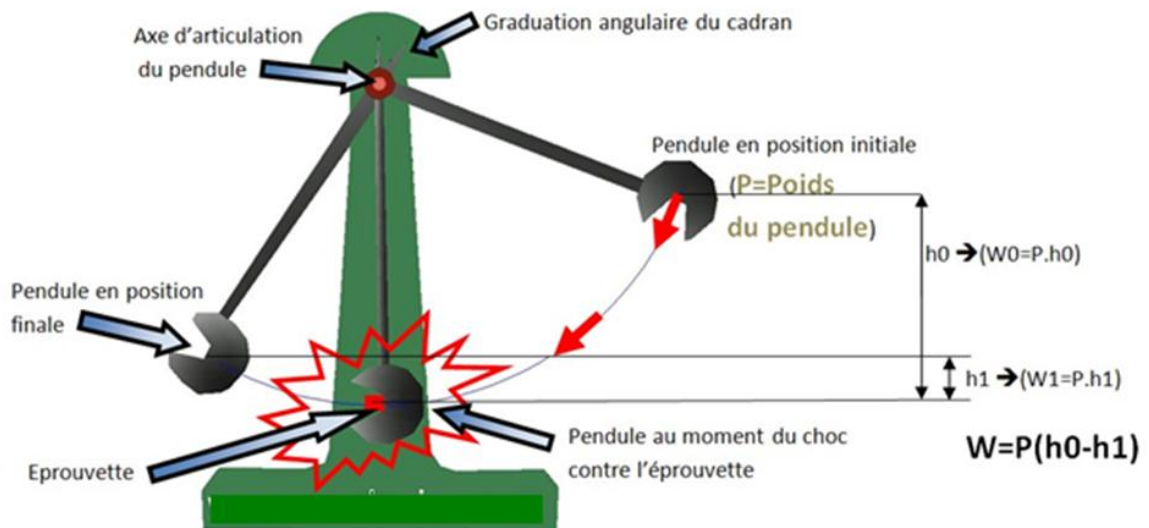


Figure I.4: Schématisation de l'essai de résilience

IV. L'éprouvette de résilience :

L'éprouvette de résilience est un barreau entaillé par usinage en son milieu. La forme de l'entaille la plus fréquente est la forme en V (type A dans la norme ASTM). Il existe également une éprouvette avec une entaille en U (type C dans la norme ASTM) [7]. Les dimensions des deux types d'éprouvettes sont indiquées dans le tableau 1 ci-dessous. La figure I.3 représente les dessins des deux types d'éprouvettes. La valeur de la résilience du matériau est donnée selon le type d'éprouvette utilisée. Pour l'éprouvette avec entaille en V, la résilience est désignée K_{CV} tandis que celle pour l'éprouvette en U est désignée en K_{CU} .

Tableau 1 : Dimensions des éprouvettes de résiliences [8].

<i>Dimensions en mm</i>	<i>Eprouvette en V</i>	<i>Eprouvette en U</i>
Longueur	55	55
Hauteur	10	10
Largeur	10	10
Hauteur éprouvette à fond d'entaille	2	5
Angle à fond d'entaille	0,25	1
Angle de l'entaille	45°	Bords parallèles

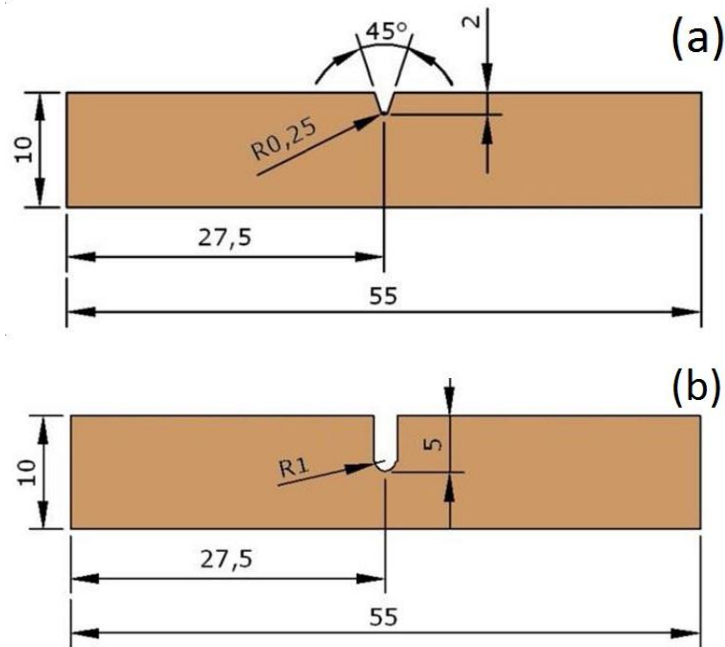


Figure I.5 : Eprouvettes de résilience : (a) avec entaille en V et (b) avec entaille en U.

V. Normes utilisées :

Américaine (ASTM) :

ASTM pour American Society for Testing and Materials, La norme ASTM E23 décrit l'essai d'impact d'éprouvettes métalliques entaillées. La norme régit les essais de type Charpy et souligne les méthodes d'essai permettant de mesurer l'énergie absorbée par l'éprouvette rompue.

La norme internationale ISO :

- EN ISO 179-1 : décrit l'essai Charpy non instrumenté pour la détermination de la résistance au choc dans le cas des matériaux plastiques.
- EN ISO 179-2 : décrit l'essai Charpy instrumenté pour la détermination de la résistance au choc dans le cas des matériaux plastiques.
- NF EN 10045-1, remplacée par ISO 148-1 : ancienne norme française, décrit l'essai Charpy dans le cas des matériaux métalliques.
- NF EN 10045-2, remplacé par ISO 148-2 : sert à la vérification des machines d'essai [9].

VI. Calcul de la résistance au choc :

La résistance au choc est définie comme étant l'énergie de rupture rapportée à la surface de la coupe droite de l'éprouvette dans la zone entaillée. Elle est exprimée par la relation I.2 pour les deux types d'éprouvettes (en V et en U).

$$K_C \text{ (J/cm}^2\text{)} = W/S \quad \text{[I.2]}$$

Avec W : énergie (travail de rupture) en Joules et S la surface de la section à fond d'entaille en cm^2

L'essai de résilience permet d'accéder, outre la résistance au choc, à d'autres caractéristiques du matériau telles que le faciès de rupture et, globalement, situer le type de comportement mécanique sous d'autres sollicitations.

VII. Types d'éprouvettes en V :

- Normales (55x10x10) : Surface de rupture : 0,8 cm^2
- Réduites (55x7, 5x10) : Surface de rupture : 0,6 cm^2
- Réduites (55x5x10) : Surface de rupture : 0,4 cm^2 [10].

VIII. Positionnement d'une éprouvette sur la machine

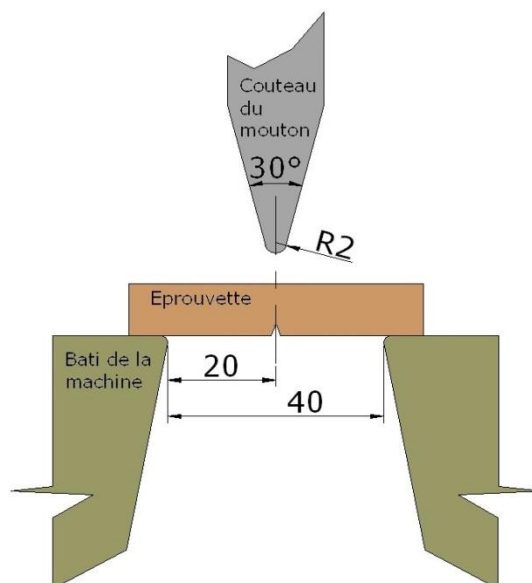


Figure I.6: Schématisation du positionnement d'une éprouvette

VIII. Température pour les essais de résilience :

Généralement les essais sont réalisés à température ambiante (20°C) et à des températures inférieures à 0°C. Des gaz ou liquides sont utilisés pour abaisser les températures des éprouvettes si nécessaire (alcool, fréon, azote liquide)

Pour la résilience Charpy V(KcV), plutôt utilisée pour des températures inférieures à 0°C, aujourd'hui tends à se développer même à température ambiante.

X. Evolution de la résilience en fonction des températures :

Dans tous les cas, il est indispensable de disposer de matériaux présentant non seulement de hautes résistances mécaniques mais également l'absence de rupture fragile à très basse température.

La transition entre la rupture ductile à haute température et la rupture fragile à très basse température est une caractéristique qu'il faut examiner avec soin tant elle est à l'origine de nombreux accidents, d'où l'importance de connaître l'évolution de la résilience en fonction des températures.

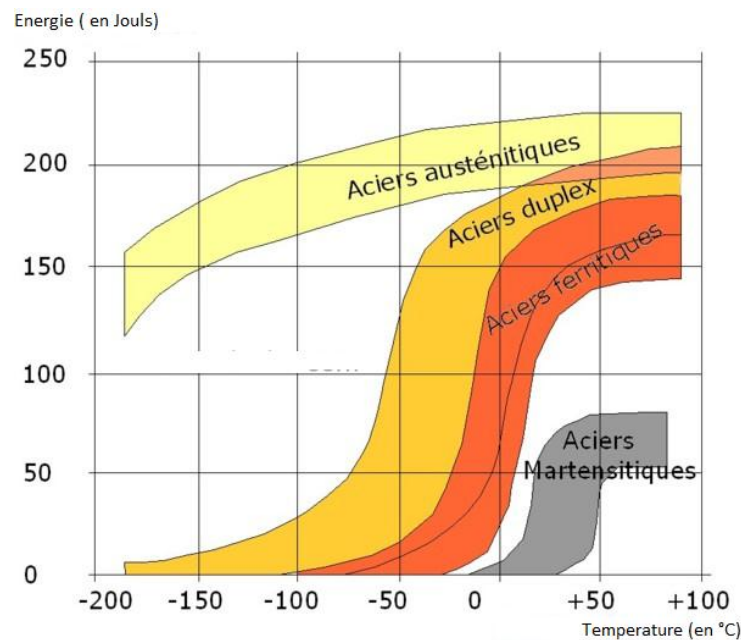


Figure I.7: résilience en fonction des températures

Chapitre II

Le pendule Charpy

I. Introduction :

Les considérations techniques et économiques exigent que les matériaux soient pleinement exploitées, améliorées et complétées par de nouveaux développements et de contrôle de qualité constante.

Afin de répondre à ces exigences. Plusieurs méthodes d'essai sur les matériaux ont été développées fournissant ainsi des spécifications et des connaissances exactes sur la facilité d'utilisation d'un matériau. Une de ces méthodes est le test de résilience à la norme DIN 50 115. Ce test s'effectue avec un testeur d'impact pendule qui sert à tester les matériaux métalliques.

Avec lui, on peut déterminer si en particulier il possède encore une ténacité suffisante dans des conditions particulièrement strictes. Des conditions favorisant la fracturation sont créées en limitant le processus de déformation très stricte à la fois par rapport au temps et au Milieu.

Pour la démonstration d'une telle enquête dans le cadre de la formation professionnelle et la formation continue du testeur d'impact a été développé.

Elle décrit les techniques principales du test de résilience, la machine d'essai de choc pendulaire employé, les éprouvettes disponibles comme accessoires ainsi que différents tests possibles qui peuvent être effectuées avec la machine de test [11].

II. Principe de l'appareil :

En usage industriel, les matériaux ont souvent sollicité à des contraintes multidirectionnelles et aussi à des contraintes d'impact multidirectionnel sans fracturation. Les valeurs caractéristiques des matériaux obtenus dans l'essai de traction sont soit totalement inadaptées ou adapté uniquement avec une réservation pour assurer les performances de la matière dans ces conditions.

Ce fait a été reconnu dès le début, et les méthodes d'essai qui permettent de déterminer la performance d'un matériau dans des conditions de stress de l'impact ont été développées.

En raison de sa simplicité le test de résilience est le plus important des différents essais d'impact disponibles pour les essais de matériaux. Le test de résilience, dont le principe est illustré à la figure (II.1), est effectué à l'aide d'un testeur de choc à pendule.

L'attaquant du pendule frappe une éprouvette entaillée avec une énergie cinétique prédéterminée et provoque une distribution de contrainte dynamique, multiaxiale. L'énergie entraînant l'éprouvette à se briser est considérée comme une mesure de la ténacité du matériau. Ceci est généralement indiqué directement par un pointeur de fin.

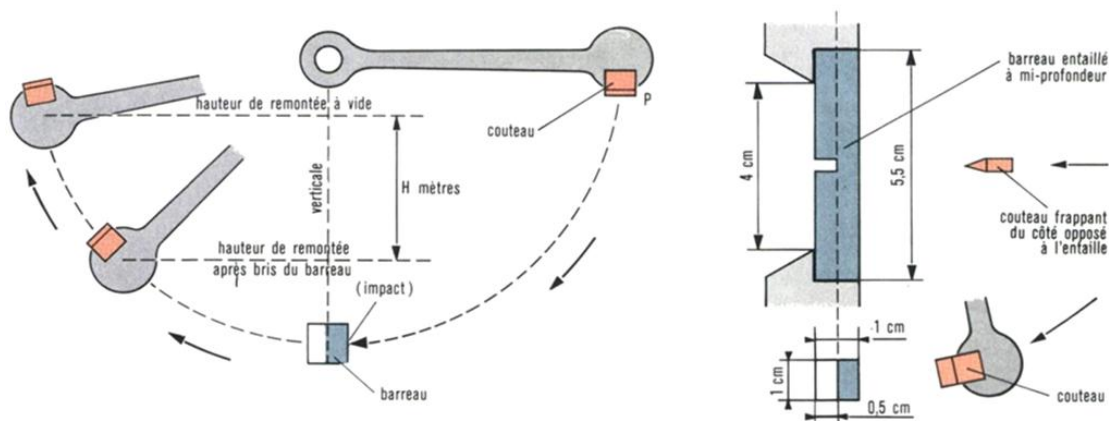


Figure II.1 : Schématisation de détermination de la résilience

Détermination de la résilience (essai de choc) au moyen d'un pendule Charpy

- Travail de la rupture W :

$$W = P \times H \quad (\text{en Kgm})$$

P : le poids en Kg du mouton pendule.

H : différence de hauteur de remonté du mouton entre la remonté à vide et la remonté après bris de l'éprouvette.

- Chiffre de résilience K :

$$K = W / S \quad (\text{en Kgm/cm}^2).$$

S : Surface de la section non entaillée au droit de l'entaille (en cm^2)

II.1.Description de l'appareil:

La figure (II.2) montre la machine d'essai de choc pendulaire utilisé, qui est conçu en conformité avec DIN51222 en ce qui concerne les paramètres les plus importants, tels que l'énergie potentielle, angle de chute du pendule, la vitesse de l'attaquant du pendule d'impact et la largeur entre les supports.

La machine d'essai de choc pendulaire se compose d'un châssis robuste stable, une unité indiquant l'énergie d'impact absorbée, le pendule ainsi que le mécanisme de verrouillage avec deux leviers de dégagement.

Le pendule est monté dans roulement sans friction; la double échelle de l'unité de l'indicateur peut être lue facilement, même à une distance considérable.

Le pendule est intégrée dans les parties supérieures du cadre; la partie inférieure abrite les supports et repose pour l'échantillon d'essai ainsi qu'un frein robuste pour arrêter le balancement pendulaire gratuits- dos.

Les supports de fond et le dos sont réglables et fritté avec un arrêt. Pourvu que la durée de palier soit symétrique par rapport à la pointe de l'attaquant, le spécimen est alors frappé au milieu.

La caractéristique particulière de construction de la nouvelle machine d'essai de choc pendulaire est le fait qu'il offre la possibilité de changer l'énergie potentielle de 15 Nm à 25 Nm et vice versa.

L'énergie d'impact est modifiée en ajoutant ou en enlevant les quatre poids supplémentaires, dont chacun est fixé à l'attaquant avec deux vis. Cette modification remplit ainsi l'une des exigences de din53 453 / ISO, à savoir, que l'énergie maximale admissible du testeur de choc à pendule dépasse pas 15 Nm.

La sécurité est assurée par la disposition des deux leviers de dégagement et un garde de sécurité qui empêche l'accès involontaire à la région où le pendule frappe. Ce dernier recueille et fragments qui peuvent voler au cours de l'essai également [12].



Figure II.2 : photo d'un pendule d'impacte

III. Eléments de l'appareil :

Le pendule testeur d'impact est constitué de :

1. aiguille entraînée.
2. échelle de mesure.
3. marteau avec poids additionnels amovibles.
4. anneau de protection.
5. logement avec échantillon.
6. Pied.
7. déclenchement à deux mains et frein.

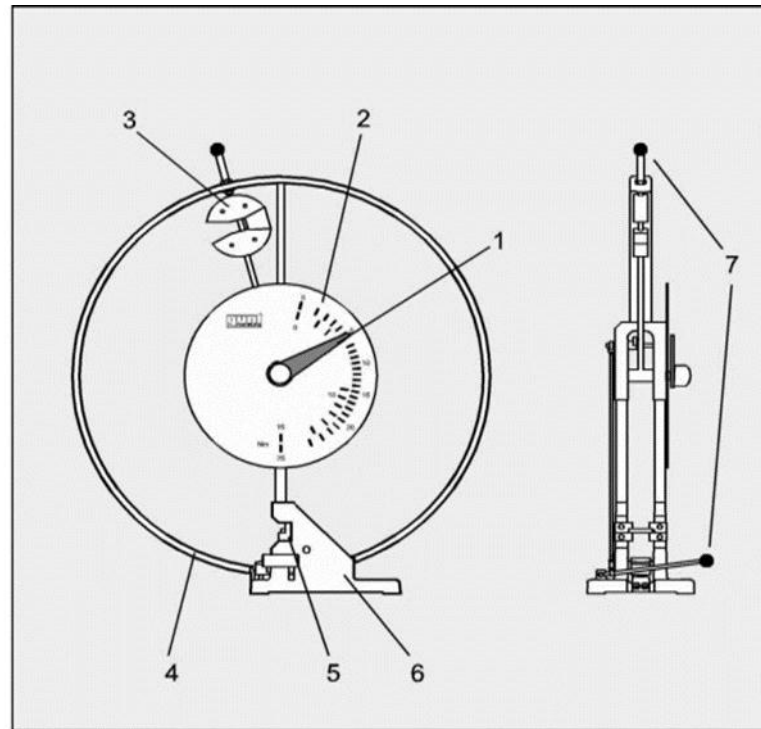


Figure II.3: élément de conception du pendule Charpy

IV. Caractéristiques de l'appareil :

- Capacité: 15 et 25Nm
- Vitesse d'impact du marteau: 3,8m/s
- Distance des appuis des échantillons: 40mm
- Section des échantillons: 10x10mm
- Section au fond de l'entaille: 10x8 et 10x5mm
- Composition des échantillons:

Acier de décolletage 9SMn28K.

Acier de traitement C45.

Acier de construction St37 Laiton CuZn40Pb2.

V. Pendule Charpy chauffant :

De plus en plus d'appareil permettent de calculer la résilience d'un matériau quelconque, et cela à température ambiante. Toutefois on constate que l'on aura besoin aussi de connaître leur résistance au choc à des températures élevées.

VI. Mouton-pendule IMPACT 150 – 750 joules :

Contrôlés par un microcontrôleur (fonctions de sûreté : verrouillage de portières, frein de sécurité). Ce dernier évalue non seulement les essais selon les différentes normes, mais aussi il commande le levage entièrement automatique du marteau.



Figure II.4 : Mouton-pendule IMPACT 150 – 750 joules

VII. Machine de l'essai de l'impact de métal :

Cette machine est utilisée pour mesurer la résistance de l'impact de Charpy du métal et d'autres matériaux. Un grand moniteur d'écran tactile offre l'affichage des données en temps réel, énergie d'impact, dureté, et d'autres paramètres. L'utilisateur peut entrer des données de spécimen et toute autre information telle que l'information de compagnie dans ce moniteur. Une fois relié à un imprimeur, l'utilisateur a entré l'information et des résultats d'essai seront imprimés.



Figure II.5 : Essai de l'impact de métal

VIII. Conclusion :

Dans le deuxième chapitre on en conclue que l'on peut apporter une modification au pendule Charpy, en lui incluons un système chauffant, et cela permettra de connaitre mieux le matériau afin de mieux l'exploiter.

Chapitre III

Généralités sur la conception mécanique

La conception détaillée revêt une grande importance pour les industriels et apparaît d'ailleurs à la croisée de nombreux processus de développement de produits. En raison de son influence et de l'impact des tendances actuelles de l'industrie, le raccourcissement des cycles de développement et la complexité croissante des produits, les entreprises subissent d'énormes pressions pour améliorer leur processus de conception détaillée.

I. Introduction à la CFAO :

Les systèmes CAO/FAO (Conception Assistée par Ordinateur/ Fabrication Assistée par Ordinateur) ont révolutionné les techniques de conception et de fabrication. Le concepteur se voit faciliter la tâche, en effet, l'utilisation d'ordinateurs pour la conception géométrique et la génération de programmes de commandes numérique (CN) procure une réalisation et des modifications quasi-immédiates [13].

II. Conception assistée par ordinateur (CAO) :

1. Définition :

La CAO est l'ensemble des logiciels et techniques utilisés pour concevoir et tester avec ordinateur, des techniques de simulation numériques, réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer.

2. Domaines de la CAO :

La conception assistée par ordinateur s'applique sur tous les secteurs, elle sera orienter métier avec des fonctionnalités intégrées. Quelques domaines d'application :

- ✓ La mécanique
- ✓ L'électronique
- ✓ La confection
- ✓ La construction

3. L'utilisation de la CAO :

La CAO permet de concevoir et d'assembler des éléments et de les réaliser. Des bases de données stockent contiennent tous les éléments, et peuvent être réutilisés dans chaque nouvelle étude. Toute fois elle nécessite une organisation et une hiérarchisation de toutes les références des ensembles et sous-ensembles.

4. Ces avantages :

La CAO permettra la conception de produit avec des avantages tel que :

- ✓ Conception d'ensembles complets en intégrant la gestion des assemblages en 3D
- ✓ Simulation qui permettra la validation des solutions adoptées
- ✓ Gestion collaboratrice des données et standardisation
- ✓ Mise en plan

III. Fabrication assistée par ordinateur :

1. Définition :

La fabrication assistée par ordinateur consiste à définir l'usinage sur une géométrie créée en conception assistée par ordinateur, elle permet la suppression de la plus parts des erreurs de programmation et sa grâce aux fonctions de vérification des usinages.

2. Son but :

Le but de la fabrication assistée par ordinateur ou FAO est d'écrire le fichier contenant le programme de pilotage d'une machine-outil à commande numérique. Ce fichier va décrire précisément les mouvements que doit exécuter la machine-outil pour réaliser la pièce demandée.

3. Domaines de la FAO :

La fabrication assistée par ordinateur s'applique sur tous les secteurs de métier disposant de machines à commandes numérique, donc, dans des industries telles que :

- ✓ l'électronique
- ✓ le bois
- ✓ la pierre
- ✓ le textile
- ✓ métaux et alliages

4. L'utilisation de la FAO :

La modélisation des pièces en trois dimension, transite automatiquement dans le logiciel de CFA, et sa dans un langage compréhensible par le logiciel.

Le logiciel crée les parcours en respectant les choix de l'outil, les vitesses de coupe et d'avance et les usinages à mettre en œuvre.

Les instructions générées pour la machine-outil sont enfin exécutées, après la phase de réglages indispensables.

5. Ces avantages :

L'utilisation de la FAO offre certains avantages, tel que :

- ✓ La transition automatique des données
- ✓ Aucun risque d'erreur de modification ou d'erreur au moment du transfert

- ✓ Automatisation des phases d'usinage
- ✓ Limite sensiblement les pertes de matière première

6. Modélisation :

La conception de la pièce à fabriquer est réalisée à l'aide d'un progiciel de Conception assistée par ordinateur (CAO) : on nomme le fichier ainsi obtenu "modélisation 3D" ou encore "DFN" pour Définition de Formes Numérisée. Cette modélisation en trois dimensions de la pièce à réaliser est ensuite « exportée », c'est-à-dire sauvée depuis la CAO dans un fichier intermédiaire en utilisant un standard d'échange comme IGES, STEP, VDA, DXF ou autre. Certains outils de FAO sont capables de relire directement les fichiers des grands fournisseurs de CAO. Dans d'autres cas, la CAO et la FAO sont complètement intégrées et ne nécessitent pas de transfert. Pour ces progiciels, on parle de CFAO.

7. Elaboration des parcours-outils :

La modélisation 3D étant importée sur le progiciel de FAO puis relue par celui-ci, il est possible de passer à la programmation des parcours outils, le cœur de l'activité de la FAO. Le programmeur crée les parcours en respectant les choix d'outil, les vitesses de coupe et d'avance, et les stratégies d'usinage à mettre en œuvre. Le progiciel de FAO "plaque" les trajectoires des outils choisis sur la modélisation 3D et enregistre celles-ci sous forme d'équations. Depuis 1990-2000, les progiciels de FAO sont capables de reproduire graphiquement (visualisation volumique) et d'une manière fiable, l'action des outils dans la matière, permettant ainsi au programmeur de vérifier ses méthodes d'usinage et éviter a priori les collisions sur les machines-outils. Il est possible désormais de modéliser entièrement la machine-outil et de visualiser les mouvements des éléments mobiles de celle-ci (tête, table, axes rotatifs) lors de la simulation d'usinage : cette possibilité est précieuse lors de la vérification et la validation de parcours en 5 axes, où les risques de collision sont décuplés par rapport à un usinage plus classique, en 3 axes.

8. Génération du programme de la commande numérique :

L'étape suivante consiste, depuis le programme de FAO élaboré (au format texte APT ou au format binaire CLFile), à générer le programme ISO servant à piloter la machine-outil à commande numérique. Le programme utilisé pour la conversion est appelé un post-processeur. Le post-processeur est développé spécifiquement pour une cinématique machine et une commande numérique données. Par exemple, l'utilisateur aura besoin de développer ou faire développer un post-processeur pour convertir le fichier APT du logiciel de FAO CATIA en fichier ISO pour le contrôleur numérique SIEMENS 840D de la machine-outil DMG DMU60p. Le développement peut-être fait en langage C ou VB (post-processeur dit « à façon ») ou avec un générateur de post-processeur. Il existe différents éditeurs de logiciel spécialisés dans ce domaine. Certains éditeurs de logiciel de FAO proposent leur propre générateur de post-processeur mais ne fonctionnent que pour leurs propres parcours d'outils.

9. Transfert vers la machine à commande numérique :

Le fichier ISO obtenu est transmis à la MOCN (machine-outil à commande numérique) par un logiciel de DNC (direct numerical control), puis exécuté par cette machine, après la phase de réglage indispensable.

IV. Le cahier de charge :

Le cahier des charges est un document contractuel qui permet au maître d'ouvrage de faire savoir au maître d'œuvre ce qu'il attend de lui lors de la réalisation d'un projet, entraînant des pénalités en cas de non-respect. Il décrit précisément les besoins auxquels le prestataire ou le soumissionnaire doit répondre, et organise la relation entre les différents acteurs tout au long du projet.

En tant que pièce de référence du contrat, le cahier des charges protège les deux parties de toute ambiguïté : le maître d'ouvrage est assuré que la livraison sera conforme à ses attentes, tandis que le maître d'œuvre peut mener à bien le projet sans subir de jugements intempestifs au fur et à mesure. Toutefois, le maître d'ouvrage a la possibilité de modifier le cahier des charges en cours de route au travers d'un avenant accepté par le maître d'œuvre [14].

V. Asservissement des systèmes mécaniques :

V.1. définition :

Un asservissement est un algorithme dont l'objet principal est d'atteindre le plus rapidement possible et de limiter l'écart par rapport à sa valeur de consigne, quelles que soient les perturbations externes. Le principe général est de comparer la consigne et l'état du système de manière à le corriger efficacement.

V.2. Principe :

Le principe de base d'un asservissement est de mesurer l'écart entre la valeur réelle de la grandeur à asservir et la valeur de consigne que l'on désire atteindre, et de calculer la commande appropriée à appliquer à un (ou des) actionneur(s) de façon à réduire cet écart.

V.3.Exemples d'asservissement [15] :

1) Asservissement électrohydraulique:

Ce type d'asservissement mettant en jeu de l'huile sous pression (100 à 200bars), permet d'obtenir des systèmes très puissant et très rapide. L'organe de commande électrohydraulique est lui-même un asservissement électromécanique qui contrôle la position d'un tiroir hydraulique. La figure ci-dessous représente l'asservissement de la tige d'un vérin commandé par une servovalve

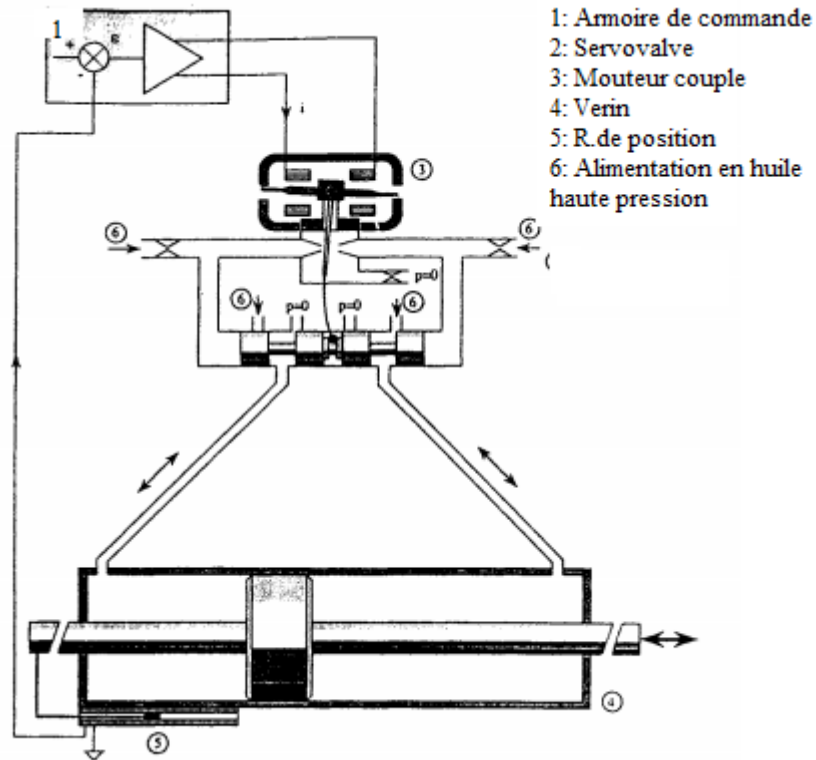


Figure III.1 : Asservissement tige d'un vérin

2) Asservissement des axes d'une machine-outil :

Contrôle des déplacements de table (axes de translation X, Y), de la décente de l'outil (axe de translation Z), et de sa vitesse de rotation ; contrôle de trajectoire....

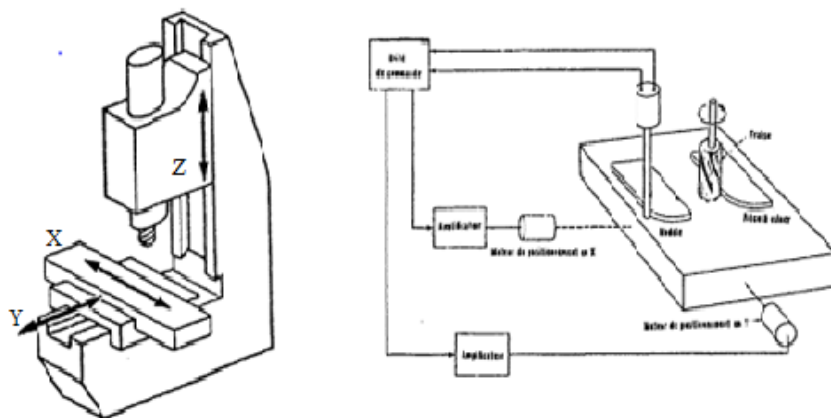


Figure III.2 : Asservissement d'une machine

Chapitre IV

Conception d'un pendule Charpy chauffant

Le pendule Charpy chauffant, est l'un des tests les mieux adaptés au calcul de la résilience de matériaux et ce à des températures élevées.

L'importance de ce test nous a conduits vers l'étude et la conception et calcul de vérification d'un pendule Charpy chauffant à fin de mieux exploiter les matériaux.

Ce pourquoi nous l'avons scindé en deux parties, la première portera sur la conception, et la deuxième sur le calcul de vérification de certains éléments.

Première partie :

I. Présentation :

Le pendule Charpy chauffant est une machine muni d'un four qui permet le calcul de la résilience d'un matériau a des températures non pas que ambiante, mais aussi croissante.

II. Composition du pendule Charpy chauffant :

Le pendule Charpy chauffant reprend la composition du pendule déjà existant, mais aussi il renferme une partie essentielle celle du four permettant de chauffer l'éprouvette. Notre pendule Charpy chauffant comprend un four composé de deux parties, un moteur pas à pas contrôler par une carte de control Arduino UNO, il permettra l'ouverture et fermeture des deux parties du four, il comprendra aussi un système de déclenchement automatique du pendule attaquant.

III. Objectif :

Le mouton pendule Charpy chauffant a pour objectif d'offrir une meilleure connaissance et utilisation des matériaux dans différents domaines tel que la conception de produits mécaniques. Muni d'un four qui a pour objectif d'élever la température des éprouvettes, il permet de mieux connaître le comportement des matériaux et ce à des températures croissantes.

IV. Caractéristique :

- déclenchement mécanique du pendule attaquant.
- remontée du pendule manuelle
- vitesse d'Impact : 3.8m/s
- Dimension des échantillons : 2,5x10x50 mm et 5x10x50 mm
- Alimentation électrique (moteur pas à pas)
- Carte de contrôle Arduino UNO.
- 1 grille de protection
- Four en deux parties avec ouverture électrique.
- Distance des appuis des échantillons 40mm

V. Matériau, fonction, et géométrie :

Le choix d'un matériau et d'un procédé est associé au choix de la géométrie.

Pour arriver à cette géométrie, le matériau subit des procédés de fabrication, mise en forme primaire, enlèvement de matière (usinage, perçage), finition (polissage), et assemblage (soudage,...).

La fonction, le matériau, la géométrie et le procédé interagissent :

- La fonction dicte le choix du matériau et du procédé ;
- Le procédé dépend du matériau ;
- Le procédé interagit avec la géométrie (il détermine la forme, la taille, la précision, etc.

VI. Aciers utilisés :

Tableau 2: Choix des matériaux

Matériaux	Observations	Emploi
A60 Acier non allié	Acier de construction résistant à la traction	<ul style="list-style-type: none"> • Porte éprouvette • Tige
XC48 Acier non allié	Acier mi-dur	<ul style="list-style-type: none"> • Support • Pièce en U • Pendule attaquant • Tige • Arbre • Levier de libération de sécurité
Z200C12	Acier dur résiste à la flexion et torsion	<ul style="list-style-type: none"> • Tige pendule • Outil couteau
42CD4	Acier pour trempe	<ul style="list-style-type: none"> • Tige

VII. Conception des pièces :

Les formes de la pièce à concevoir vont dépendre :

- De la fonction à remplir.
- Des conditions de fabrication.
- Du choix du matériau.
- Du procédé de fabrication.

Leur conception consiste à réaliser des pièces qui respecteront au maximum les critères suivant :

- La légèreté.
- La résistance.
- La simplicité de l'assemblage.

Pour la conception de toutes nos pièces, on a utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : esquisses, fonction, pour concevoir toute nos pièces.

a) Pièce en U

La conception de la pièce s'est effectué en utilisant plusieurs commandes du logiciel de conception solidworks, tel que l'esquisses, l'extrusion, l'enlèvement de matière. Conçu sous forme de U, de maniéré à être solide, légère, et facile à assembler.

Elle dispose notamment de quatre (4) rangées pour roulement, qui permettront à deux éléments d'être en rotation l'un par rapport à l'autre.



Figure IV.1 : Conception de la pièce en U sur solidworks

b) Support :

Le support est conçu de manière à pouvoir supporter le poids de toute la structure, et de manière à accueillir le compartiment de l'éprouvette, et dispose aussi de deux rangées pour roulement.

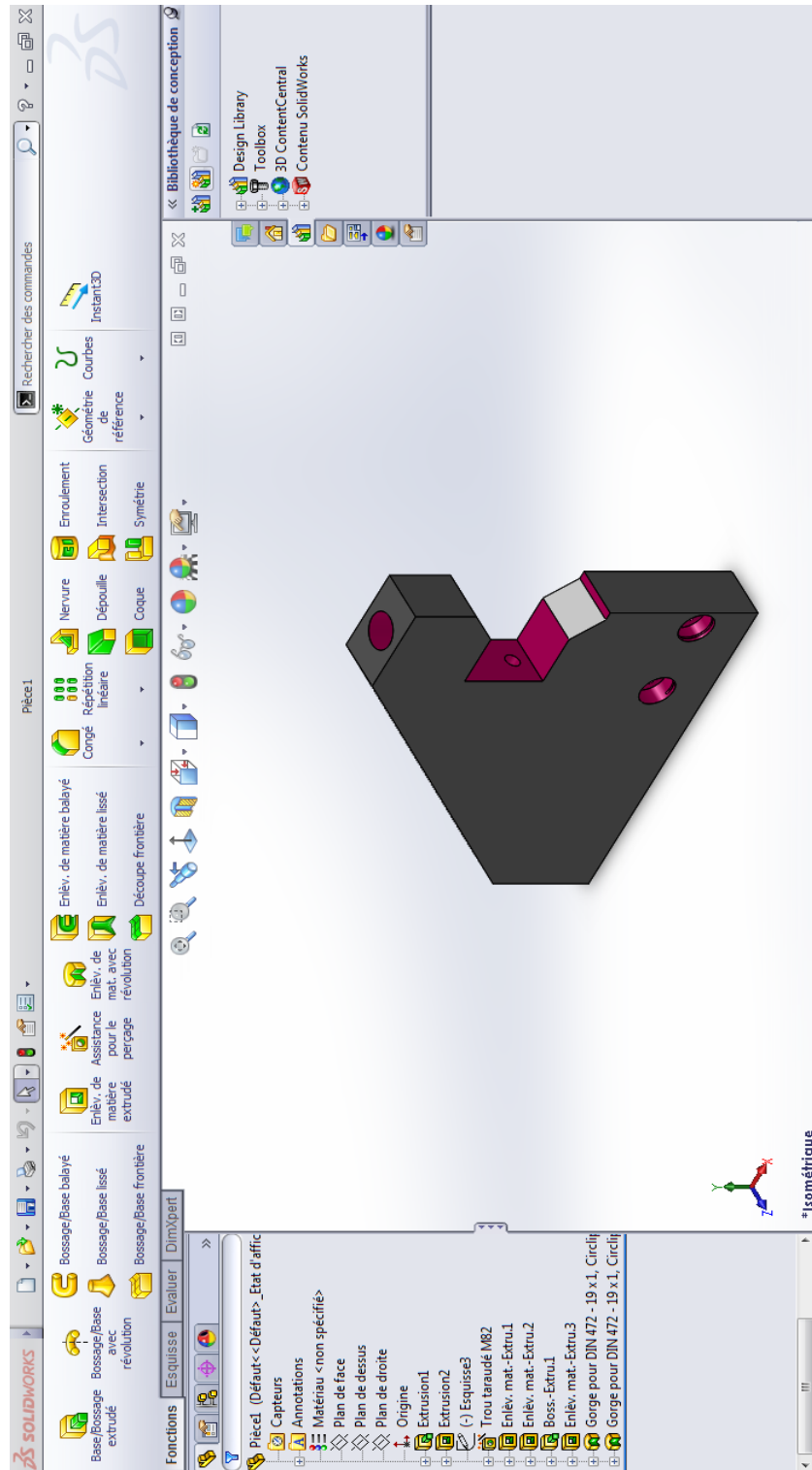


Figure IV.2 : Conception du support sur solidworks

c) Plaque de base :

La plaque de base est conçue à la foi pour accueillir entièrement le système, et pouvoir offrir une stabilité au système lors de sa mise en marche.

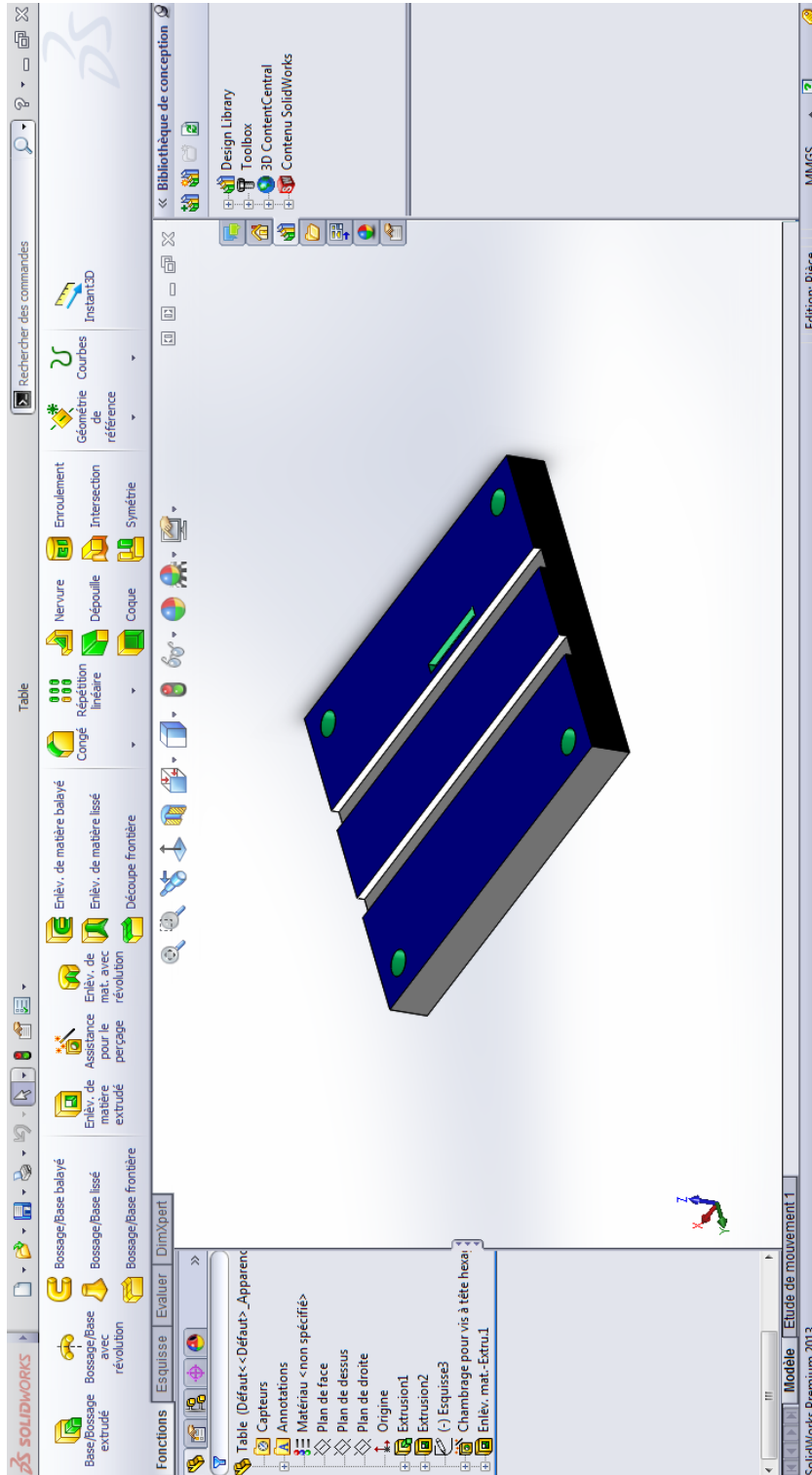


Figure IV.3 : conception plaque de base sur solidworks

d) Pendule attaquant :

Le pendule attaquant en acier a été conçu d'une manière à minimiser les frottements de l'air, et que son poids lui procure une certaine vitesse, sa masse sera calculer pour que l'énergie cinétique développée au lancer du pendule soit connue. La partie en noir est un outil couteau qui sera fait en Z200C12, qui sera fixé au pendule attaquant.

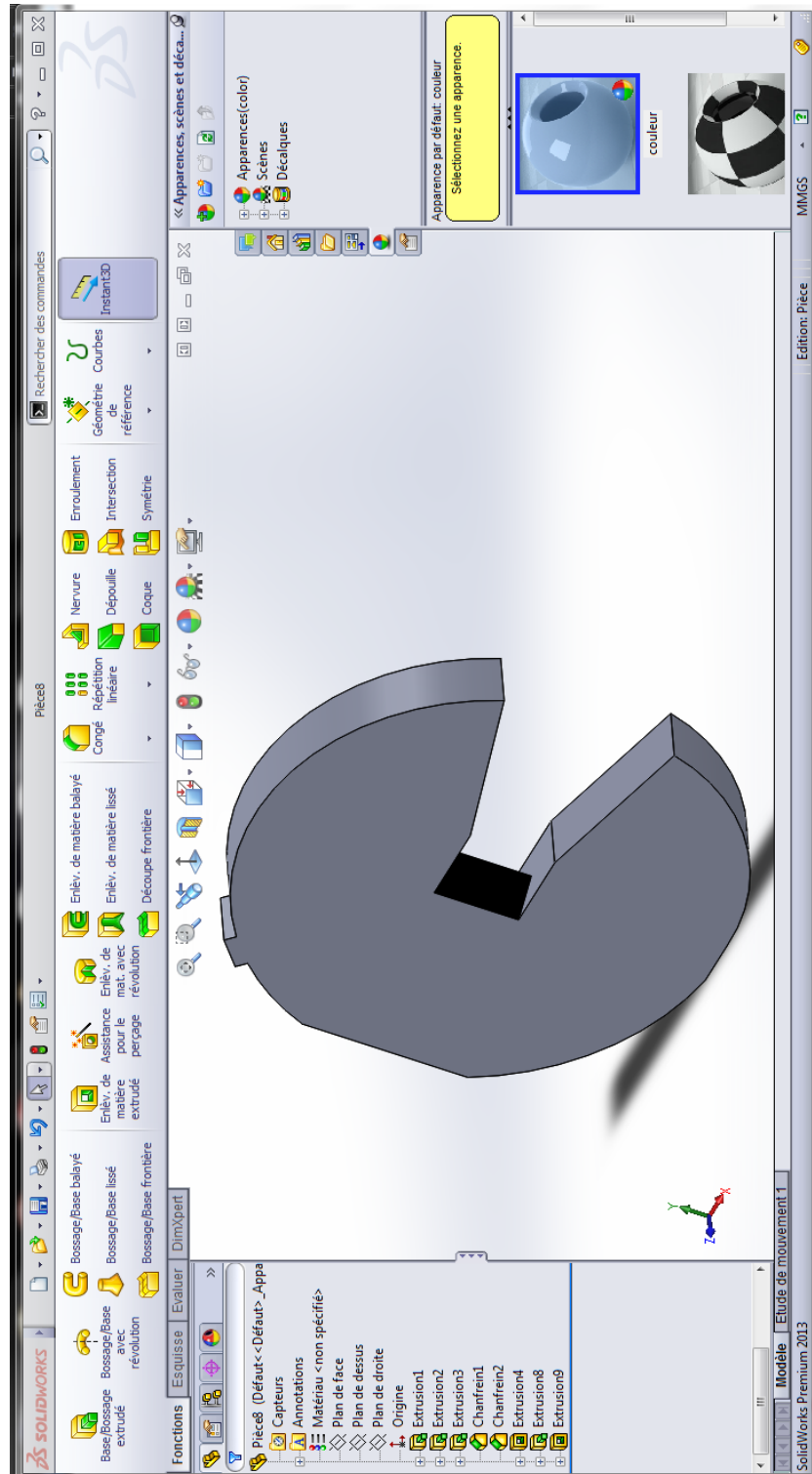


Figure IV.4 : Conception pendule attaquant sur solidworks

VIII. Conception du système chauffant :

Le système chauffant est conçu de la manière la plus simple et de sorte qu'il ne soit pas une gêne pour le pendule attaquant lors qu'il vient percuter l'éprouvette, pour cela il sera en deux parties, qui se referment en même temps sur éprouvette a fin de l'amener à température désiré, les deux parties seront munies de briques réfractaires, et de résistance.

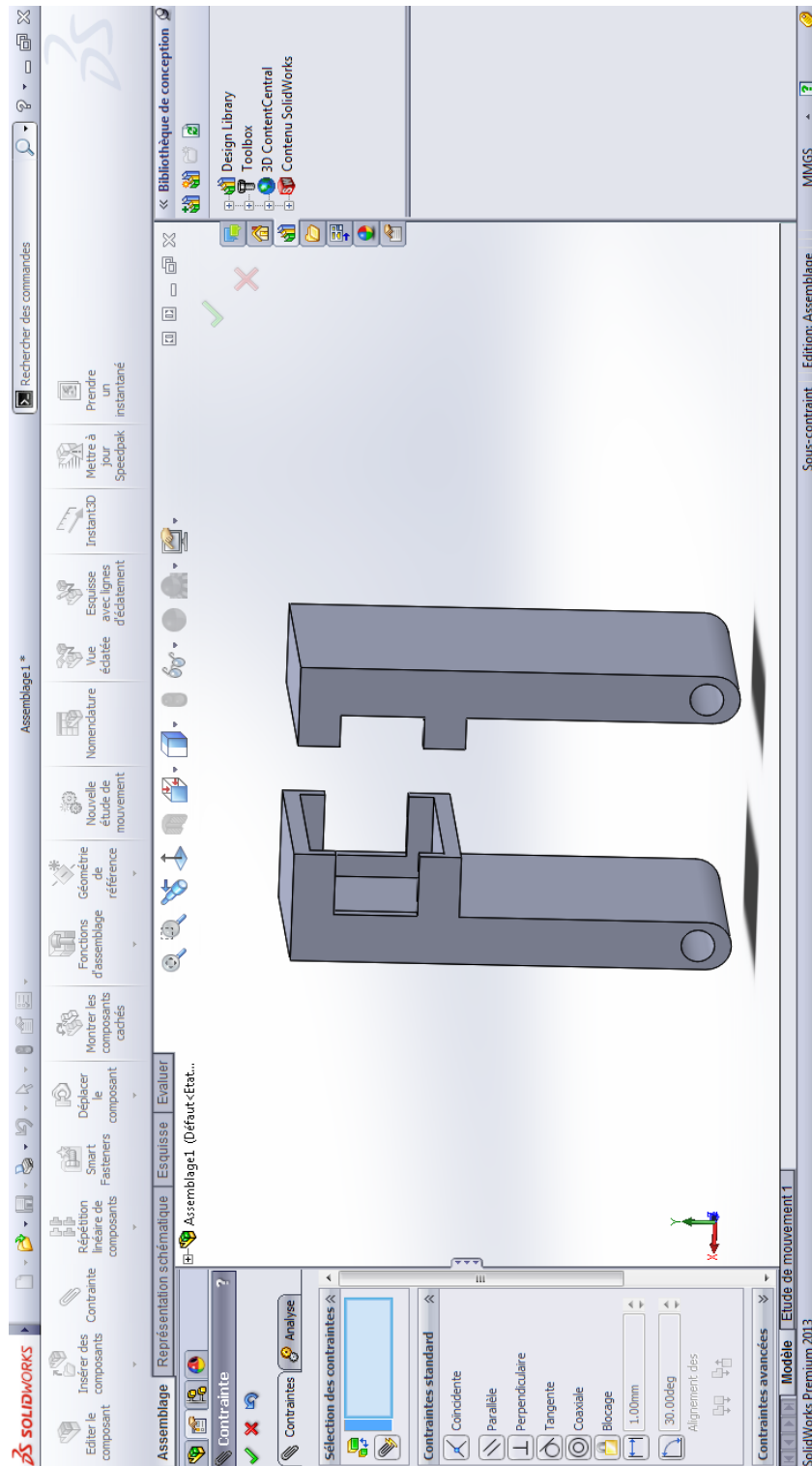


Figure IV.5 : Conception du four sur solidworks

- a) **Briques réfractaire** : des briques réfractaires ont été usiné pour épouser l’empreinte du four et accueillerons des résistances qui chaufferont l’éprouvette à température désirée.

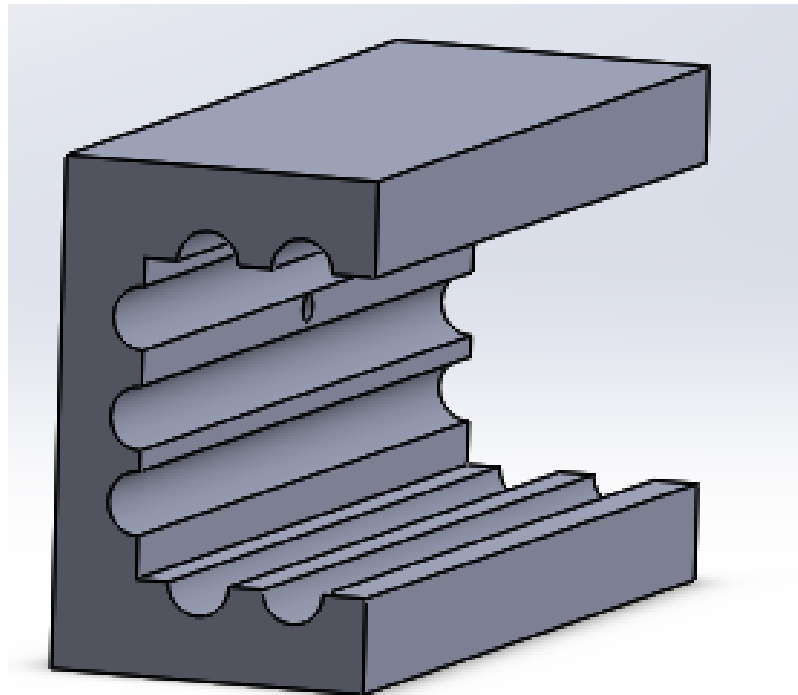


Figure IV.6 : brique réfractaire

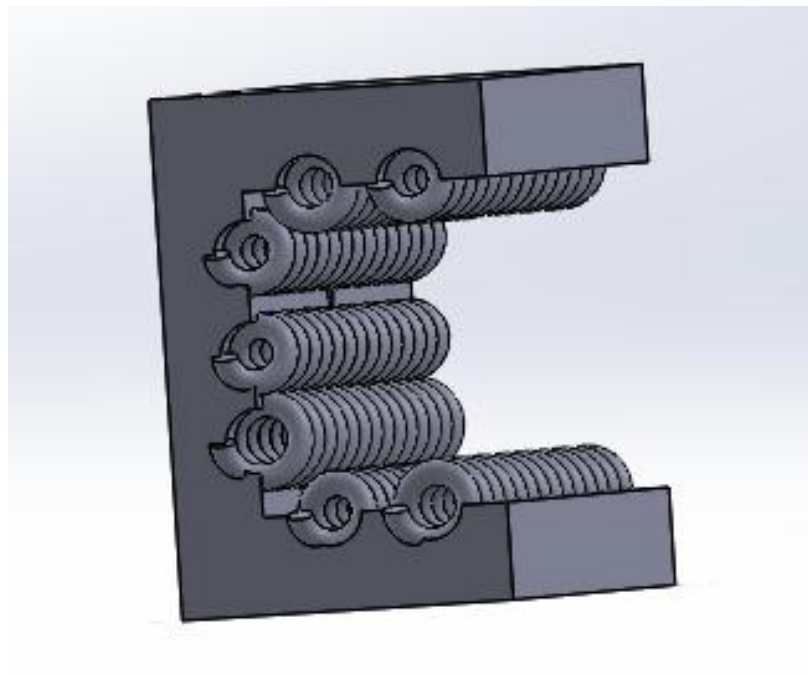


Figure IV.7 : brique réfractaire avec résistance

b) Engrenage : Deux roues dentées tournantes l'une opposé à l'autre, connecté à deux arbre d'entraînement, permettent la synchronisation des deux partie du four. Des clavettes solidariserons, les deux pièces à fin d'en faire qu'un.

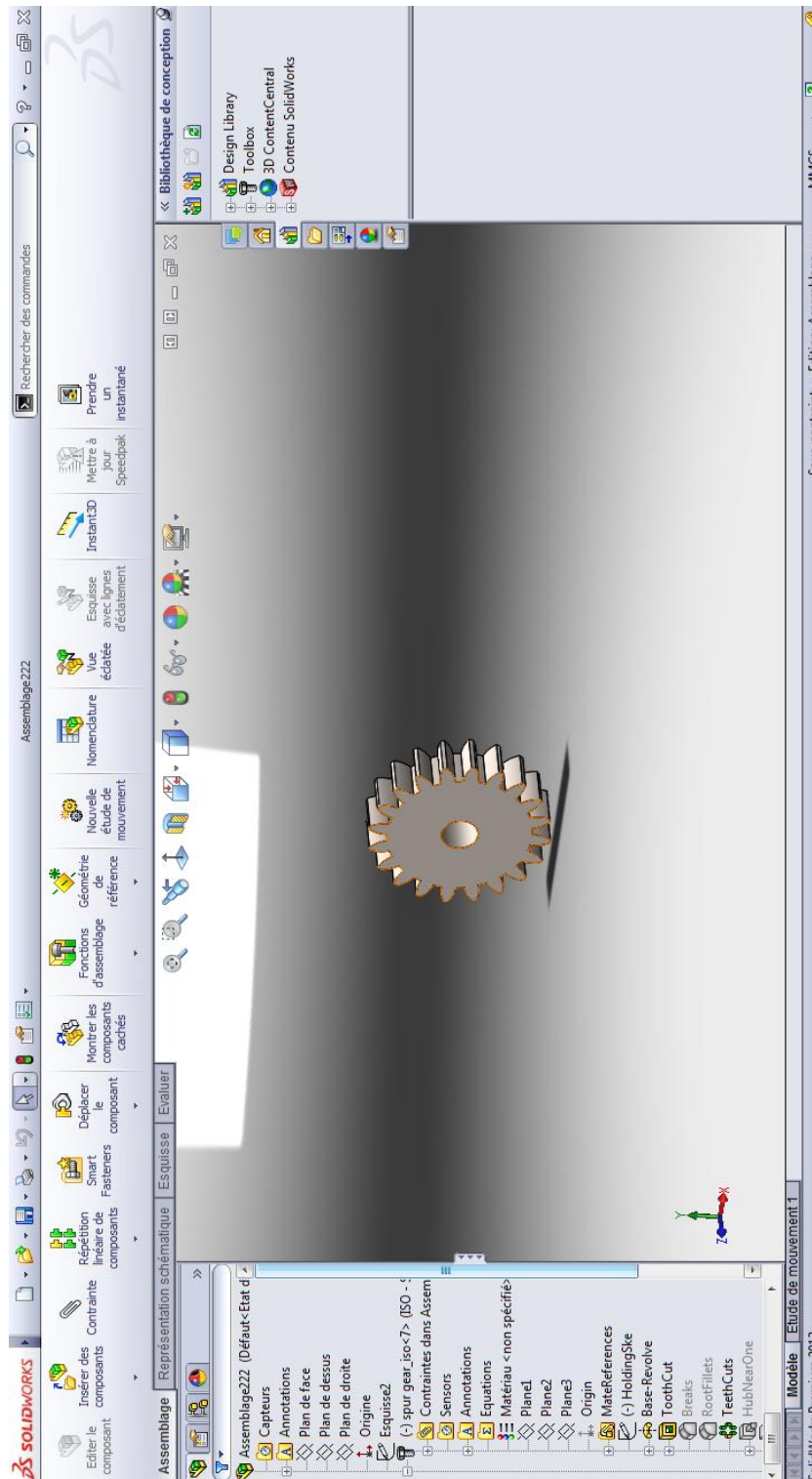


Figure IV.8 : Conception d'une roue dentée sur solidworks

c) La poulie :

La poulie est conçue de la plus simple des manières pour pouvoir accueillir la courroie qui lui transmettra le mouvement du moteur pas à pas, à fin que le four s’ouvre.

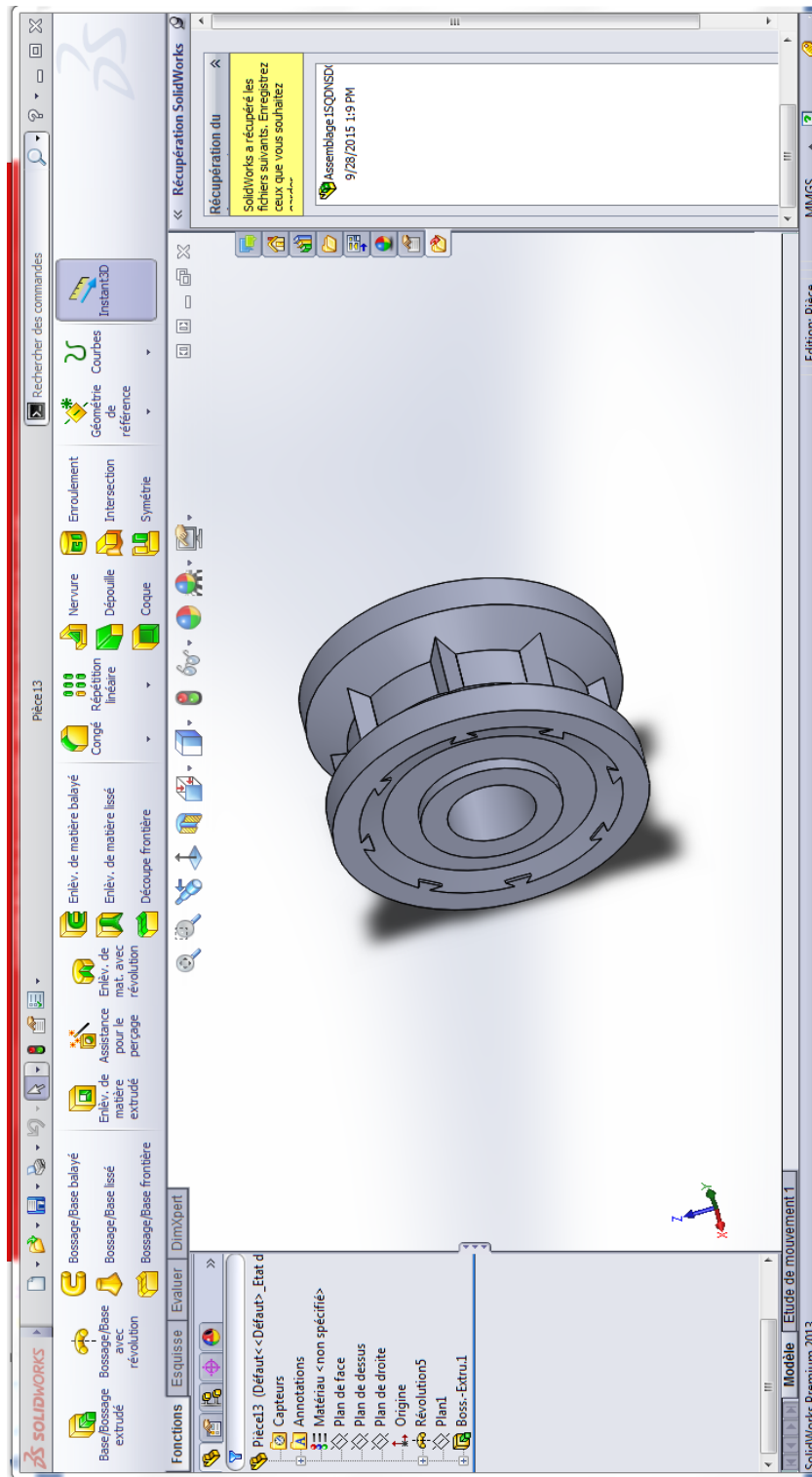


Figure IV.9 : Conception d’une poulie sur solidworks

VIII. Asservissement du système chauffant

L'objectif principal de notre travail est de concevoir un pendule Charpy chauffant permettant de réaliser des essais sur éprouvettes chauffées aux températures désirées. Pour cela nous avons d'abord conçu le pendule (en procédant par une conception adaptative), ensuite nous allons, dans ce qui suit, proposer et étudier une solution pour un four basculant. Ce dernier sera commandé au moyen d'une carte électronique qui agira sur le système mécanique de sa mise en marche et de son retrait.

VIII.1. La carte électronique Arduino :

a) Définition :

La carte Arduino® est un circuit électronique imprimé disposant d'un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques et servir ainsi pour la commande de divers appareils. Il existe plusieurs versions de ce genre de cartes dont les plus performantes permettent le pilotage des plus sophistiqués des robots.

Pour notre projet, nous avons choisi d'utiliser une version assez simple d'Arduino ® : la carte UNO R3. Ce choix est motivé par le fait que cette carte permet d'acquérir six (6) signaux et délivrer autant (pour exciter six actionneurs) en même temps pour un coût suffisamment bas [16].

b) Description:

Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Il utilise les entrées/sorties du microcontrôleur pour l'interfaçage avec d'autres circuits, l'acquisition des signaux produits par les capteurs (pour les entrées) et agir sur les actionneurs (pour les sorties). Les connexions sont établies au travers de connecteurs femelles situés sur le dessus de la carte (figure III.10). Pour la majorité des cartes Arduino ®, des modules d'extension peuvent être empilés sur le module principal. A titre d'exemple, l'empilement d'un module Arduino® Uno avec Arduino ® Mega et Arduino ® Shield constitue un contrôleur de robot pouvant être actionné à distance via le réseau internet.



Figure IV.10 : Carte de contrôle Arduino UNO

c) Programmation :

La programmation de la carte électronique Arduino[®] se fait grâce à des programmes conçus par le fabricant et dédiés à cet effet. Cette programmation peut se faire aussi en utilisant d'autres programmes tels que LabVIEW[®] de National Instruments ou DasyLab. Pour le contrôle de notre système, nous avons choisi d'utiliser le programme LabVIEW[®], version 2009.

Un programme de contrôle construit dans le LabVIEW[®] se fait en utilisant deux façades. La première sert à construire le circuit, à faire les branchements des capteurs (de température, vitesse, masse, etc.) et des actionneurs (moteurs, lampes LED, émetteurs sonores, etc.) et à régler tous les paramètres du programme. La figure III.8 montre un schéma décrivant l'architecture du programme. Grâce à ce schéma de programmation, nous avons déduit le mode de connexion des entrées-sorties de la carte Arduino[®]. Les entrées/sorties de la carte sont affectées aux éléments suivants :

- Le thermocouple qui sert à capter la température dans l'enceinte du four (correspond à la température de l'éprouvette lorsque le four est en position fermé) ;
- La goupille électromagnétique qui servira à bloquer puis lâcher le pendule en retirant le levier n° 10 (voir plan en annexe) ;
- Le contacteur qui fait fonctionner ou arrête l'élément chauffant (résistance)
- Le capteur de position indiquant le nombre de tours faits par le moteur contrôlant la position du four.

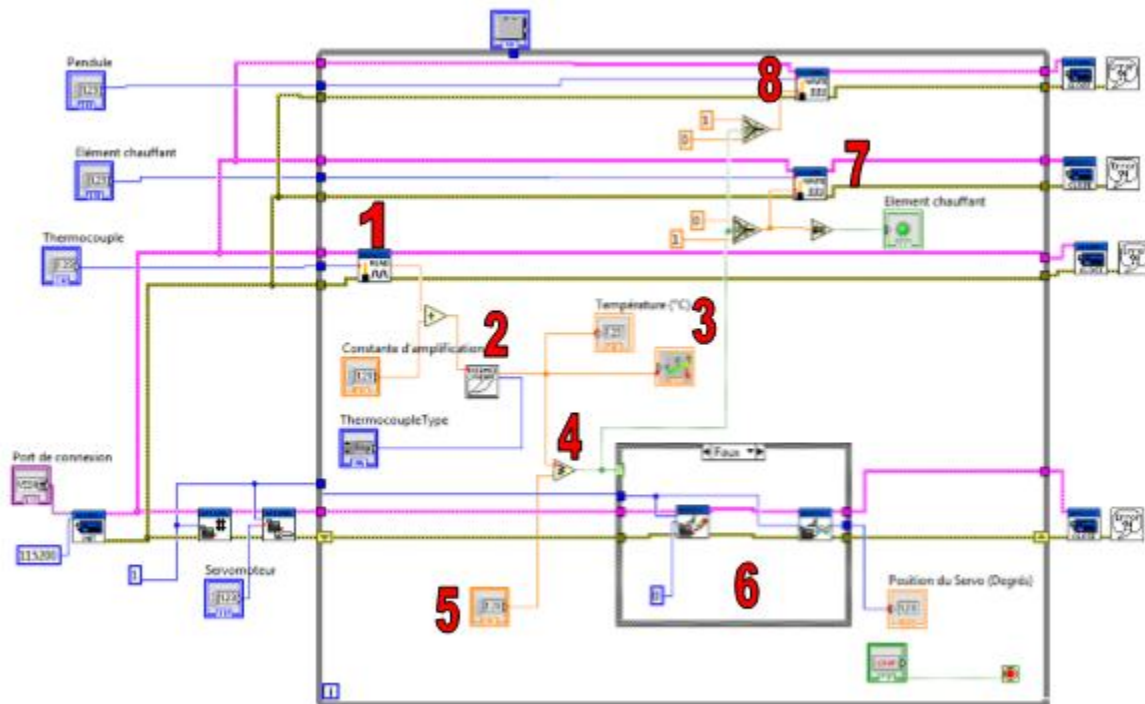


Figure IV.11 : 1^{ère} façade du programme de contrôle en utilisant LabVIEW

La deuxième façade, appelée aussi *Front panel*, est composée de deux fenêtres :

- La première fenêtre (figure III.12) sert à introduire les données de branchements et régler les paramètres de la carte Arduino ®. Il est question d'affecter les entrées/sorties analogiques/numériques des capteurs et actionneurs.
- La deuxième fenêtre (Figure III.13) est celle du contrôle: on y introduit la température de consigne (température à laquelle on désire chauffer l'éprouvette). Ensuite, on clique sur démarrer (icône en forme de flèche, en haut de la fenêtre, côté gauche).

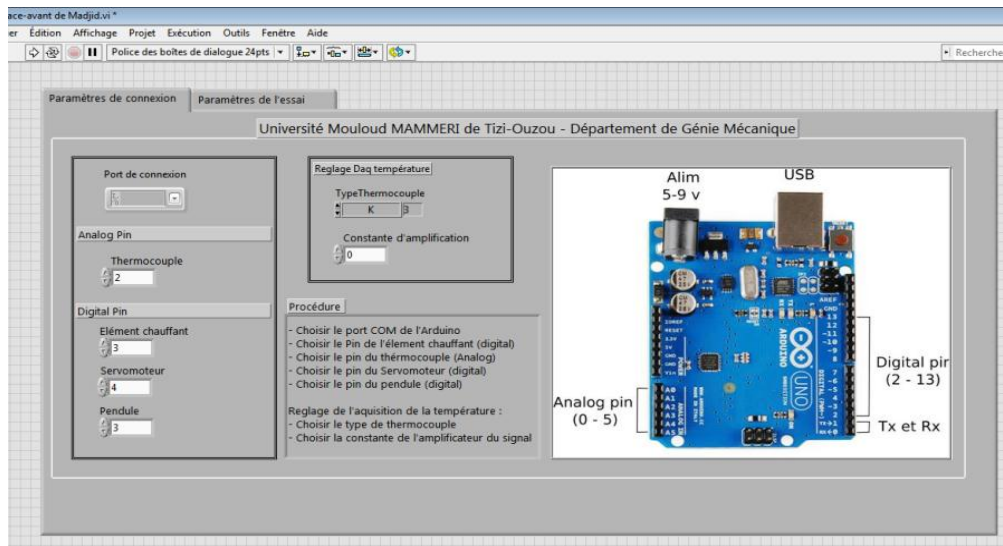


Figure IV.12 : fenêtre de paramétrage de la carte (2^{ème} façade du programme de contrôle)

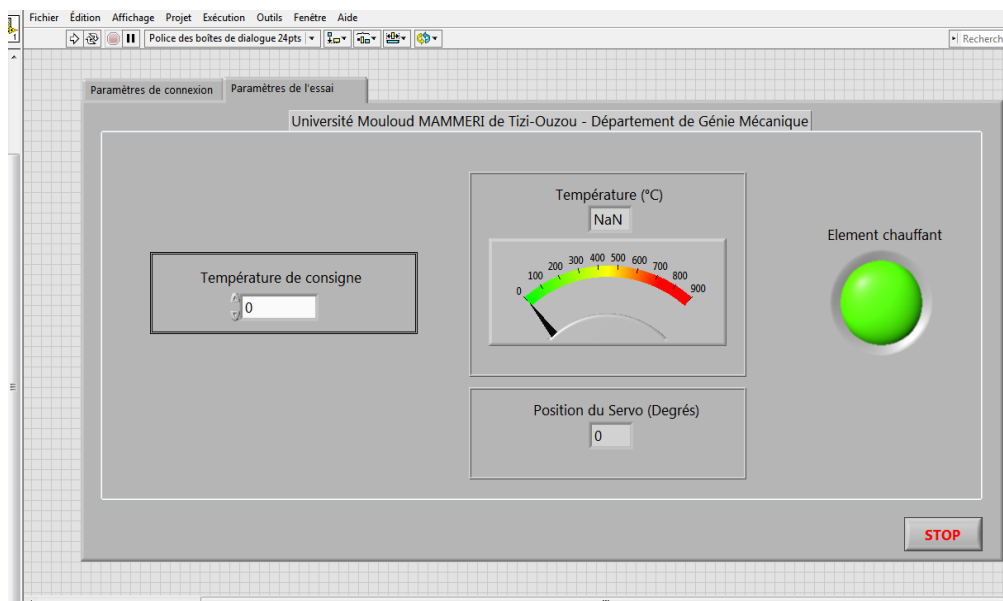


Figure IV.13 : fenêtre de contrôle du pendule (2^{ème} façade du programme de contrôle)

d) Déroulement de l'essai et fonctionnement du programme :

Pour réaliser l'essai, on procède comme suit :

On place l'éprouvette dans la zone prévue à cet effet au niveau du pendule.

Initialement, la position du four est sur ouvert et sa température est à T° ambiante. On actionne la carte Arduino® en la connectant au PC. On ferme le four manuellement. Ce qui provoque le changement de position angulaire du servomoteur qui contrôle le four en la mettant sur 0°. On démarre ensuite le programme.

Le principe du programme est basé sur la condition *tant que*. Il s'agit donc d'appliquer une action tant que la température réelle est inférieure à la température de consigne, sinon, appliquer une autre action. Ce qui correspond à 2 conditions :

Première condition : (au démarrage de l'essai, après fermeture manuelle du four).

- Lecture de la DDP (différence de potentiel délivrée par le thermocouple) au niveau de (1), puis division par la constante d'amplification (constante à déterminer au moyen d'essais d'étalonnage en utilisant un appareil fiable, par exemple multimètre doté d'un thermocouple K ou un pyromètre infrarouge).
- Cette DDP sera convertie en température au niveau de (2) en choisissant au préalable de type de thermocouple utilisé. Dans notre cas, nous utiliserons un thermocouple de type K.
- La température sera affichée en (3), valeur que le programme indiquera au niveau de la fenêtre de contrôle (Figure III. 13).
- La valeur affichée en (3) sera ensuite comparée en (4) à la température de consigne (5) introduite dans la case dédiée à cet effet dans la fenêtre de contrôle (Figure III. 13).
- Dans (4), on aura donc une condition VRAI ou FAUX :

Si la condition est sur FAUX (température réelle inférieure à celle de la consigne) :

- La boîte (6) sera sur FAUX → position du servomoteur est à 0.
- Position élément chauffant (7) sur 1, c'est-à-dire que le contacteur est fermé et que la résistance continue à chauffer.
- Position du pendule (8) sur 0 c'est-à-dire le pendule est bloqué par la goupille électromagnétique.

Si la condition est VRAI (c'est-à-dire que la température réelle a atteint la température de consigne) :

- La boîte (6) sera sur VRAI, le servomoteur tournera alors de 90° (position correspondant au nombre de tours que fera le moteur pas-à-pas pour ramener le four dans la position ouvert, position pour laquelle il est possible de lâcher le pendule sans risque de percuter le four, figure III.14).
- La position de l'élément chauffant (7) sur (0), c'est-à-dire que l'alimentation de la résistance est coupée (four éteint).
- La position de (8) passe de 0 à 1, c'est-à-dire que l'électroaimant qui contrôle la goupille servant à bloquer le pendule sera alimenté. La goupille se retire et libère alors le pendule qui vient percuter l'éprouvette.

VIII.2. Moteur pas à pas :

a) Définition :

Les moteurs pas à pas sont des moteurs électriques d'une conception particulière, différentes des moteurs classiques. Leur structure permet, par une commande électronique appropriée, d'obtenir une rotation du rotor d'un angle égal à n fois un angle élémentaire appelé « pas ».

Ces moteurs ont connu ces dernières années, un développement important lié à leurs applications en péri-informatique (imprimantes, unités de disque, lecteur de bande ...), en commande numérique et en robotique.

Ces applications concernent pratiquement toujours du positionnement en boucle ouverte, c'est-à-dire sans détecteur de position (codeur, résolveur, potentiomètre, etc.).

Tableau3 : Caractéristiques et avantages Moteur pas à pas

Caractéristiques	Avantage
Fonctionnement en boucle ouverte	Pas besoin de codeur d'organe de recopie
Sans balais	Pas d'usure et durée de vie importante
Plusieurs pas angulaires disponibles	Optimisation de la résolution, de la stabilité du couple
Communication directe d'un signal digital	Facilité d'intégration dans un système complexe

b) Moteur utiliser :

Il existe trois types de moteur pas à pas Arduino:

1. A aimant permanent.
2. Hybride.
3. Reluctance variable.

Dans notre cas on utilisera à aimant permanent avec carte de control ULN 2003 (figure III.10), Le nom de ce type de moteur pas à pas est lié à la conception de son stator : une tôle magnétique découpée et emboutie.

Sur un diamètre intérieur, les tôles composent une série de dents qui symbolise les pôles du stator tout en laissant un espace torique pour une bobine.

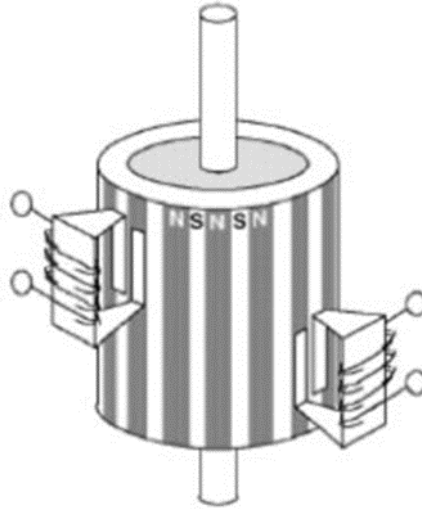


Figure IV.14 : Schéma d'un moteur pas à pas à aimant permanent.

Chaque sous-ensemble représente une phase stator.

Le rotor est un barreau aimanté radialement ayant plusieurs paires de pôles N-S.

Pour piloter ce moteur pas à pas on utilisera un driveur qui est généralement fourni avec, et qui permet de simplifier la commande [17].

Avantages du moteur à aimant permanent :

- Bon marché
- Dimensions réduites
- Bon rendement
- Bon amortissement des oscillations
- Grand angle de pas (nombre de pas faible : 48, 3072 positions angulaires différentes)

Inconvénients du moteur à aimant permanent :

- Puissance faible
- Paliers en bronze ou plastique (pas de roulement)
- Couple résiduel sans courant
- Vitesse faible (maximum : 10tr/min)

c) Schéma d'un moteur pas à pas à Aimant permanent :

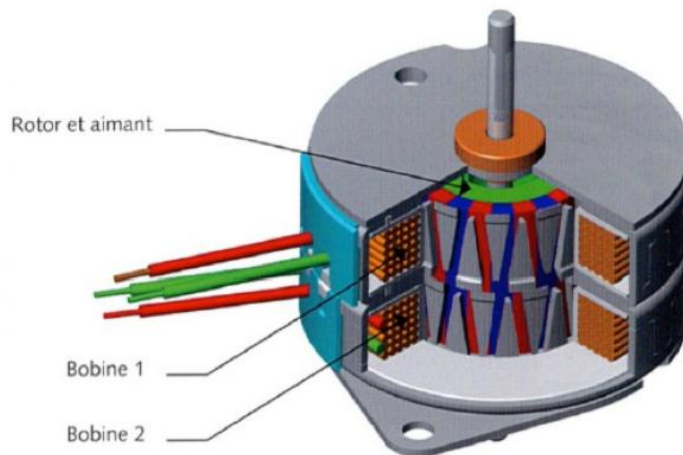


Figure IV.15 : Schématisation détaillé du moteur pas à pas à aimant permanent.

X. Conception du système de déclenchement mécanique :

Le système de déclenchement a été conçu de manière est ce que, dès que le système chauffant soit ouvert il déclenchera automatiquement le pendule attaquant. Il se composera d'une manivelle, de deux longues tiges, et deux ressorts, le principe est simple, la première partie du système chauffant appuiera sur une tige, ce qui permettra le relâchement des deux crochets qui aura pour conséquence direct la libération du pendule attaquant.

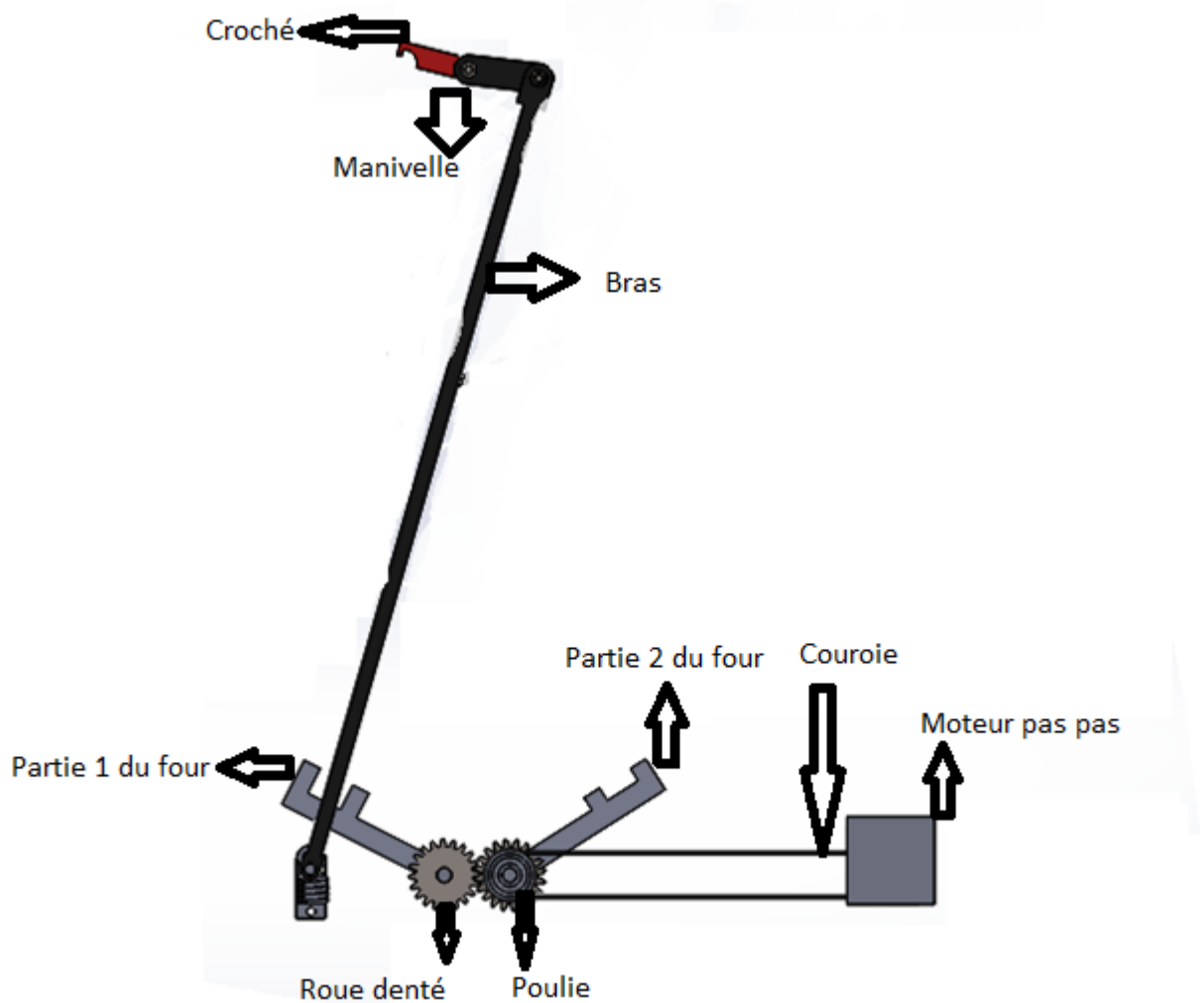


Figure IV.16 : Schématisation du système de déclenchement.

XI. Assemblage :

Pour permettre le montage de toutes les pièces, du four et du système de déclenchement, l'utilisation de la commande assemblages était nécessaire, elle a permis aussi la détection des interférences qui peuvent exister entre toutes les pièces assemblées.

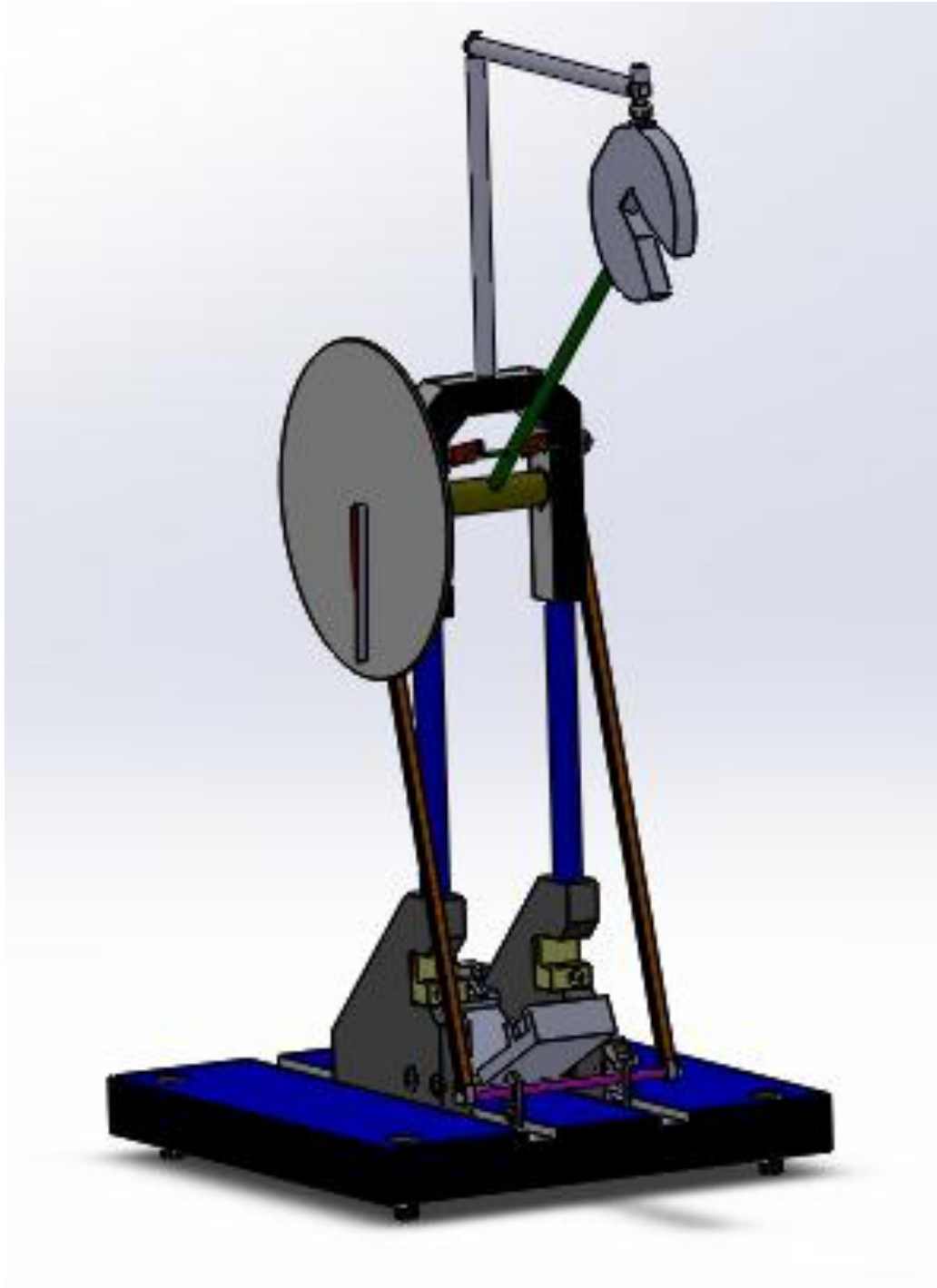


Figure IV.17 : Assemblage sur solidworks

L'assemblage s'est fait en utilisant plusieurs contraintes de bocages, des circlips intérieurs et extérieurs ont été utilisés à fin de maintenir les arbres dans leur emplacements.

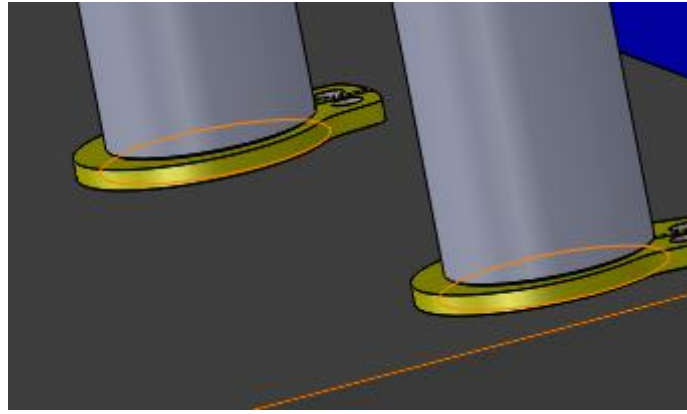


Figure IV. 18 : circlips de maintien pour arbre

Des roulements avec bagues extérieures non tournantes, permettront aux arbres de tourner autour de leurs axes, sans aucune résistance. Après le montage des roulements, on y ajoute des circlips pour alésage à fin de maintenir les roulements à leur places

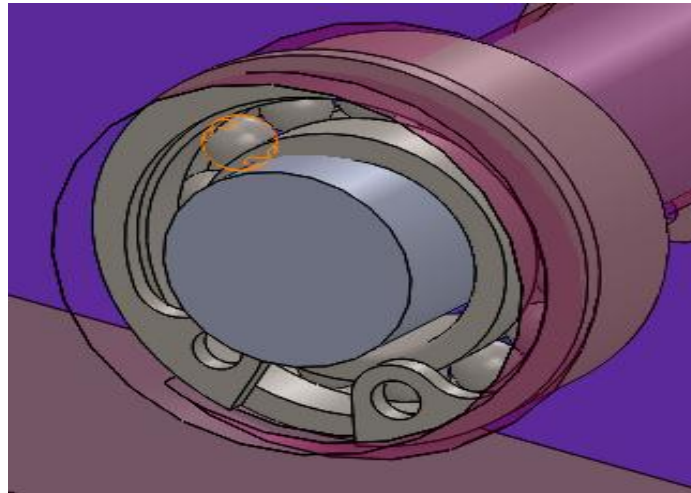


Figure IV.19 : montage d'un roulement sur arbre

Un ensemble de vis et écrous serviront à la solidarisation de pièces entre elle, comme le montre la figure suivante :

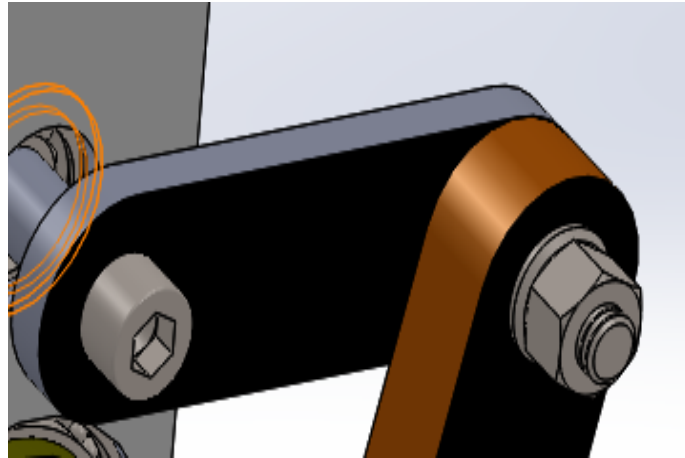


Figure IV.20 : solidarisation de pièce par vis-écrous

Une échelle de lecture de la valeur de résilience sera montée sur le pendule tel que le montre la figure III.15.

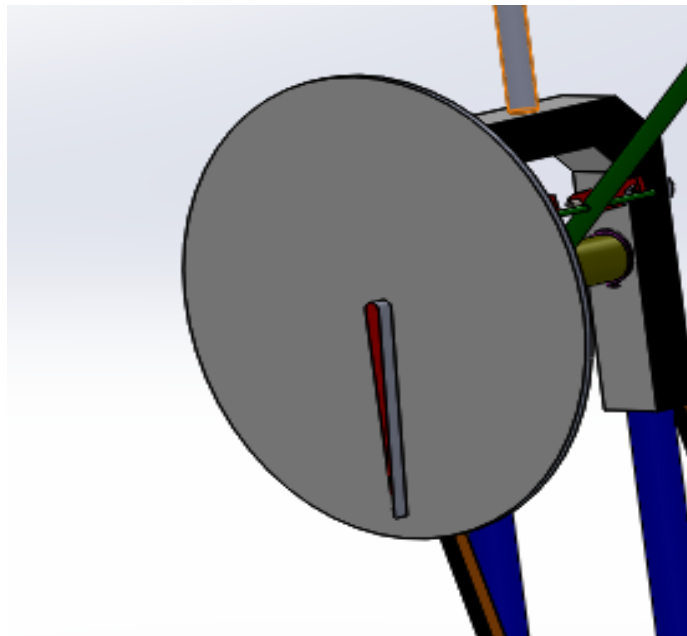


Figure IV.21 : montage d'échelle de lecture

La figure III.21 montre le système de déclenchement, le lâché du pendule attaquant.

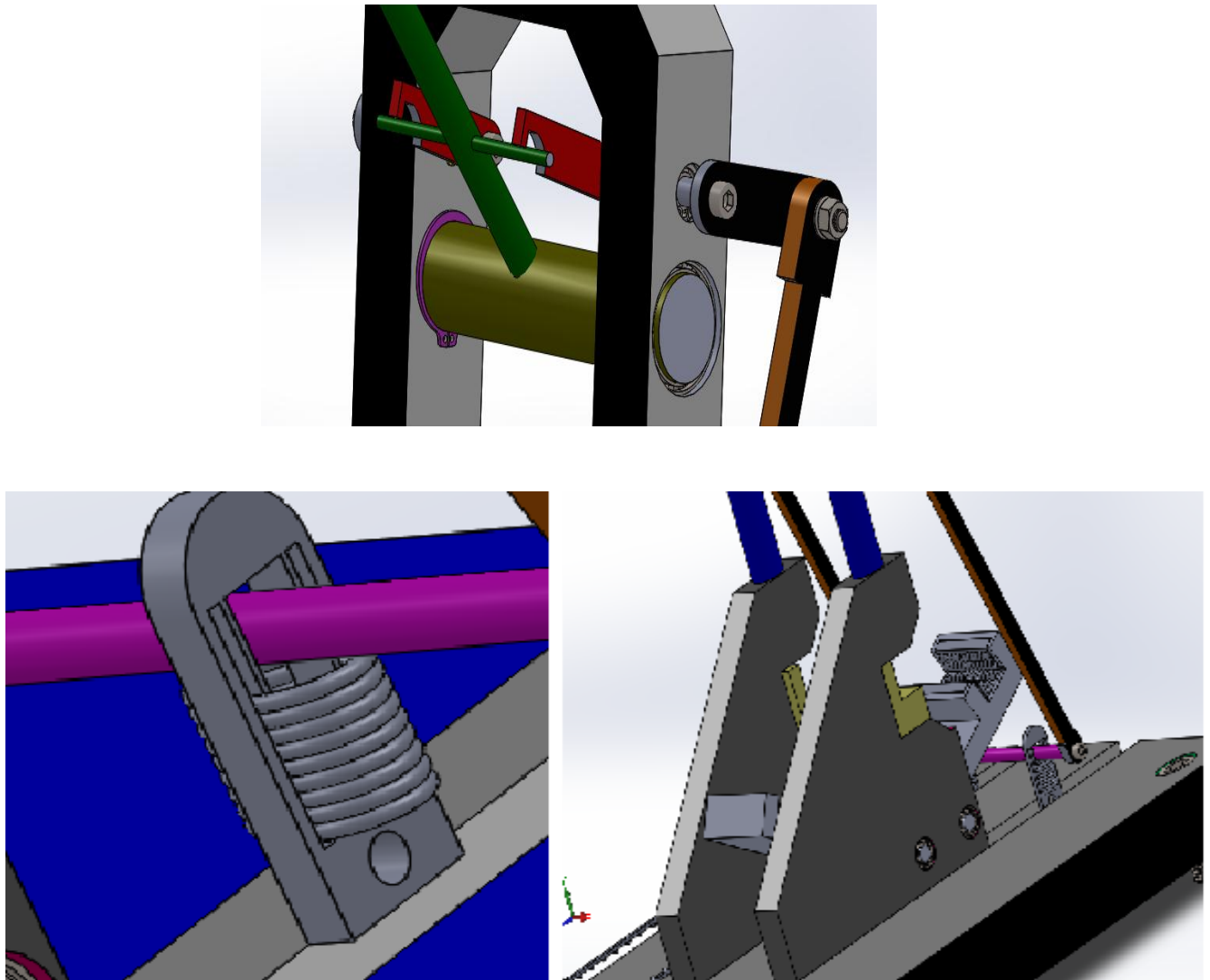


Figure IV.22 : Système de lâché du pendule attaquant

XII. Etude de mouvement :

La commande solidworks animator nous a permis d'élaborer une animation 3D qui rend notre conception très claire, et donne aussi une idée sur le fonctionnement du dispositif.

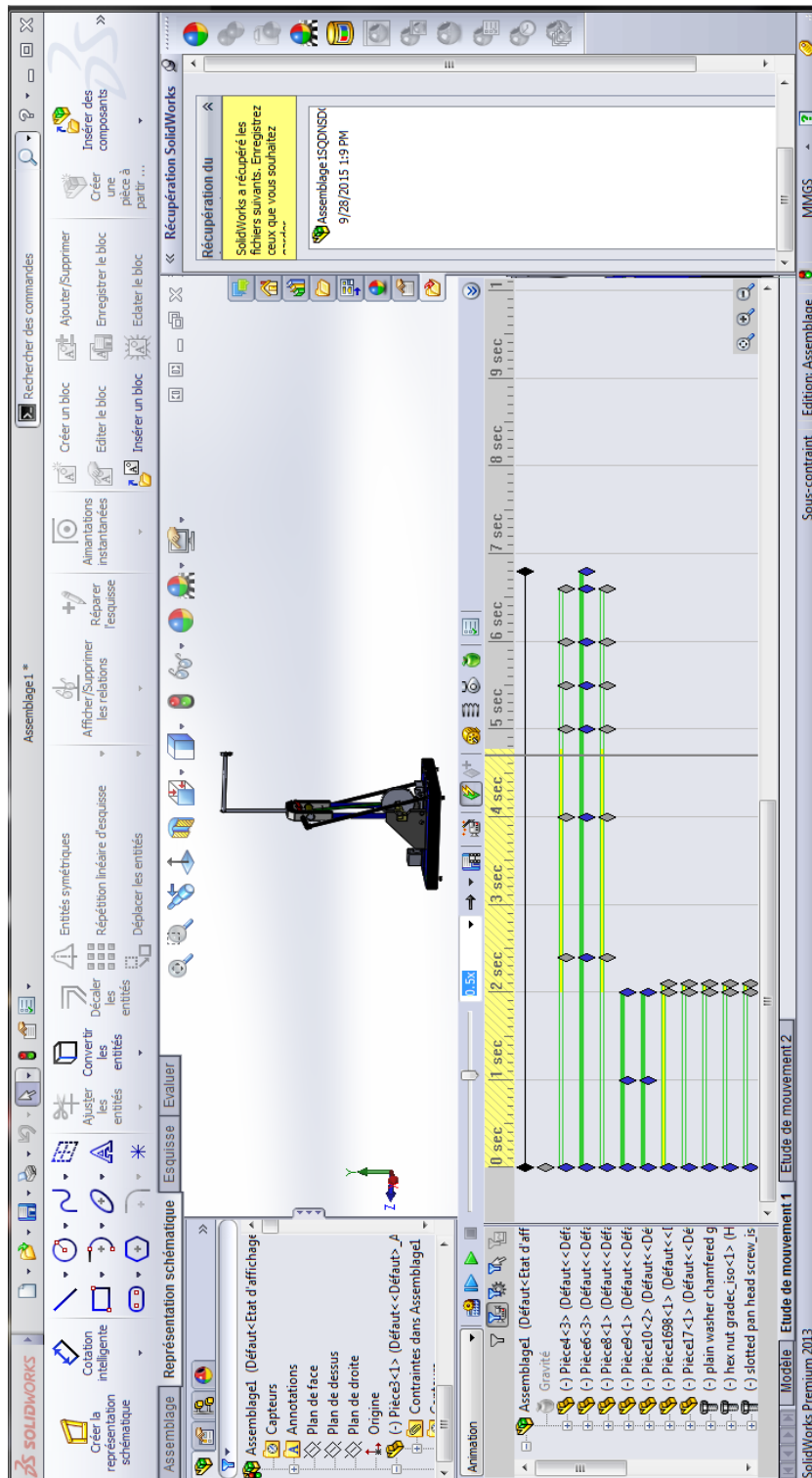


Figure IV.23 : Etude de mouvement sur solidworks

Partie deux : Calcul de vérification :

XIII. Calcul :

Dans la conception du mouton pendule Charpy chauffant, quelque pièces seulement sont sollicitées par des contraintes, tel que la traction ou la flexion.

Deux pièces en particulier seront soumises à deux contraintes différentes, la pièce numéro (5), elle sera sollicitée par la flexion, et pour cela un calcul de vérification est nécessaire afin de mieux l'exploiter, et évitera les accidents.

Pièce numéro 5, est sous forme cylindrique, elle sera sollicitée par son milieu en flexion,

Son calcul de vérification se fera comme suite :

Flexion :

$$M_f = -E \cdot I \cdot y$$

E : module de Young

I : moment d'inertie

Y : déplacement max

$$\sum F_{\text{ext}} = 0$$

$$R_a + R_c + P = 0 \quad \text{projection sur (oy)}$$

$$\rightarrow P = R_a + R_c$$

$$M_A = 0$$

$$-P \cdot L/2 + R_c \cdot L = 0$$

$$R_c = P/2 = R_a$$

Tronçons AB : $0 < X < L/2$

$$\sum F = 0$$

$$R_A - T = 0$$

$$R_A = T$$

$$\sum M/x = 0$$

$$X=0, \quad M_F = 0$$

$$M_F = R_A \cdot X = 0, \quad M_F = R \cdot X \quad \rightarrow \updownarrow$$

$$X = L/2, \quad M_F = P \cdot L/4$$

$$PL/4 = -E \cdot I \cdot y^2, \quad y^2 = -PL/4E \cdot I$$

$$M_F = R_A \cdot X$$

$$M_F = P/2 \cdot X$$

$$M_F = -E \cdot I \cdot y^2$$

$$Y^2 = -PX/2E \cdot I$$

Conditions aux limites:

$$Y^1(0) = 0$$

$$Y(0) = 0$$

$$Y^2 = -PX/2E \cdot I$$

$$Y^1(L/2) = 0 \rightarrow -P/2 \cdot E \cdot I (L^2 + c_1) \rightarrow c_1 = -L^2/8$$

$$Y^1 = -P/2E.I (X^2/2 + L^2/8) \leftrightarrow Y = -P/4E.I \int X^2 + L^2/4 dx$$

$$Y = -P/4E.I (X^3/3 - L^2/4.X + c_2) ; Y(0) = 0 \rightarrow c_2 = 0$$

$$Y = -P/4E.I (X^3/3 - L^2/4.X)$$

$$Y(L/2) = L^3/24 - L^3/8 = PL^3/48E.I \quad \text{Avec } I = \pi.D^4/64$$

I : Moment d'inertie

π : 3,14

D : Diamètre = 30mm

Application numérique :

$$I = [(3,14) \times (30)^4] / 64 = 1325 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

P: poids: m. g

Avec g: gravité M/S² ; m: masse Kg

$$P = m. g = 3,3 \times 9,81$$

$$P = 32,38 \text{ N}$$

L : Longueur de la pièce

E: Module de Young = 210000 Pa

$$Y = P.L^3/48E.I$$

$$Y = 1,14 \times 10^2 \text{ mm}$$

La pièce numéro 6 sera quant à elle sollicitée par une contrainte de traction

$$\sigma = F/A$$

A : la section de la pièce

F étant la force appliquée, en newton (N), dans notre cas sa sera P

Avec P = m . g

m : Masse

g : Gravité

$$P = m \cdot g = 3,3 \times 9,81 = 29,43 \text{ N}$$

$$\sigma = 29,43 / 67,51 = 0,43 \text{ N}$$

Vérification :

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_e / S$$

Avec : S coefficient de sécurité, $S = 3$

σ_e : Contrainte max.

$$\sigma_{\text{adm}} = 723,83 / 3 = 241,21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma \ll \ll \sigma_{\text{adm}}$$

La pièce résistera à la traction.

X. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons procédé à une étude de conception adaptative en utilisant comme modèle de départ un pendule Charpy déjà existant. A ce système, nous avons ajouté l'option essentielle consistant en un four basculant et instrumenté. Après avoir réalisé les dessins de définition et l'assemblage du système sur le logiciel SolidWorks en considérant les principales contraintes inhérentes à ce système mécanique, nous avons réalisé une simulation du fonctionnement du pendule (fichier vidéo). Après quoi, nous avons fait le calcul de résistance sur les principaux éléments sollicités. Ensuite, l'étude de l'asservissement du pendule a été réalisée en utilisant le logiciel LabVIEW qui permet de simuler le fonctionnement du dispositif constitué d'éléments capteurs (thermocouple, moteur pas à pas) et actionneurs (circuit chauffant, moteur pas à pas, bobine électromagnétique)

Conclusion générale

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous nous sommes proposé de concevoir un pendule-mouton de Charpy instrumenté pouvant porter l'éprouvette à une température élevée et effectuer, à ce moment, l'essai de rupture par choc. Pour cela, nous avons adopté la méthode de conception qui sied à ce type de projets : la conception adaptative.

Ainsi, nous avons reproduit, en grande partie, la conception d'un pendule déjà existant et qui est en cours d'utilisation dans les laboratoires de Sciences des matériaux. A ce système conçu en partie, nous avons donc ajouté une modification majeure : un four en deux éléments, chacun en forme de F, disposées symétriquement l'un face à l'autre et basculants de sorte à envelopper l'éprouvette et la chauffer au moyen de résistances électriques.

Après avoir réalisé les dessins de définition des différentes pièces en utilisant le logiciel SolidWorks, nous les avons assemblées dans le logiciel en considérant les différents types de contraintes (géométriques, d'assemblage et de matière). Ce qui nous a permis de faire une simulation du fonctionnement du pendule (fichier vidéo). Par ailleurs, des calculs de résistance ont été effectués sur les principaux éléments sollicités par les efforts mécaniques engendrés par le mouvement d'oscillation du pendule lors du test de rupture.

La deuxième partie étant l'instrumentation du pendule, nous nous sommes proposés d'utiliser une carte électronique de type Arduino® UNO pour l'asservissement du système mécanique. Ce dernier étant composé d'un moteur électrique de type pas à pas entraînant une courroie qui transmet le mouvement aux deux éléments F du four pour son ouverture et sa fermeture. Le programme de commande de la carte a été écrit dans le logiciel LabVIEW après avoir réalisé le système de branchement des éléments. Le système instrumenté permet, dès que l'éprouvette est mise en place, de fermer manuellement le four, de régler la température de consigne et d'enclencher le fonctionnement automatique du pendule. En effet, une fois la température de consigne atteinte et équilibrée, le signal de commande permettant l'ouverture du four est émis et le moteur se met en mouvement entraînant le basculement du four en position ouvert. Le pendule attaquant est ensuite libéré et vient percuter et casser l'éprouvette pendant qu'elle est encore à la température de consigne.

Références bibliographiques

[1] : J. Michel BAES, Max BOURCART, Christian LAGOUTTE, technique de l'ingénieur, Mai 2004

[2]: publication à l'American Society of Civil Engineers.

[3] : G. Charpy: Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc de barreaux entaillés, Mémoire et compte-rendu de la Société des ingénieurs civils de France, 1901.

[4] : C.W. Richards (traduction G. Lehr), La science des matériaux, édition Dunod, Paris, 1965.

[5] ; Guy Murry, Aide-mémoire métallurgie - Métaux, alliages, propriétés, collection Aide-mémoire de l'ingénieur, édition Dunod, Paris, 2004, (ISBN 2 10 007599 3).

[6] : C.W. Richards (traduction G. Lehr), *La science des matériaux*, édition Dunod, Paris, 1965.

[7] : Guy Murry, Aide-mémoire métallurgie - Métaux, alliages, propriétés, collection Aide-mémoire de l'ingénieur, édition Dunod, Paris, 2004, (ISBN 2 10 007599 3).

[8] : G. Charpy: Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc de barreaux entaillés, Mémoire et compte-rendu de la Société des ingénieurs civils de France, 1901.

[9] : Essai de résilience - Résistance au choc ! Par: Rocardier Publiée le : 26/11/2010.

[10] : George Charpy, essais de choc.

[11] : Gilbert FRADE, « MÉTALLOGRAPHIE - Essais mécaniques », Encyclopædia Universalis.

[12] :

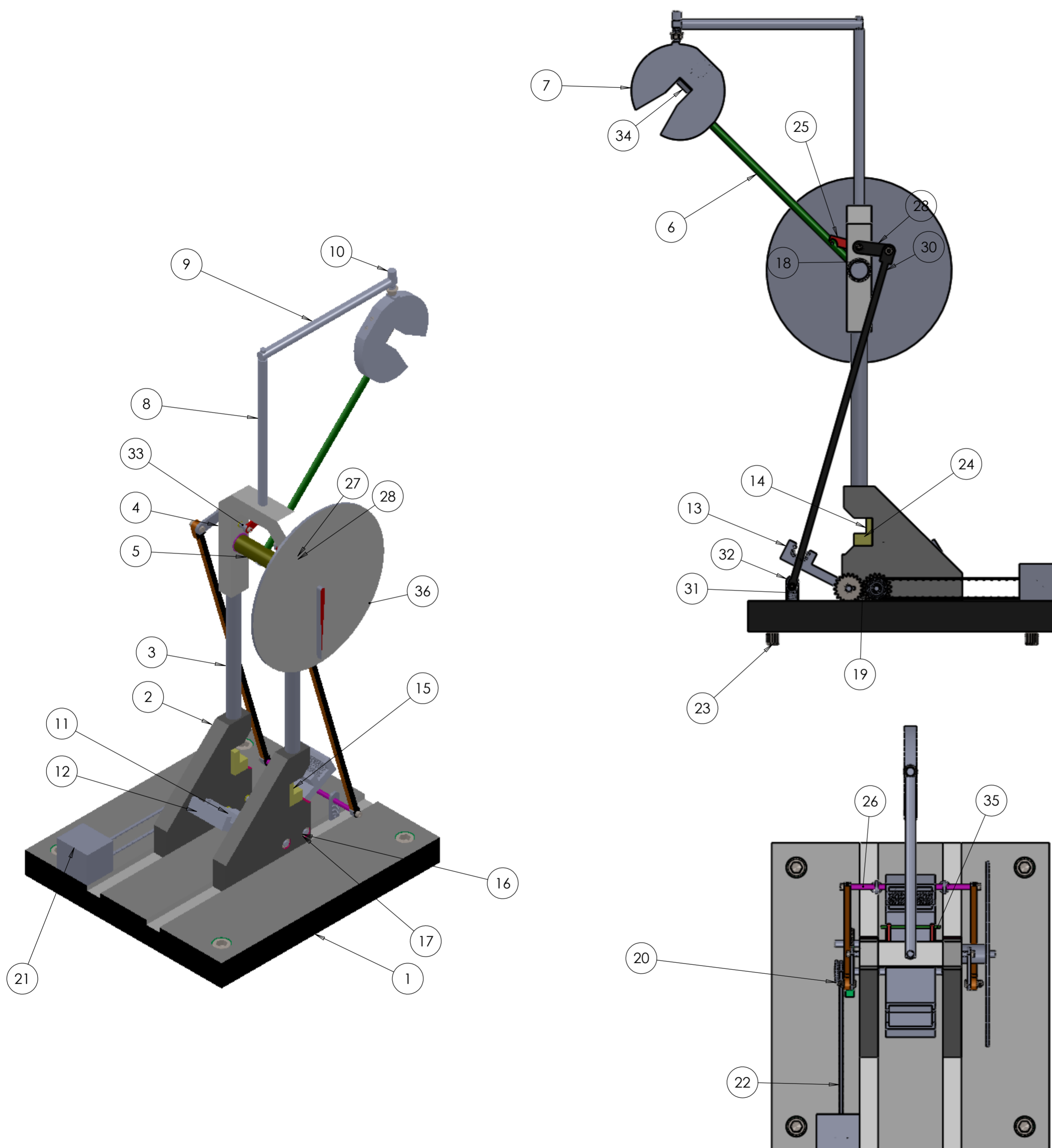
[1 3] : Systèmes de CFAO, Études en CFAO CAO mécanique, Éléments de CAO, volume

[14] : Jean-Pierre ZANIN, technique de l'ingénieur, 10/10/1997.

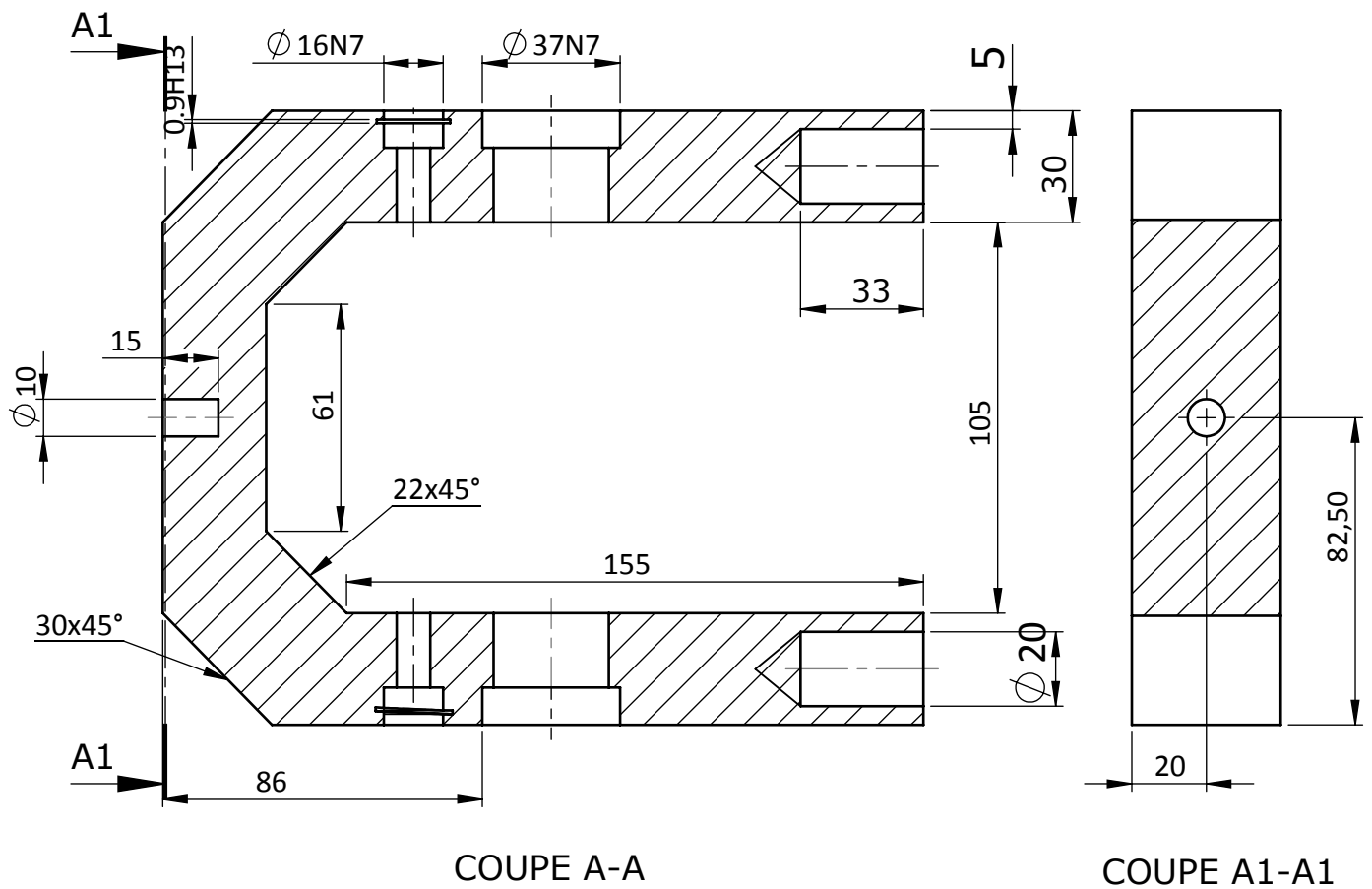
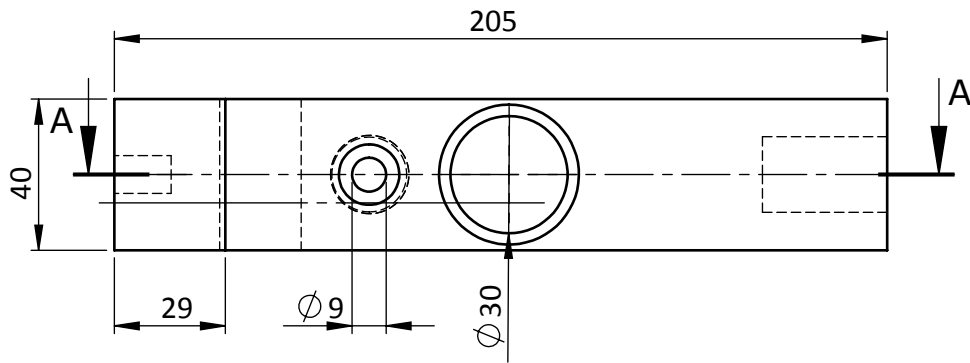
[15] : A. JUTARD M.BETEPMS, INSA Lyon1997,

[16] : Le grand livre d'Arduino, Patrick Chantereau et Erik Bartmann, éd. Eyrolles, 2014 (ISBN 978-2212137019).

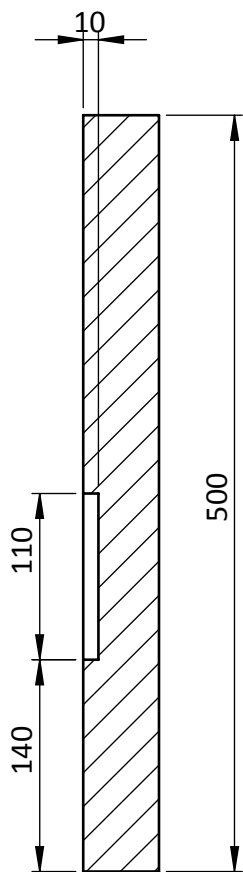
[17] : Guide du technicien en électrotechnique, J.-C. Mauclerc, Y. Aubert, A.Domenach, édition Hachette Technique, 1995.



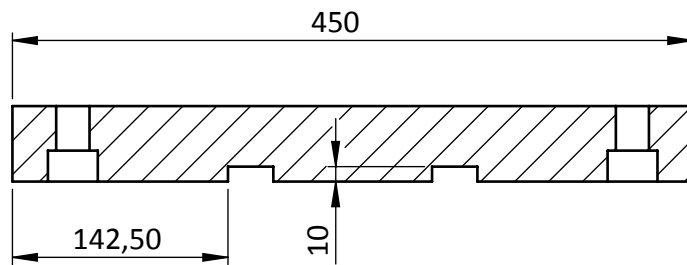
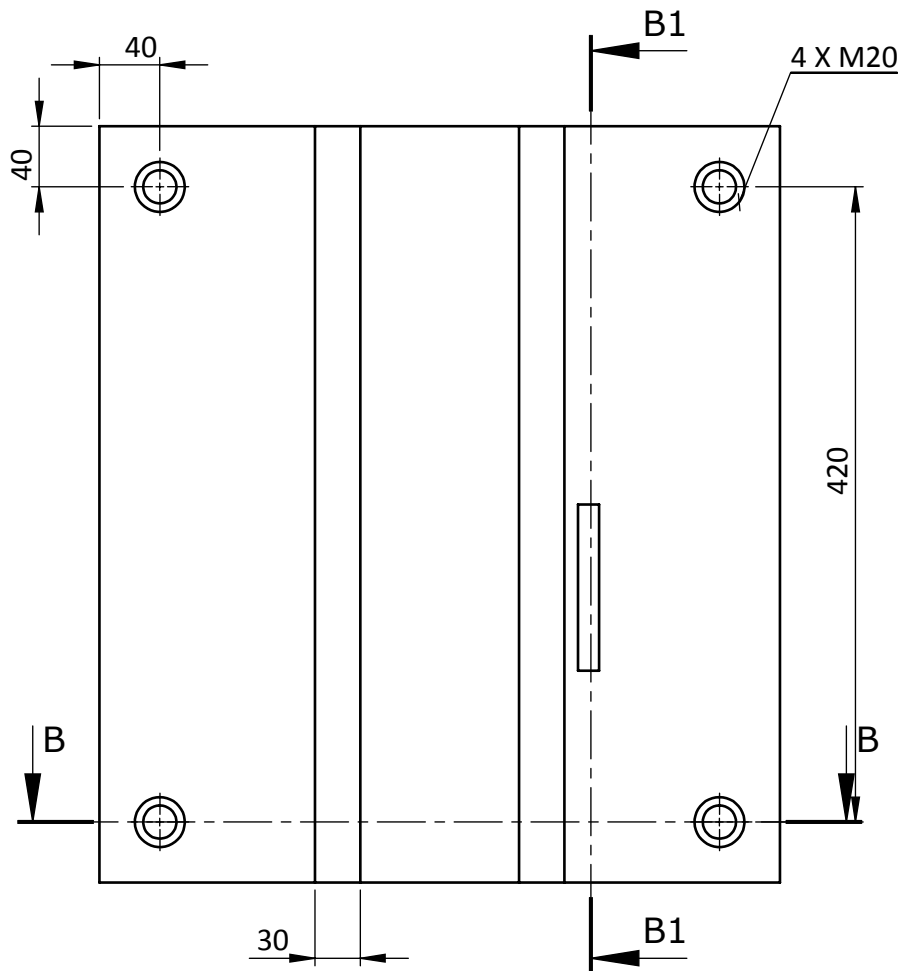
36	1	Echelle de mesure		
35	1	Tige 35	Z200	
34	1	Couteau	Z200	
33	2	Tige 33	XC48	
32	2		XC48	
31	2	Ressort		
30	2	Bras	XC48	
29	2	Manivelle	XC48	
28	2	Cyrclipse pour arbre		
27	2	Roulement à billes		
26	1	Tige	A60	
25	2	Croché	A60	
24	2	Vis CHC		
23	4	Echelle de mesure		
22	1	Courroie		
21	1	Moteur électrique pas à pas		
20	1	POULIE		
19	2	Roue dentée		
18	2	Roulement à bille		
17	4	Cyrclipse		
16	4	Roulement à bille		
15	1	Porte éprouvette	A60	
14	1	Porte éprouvette	A60	
13	1	Four	Acier	
12	1	Four	Acier	
11	2	Arbre	XC48	
10	1	Levier de libération de sécurité	XC48	
9	1	Tige 9	XC48	
8	1	Tige 8	XC48	
7	1	Pendule attaquant	Acier	
6	1	Tige pendule	Z200	
5	1	Roulement de pendule	42CD4	
4	1	Pièce en U	XC48	
3	2	Tige 3	42CD4	
2	2	Support	XC48	
1	1	Plaque de base	Acier	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelles: 1:5		Conception d'un pendule charpy chauffant instrumenté		Réaliser par Mr AIT BELKACEM Md.Arezki
				Projet de fin d'etude
A2		Université de Mouloud MAMMERI T-O		30/05/2015



4	1	Pièce en U	XC48	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4	Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou		30/05/2015	

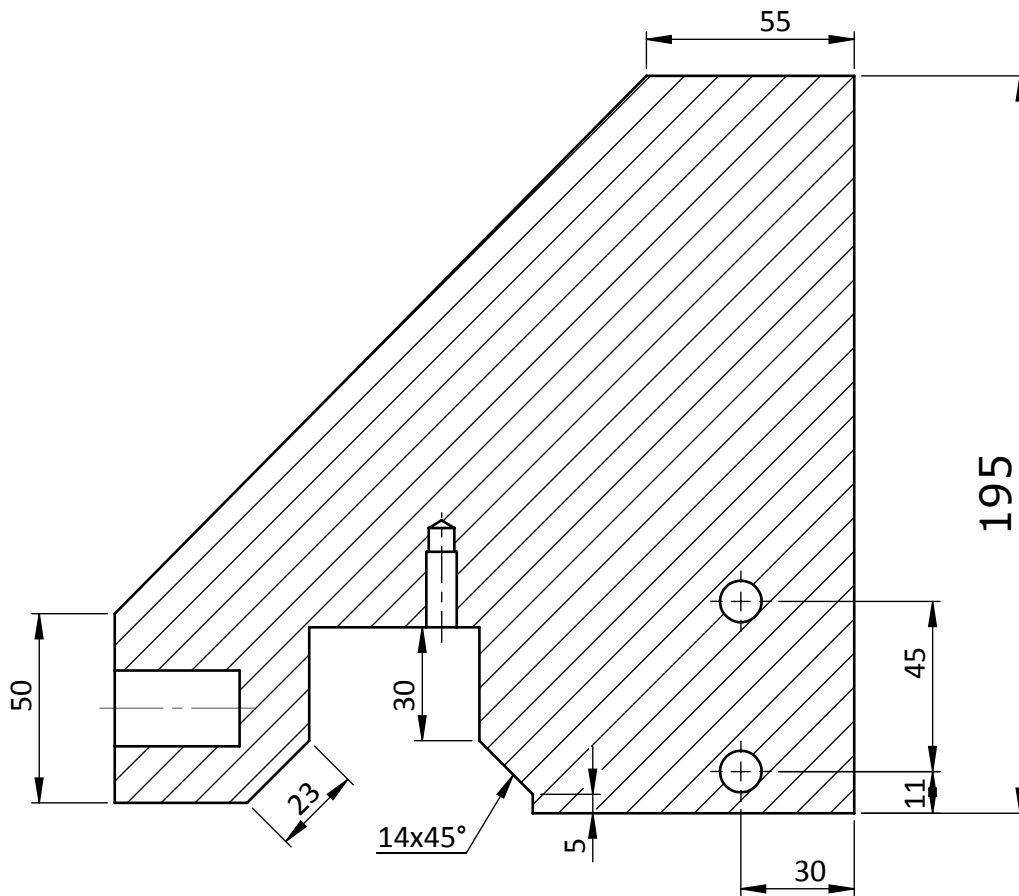
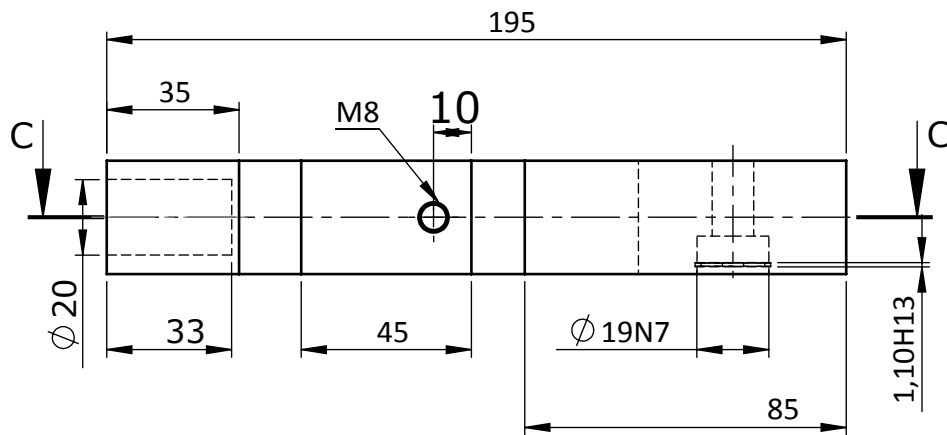


COUPE B1-B1
ECHELLE 1 : 5



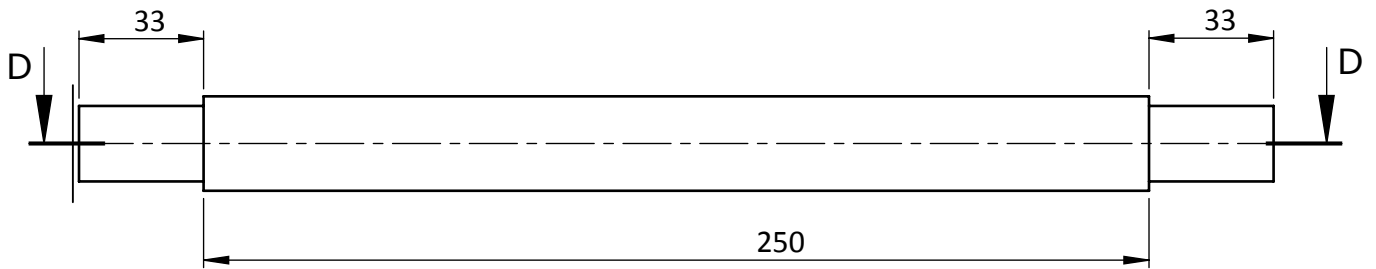
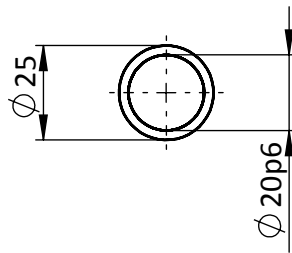
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 5

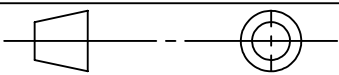
1	1	Plaque de base	Acier	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etudes
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou		30/05/2015

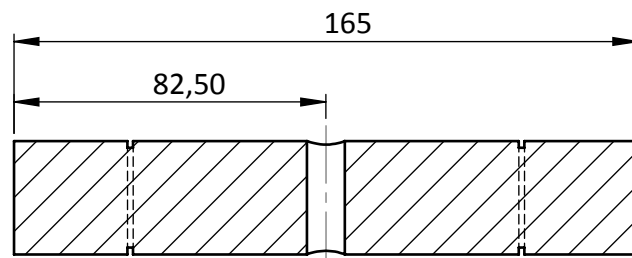
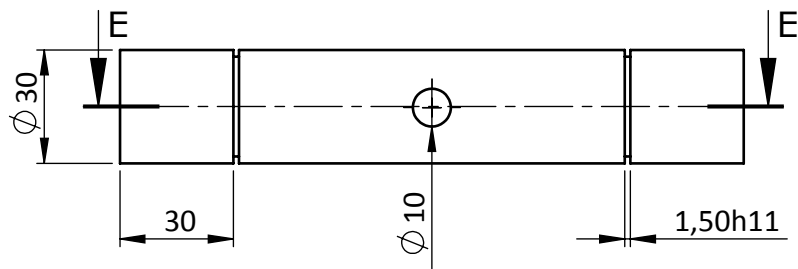


COUPE C-C

2	2	Support	XC48	Acier dur
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou		30/05/2015

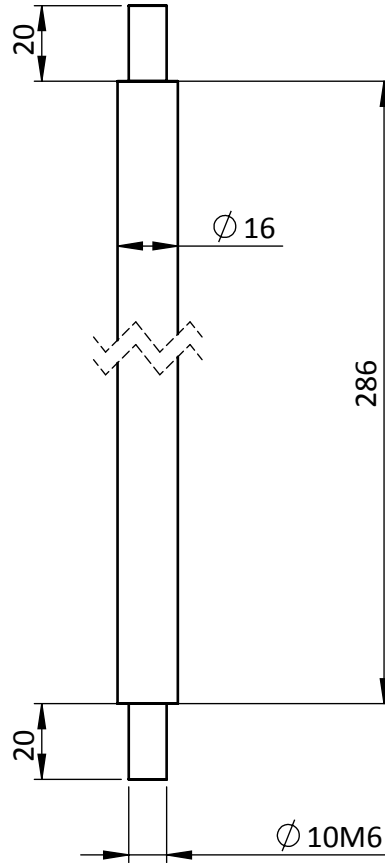


3	2	Tige 1	42CD4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réaliser par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou		30/05/2015

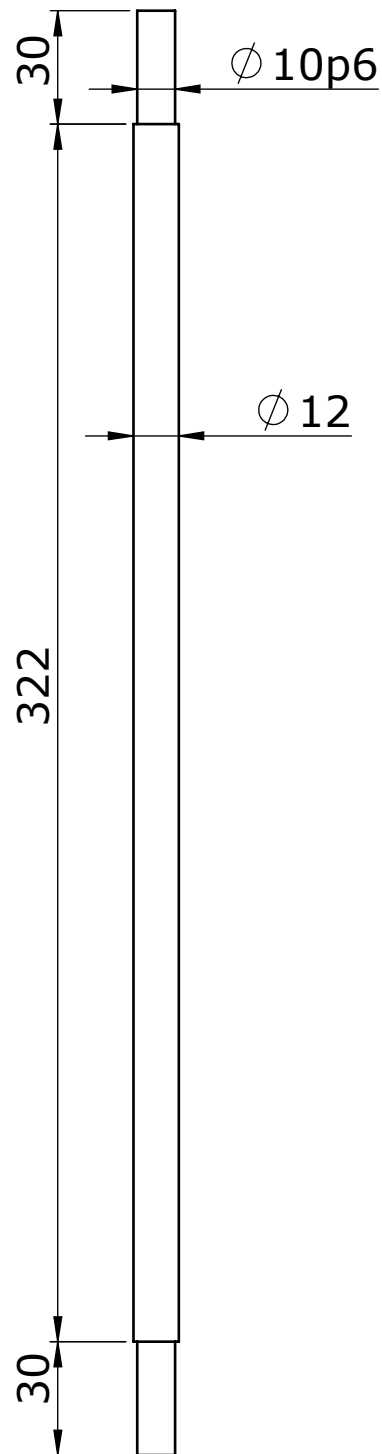


COUPE E-E

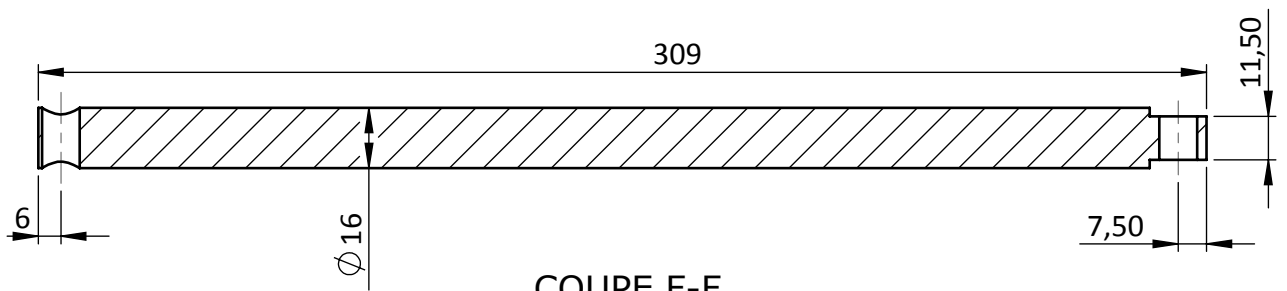
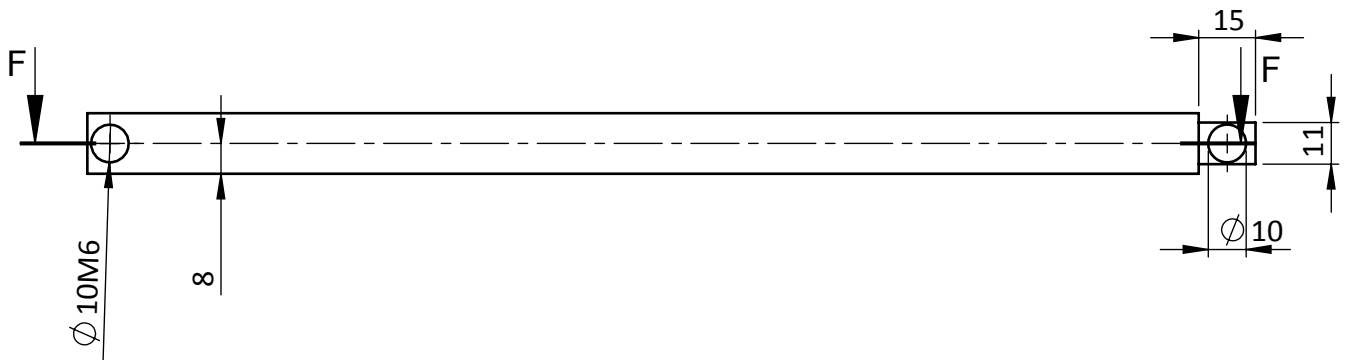
5	1	Roulement de pendule	42CD4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réaliser par Mr AIT BELKACEM MD AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou		30/05/2015



8	1	Tige 8	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réaliser par Mrs AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou		30/05/2015

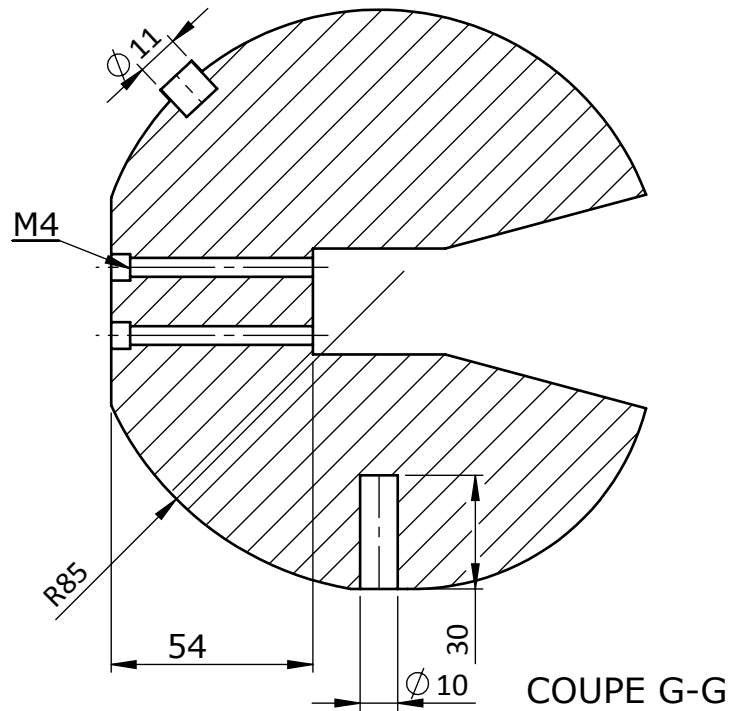
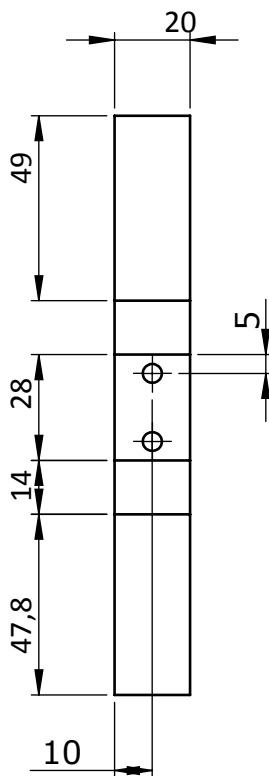
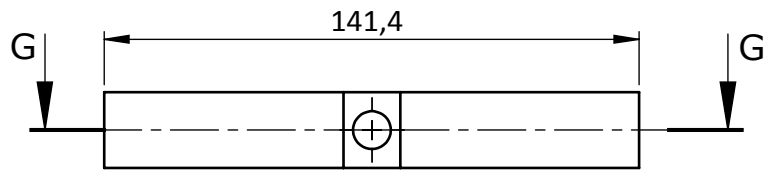


6	1	Tige pendule	Z200	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

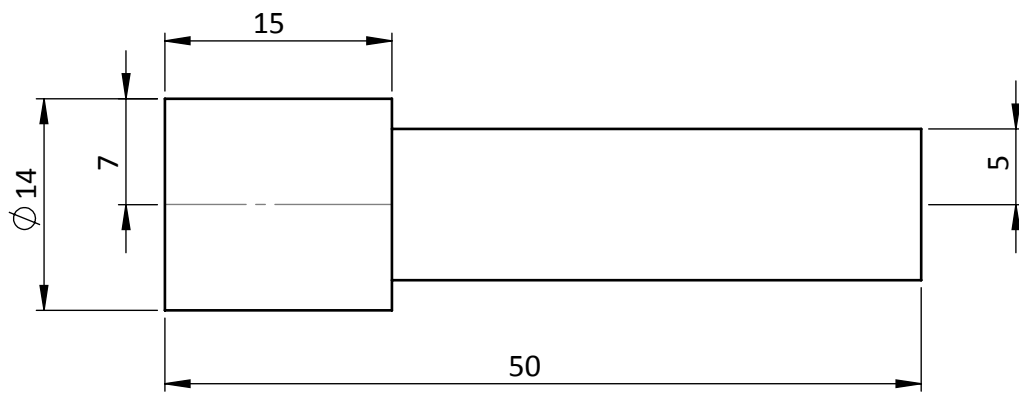


COUPE F-F

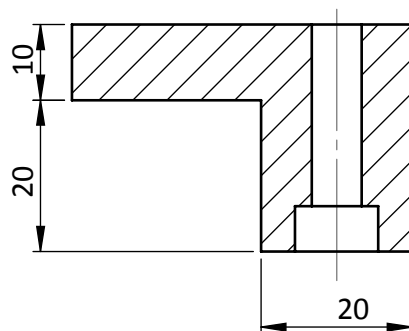
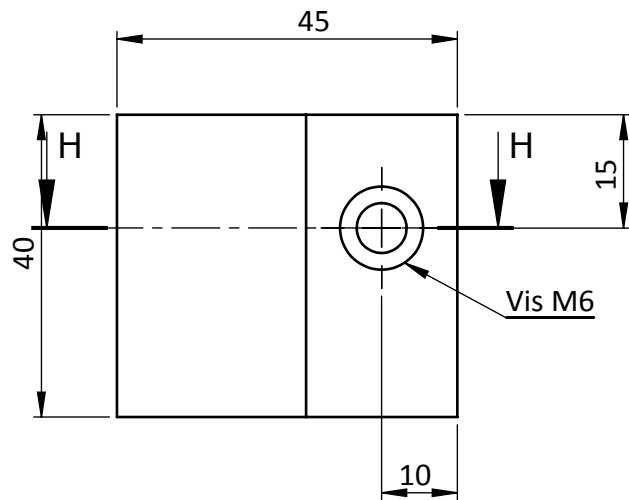
9	1	Tige 9	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réaliser par Mr AITBELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	



7	1	Pendule attaquant	Acier	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD. AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

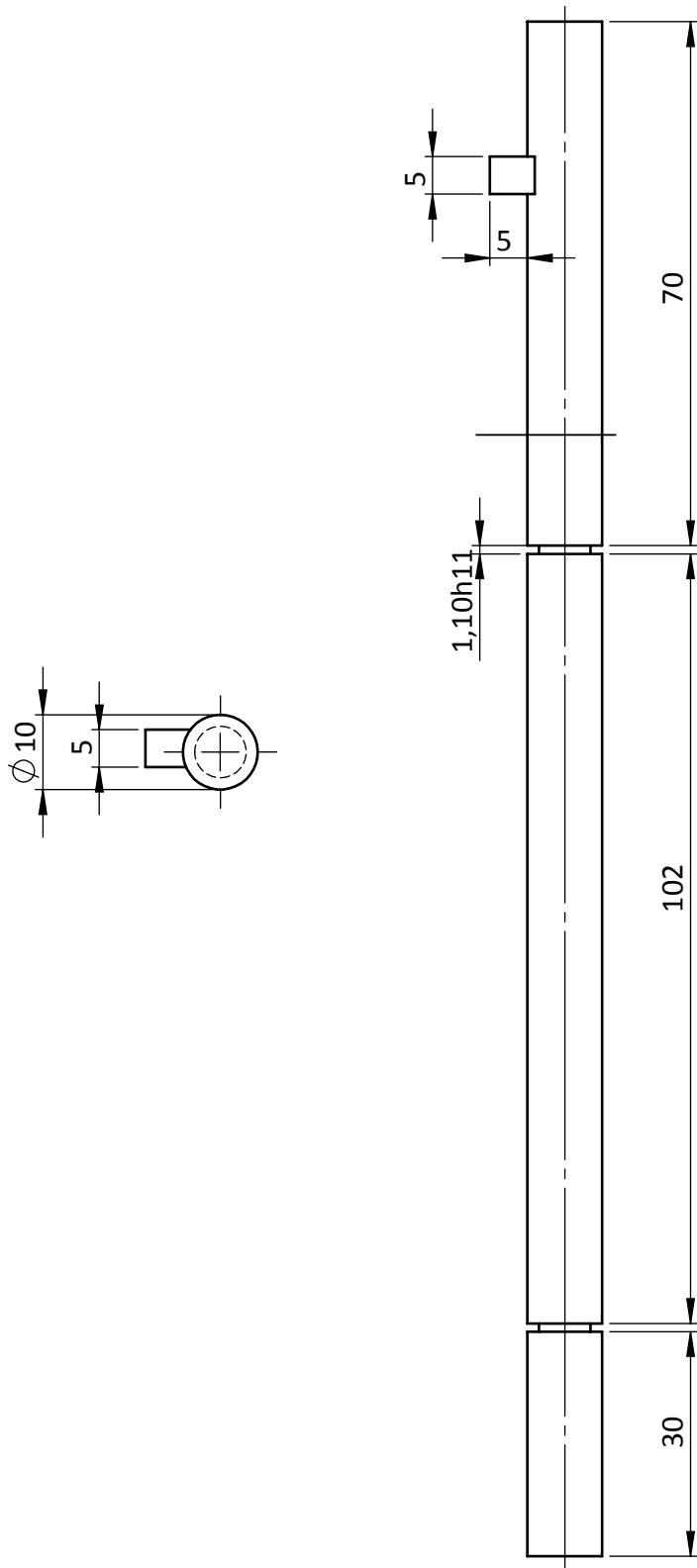


10	1	Levier de libération de sécurité	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

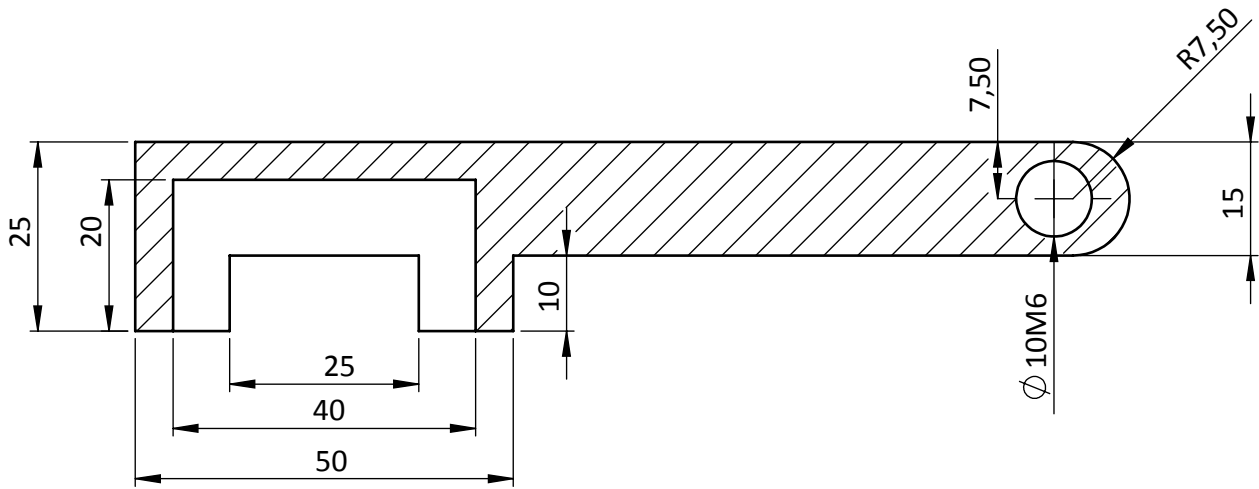
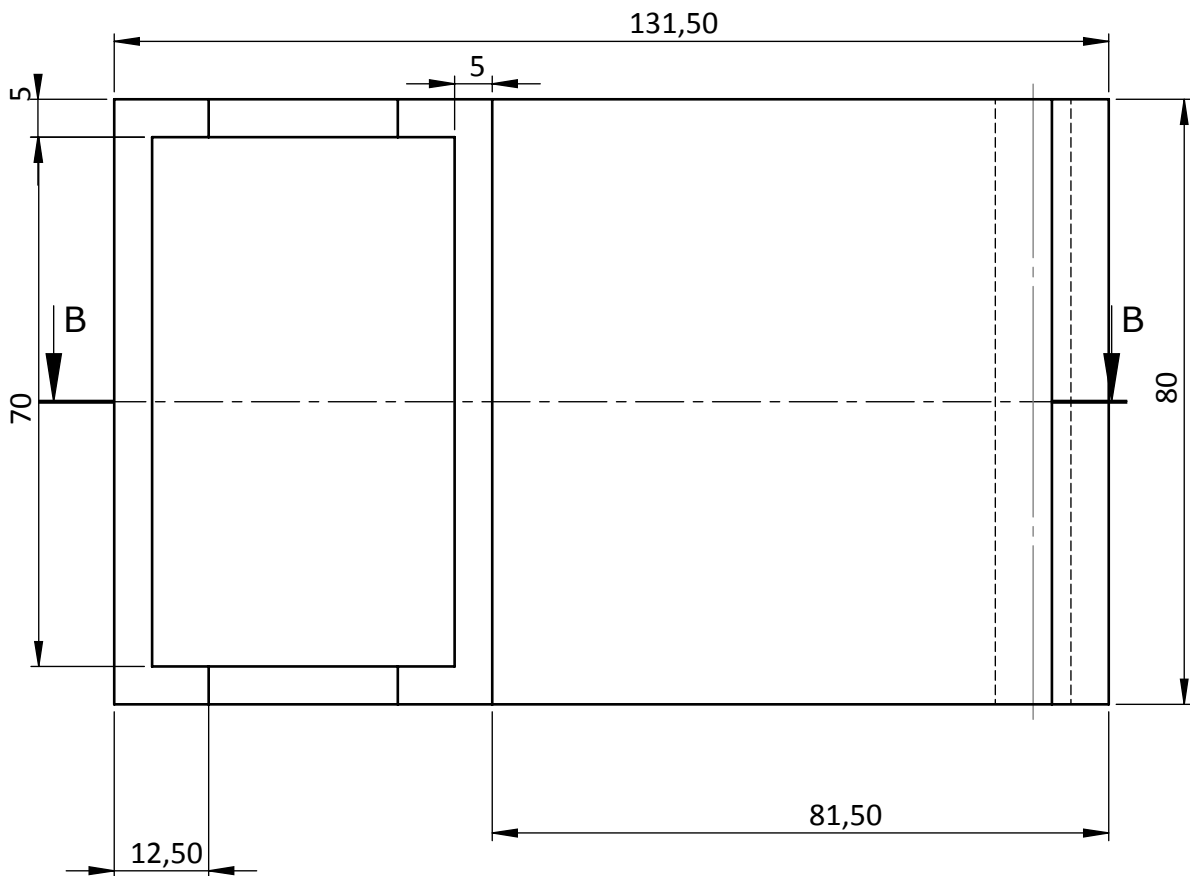


COUPE H-H

14	1	Pote éprouvette	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

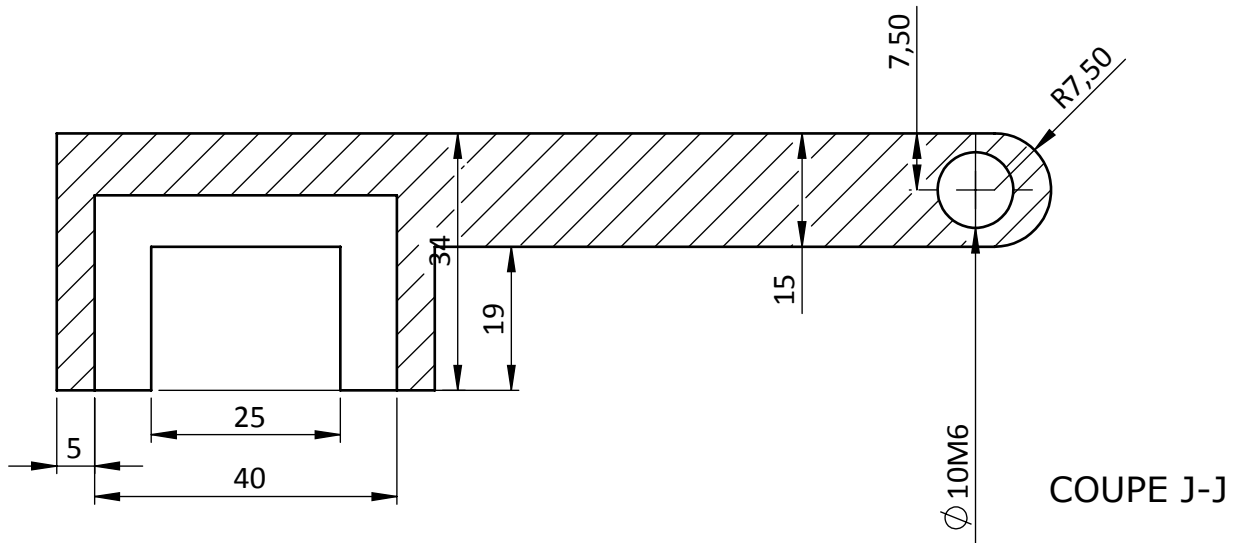
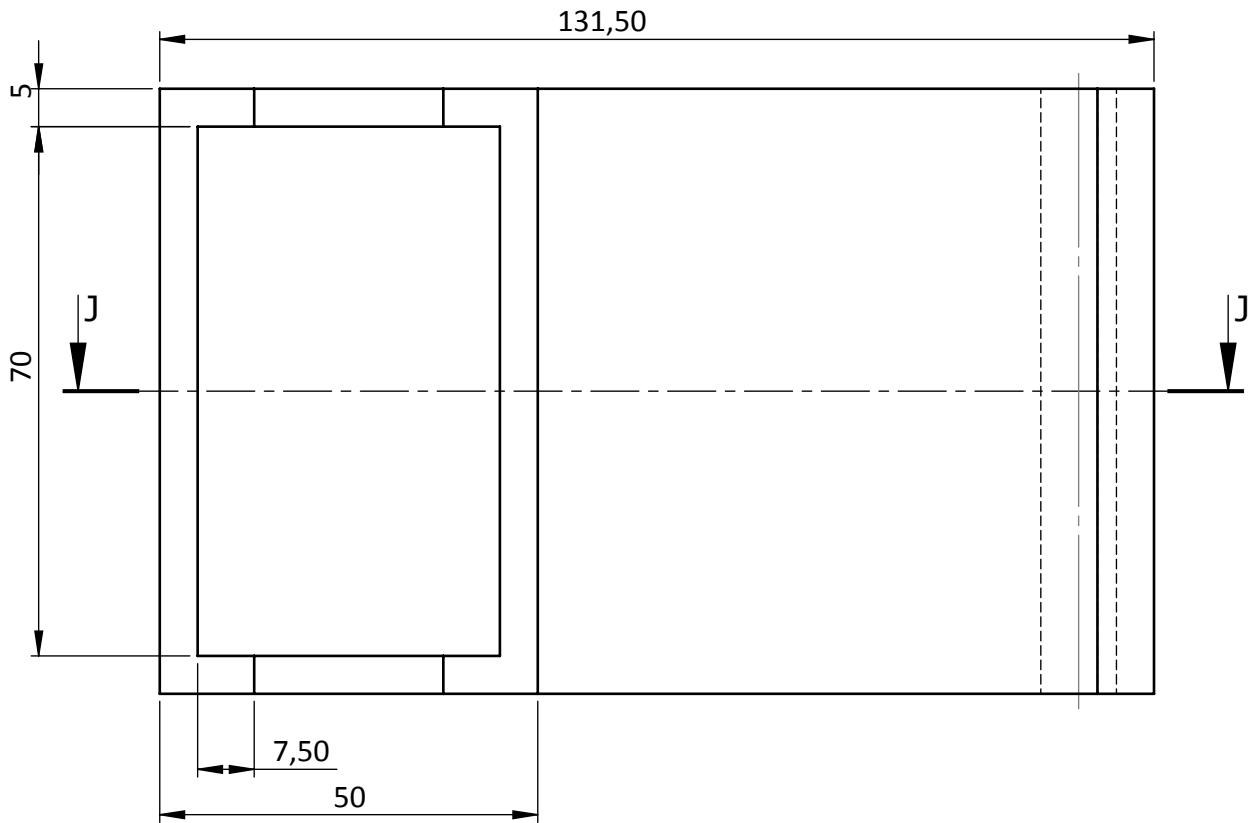


11	2	Arbre	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERY Tizi Ouzou		30/05/2015

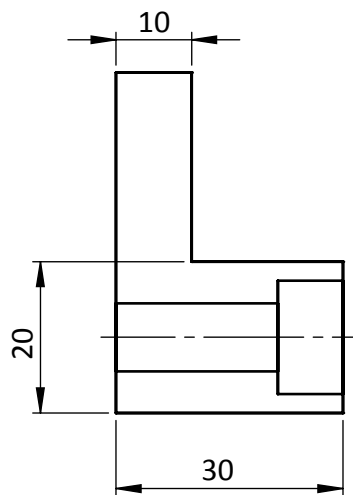
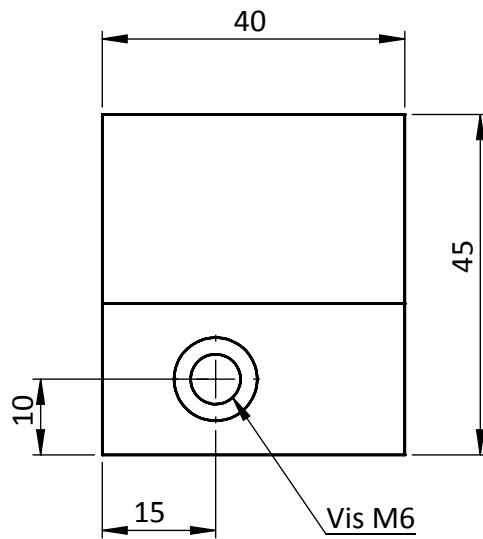


COUPE B-B

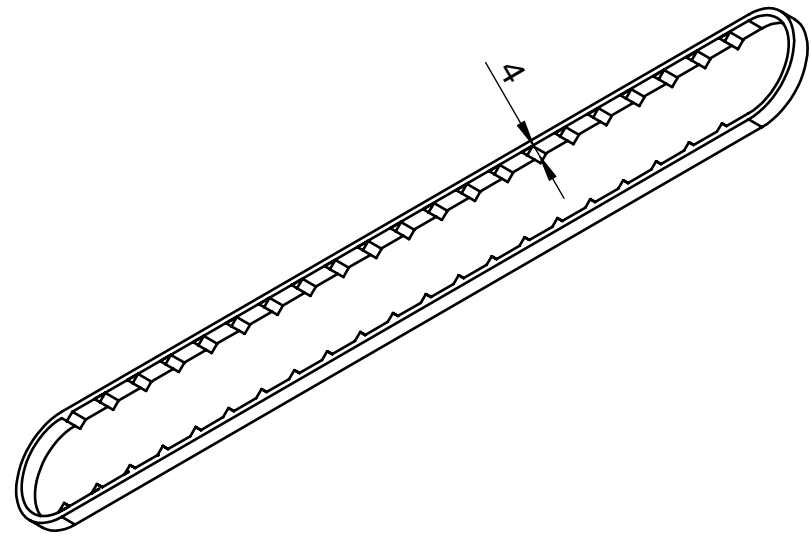
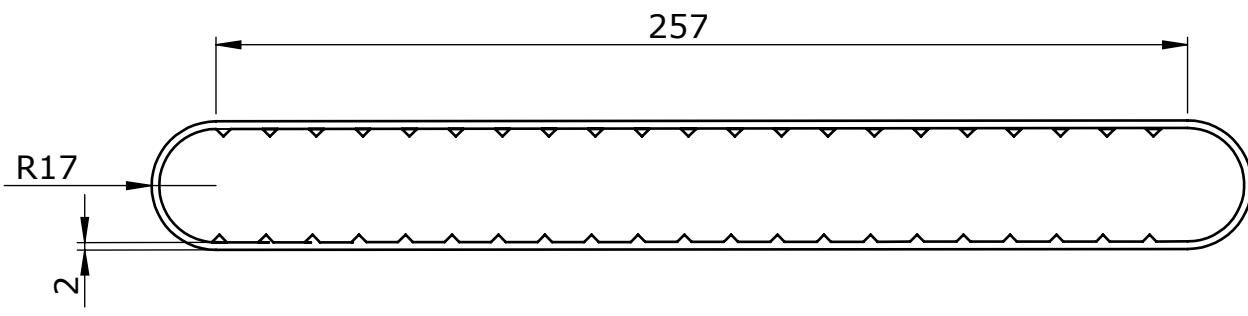
12	1	Four	Acier ordinaire	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERY Tizi Ouzou	30/05/2015	



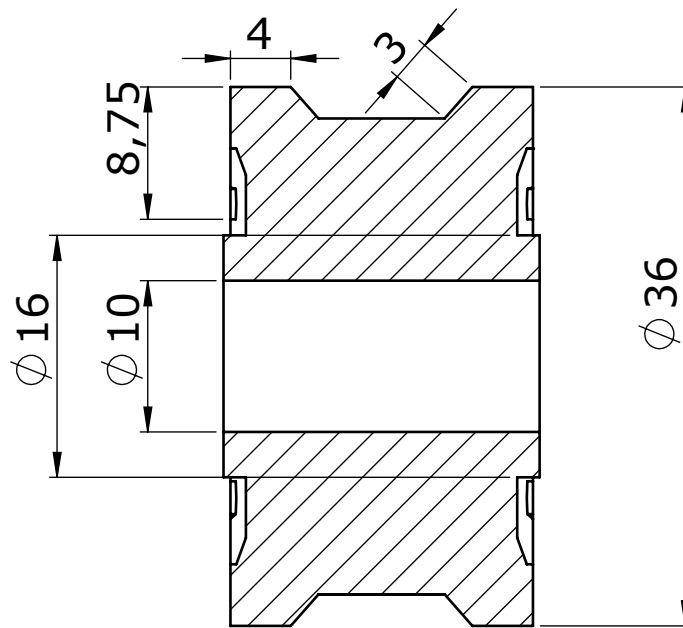
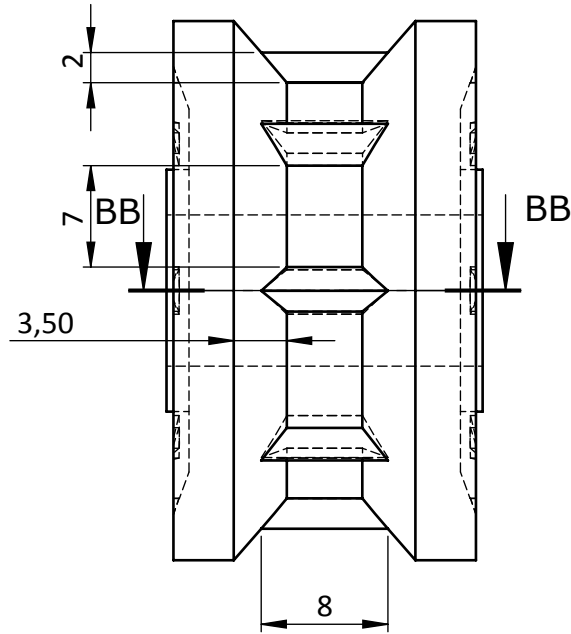
13	1	Four	Acier ordinaire	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	



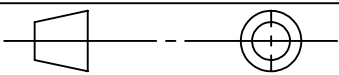
15	1	Porte éprouvette	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou	30/05/2015	

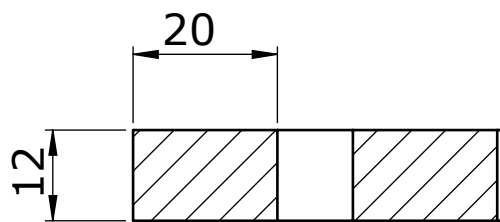
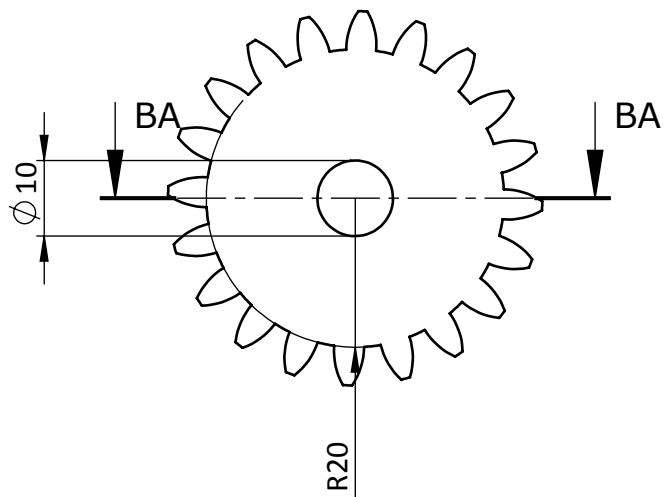


22	1	Courroie		
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou	30/05/2015	



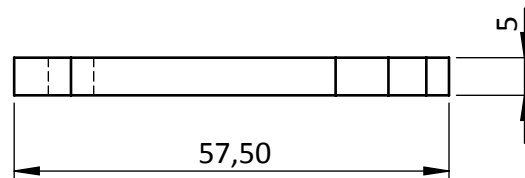
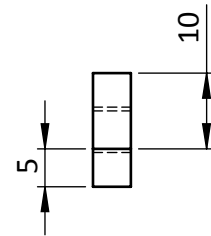
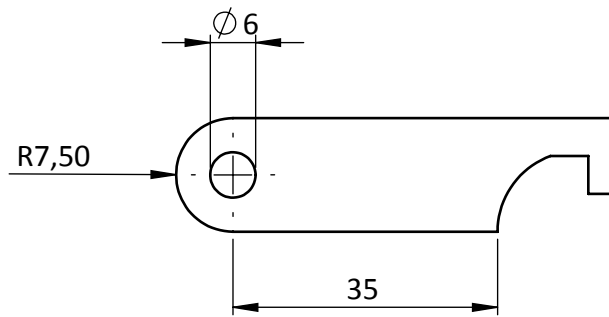
COUPE BB-BB
ECHELLE 2 : 1

20	1	Poulie		
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

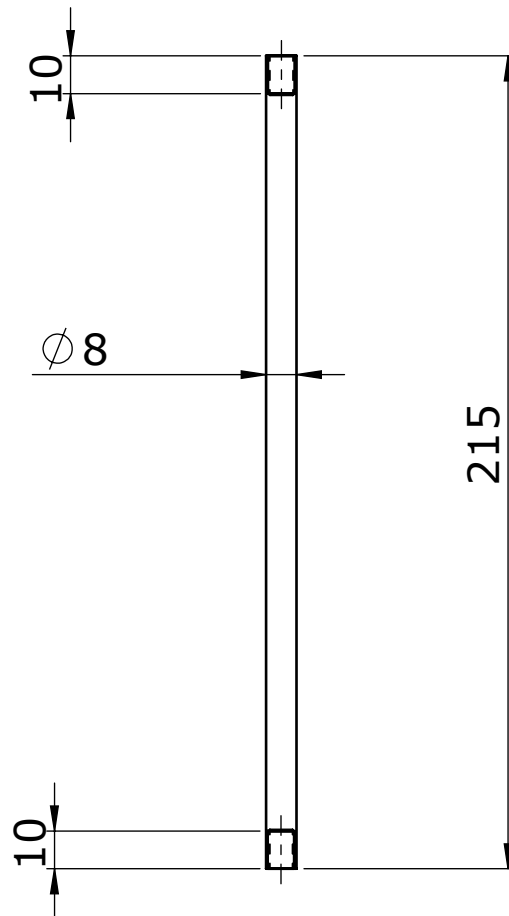


COUPE BA-BA
ECHELLE 1 : 1

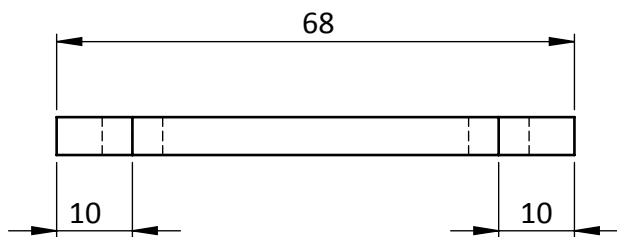
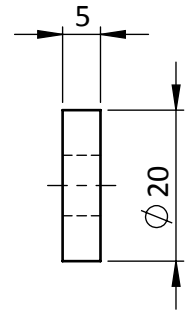
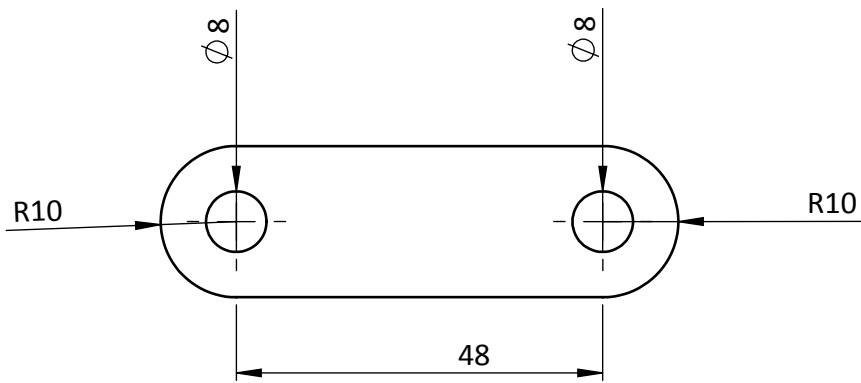
19	2	Roue dentée		
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	



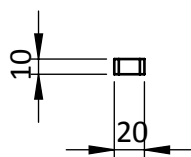
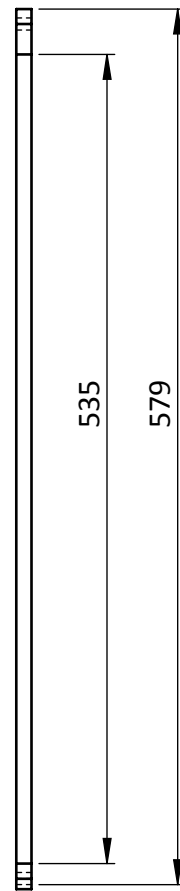
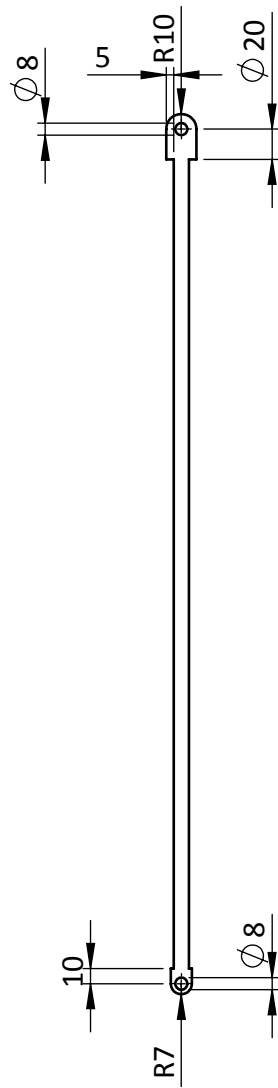
25	2	Croché	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

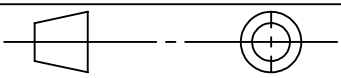


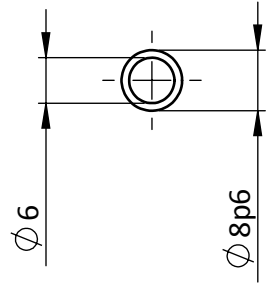
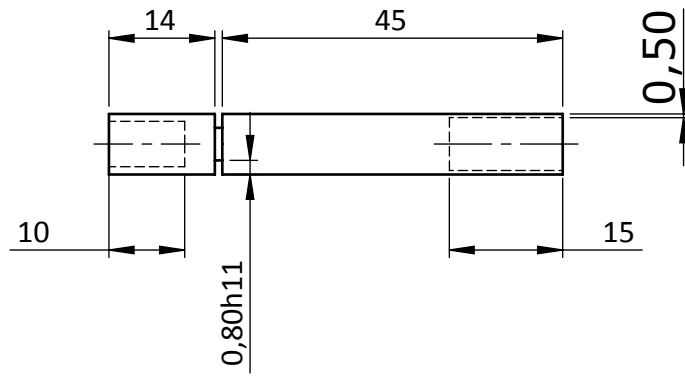
26	1	Tige 26	A60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou	30/05/2015	



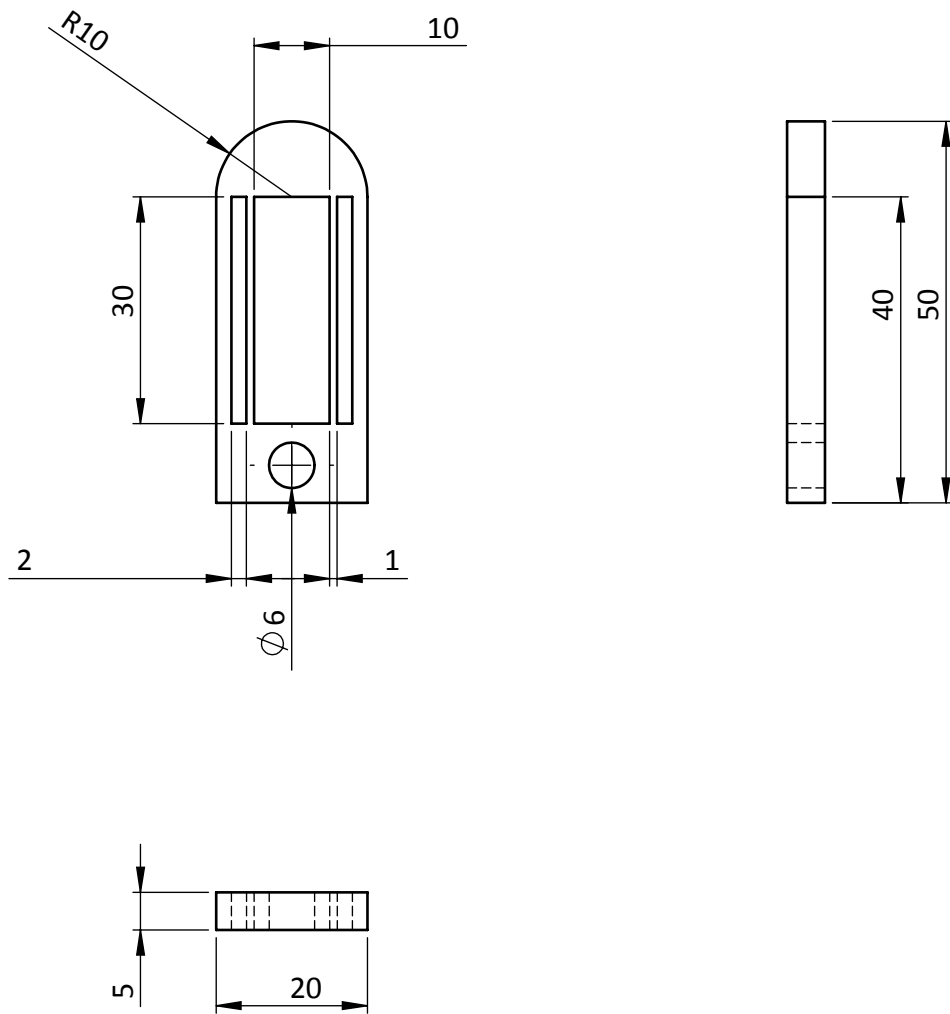
29	2	Manivelle	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou		30/05/2015



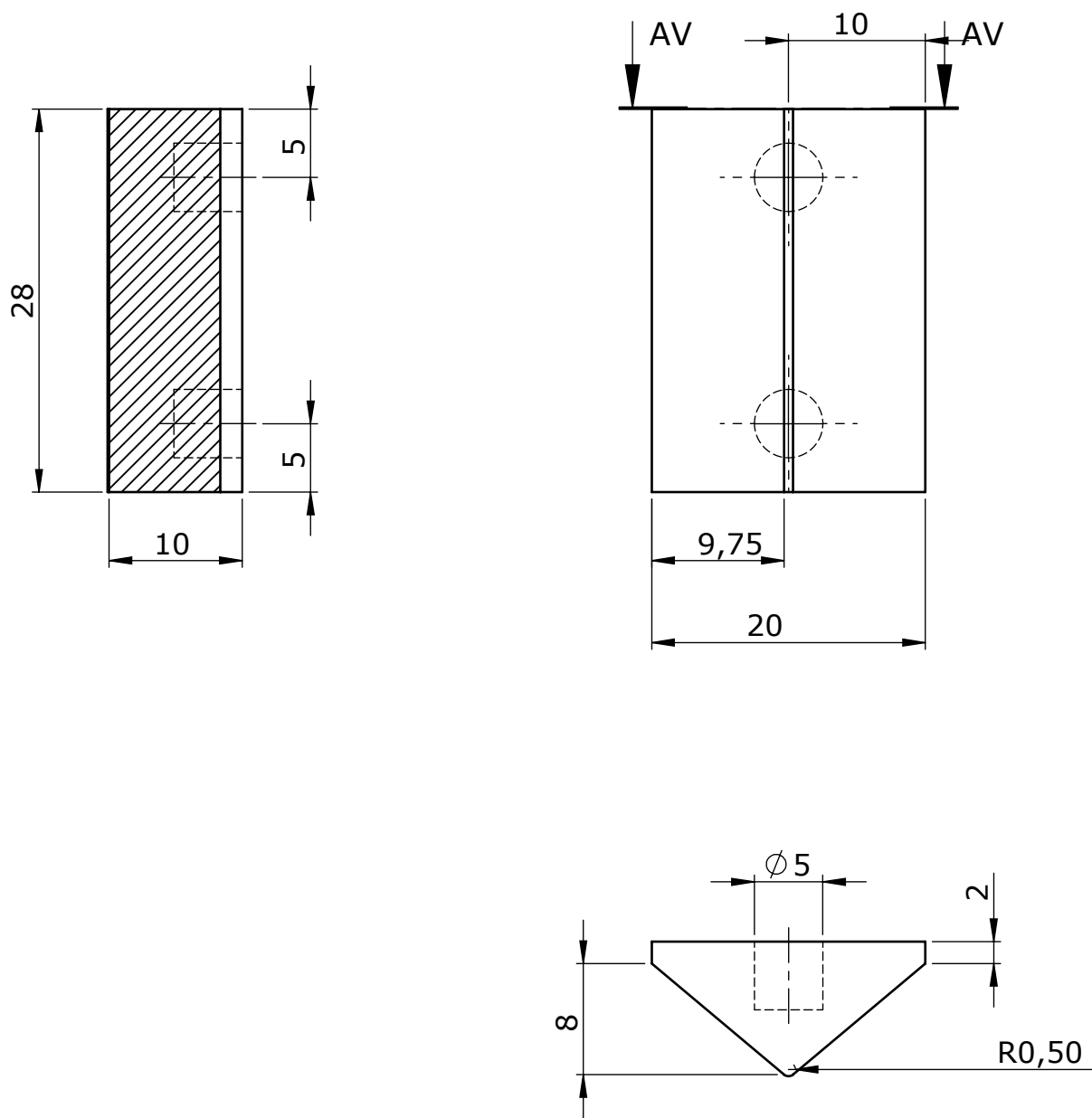
30	2	Bras	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE		Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI
				Projet de fin d'etude
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou		30/05/2015



33	2	Tige 33	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	

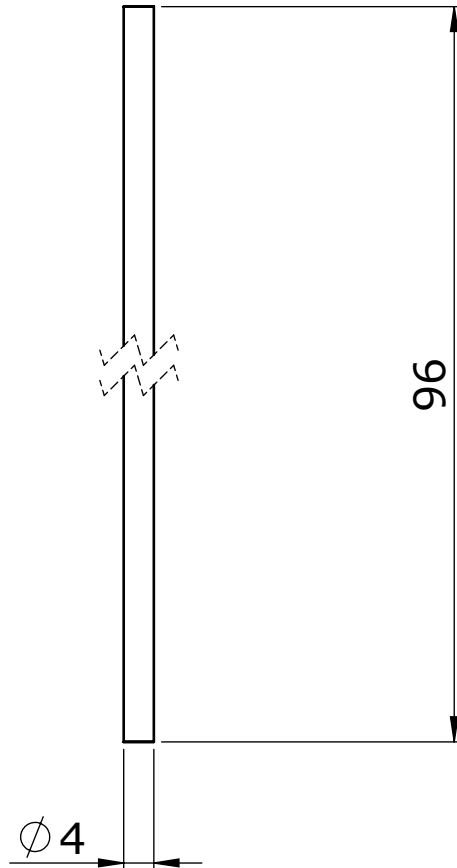


32	2		XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou	30/05/2015	



COUPE AV-AV
ECHELLE 2 : 1

34	1	Outil couteau	Z200C12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou	30/05/2015	



35	1	Tige 35	Z200	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		CONCEPTION D'UN PENDULE CHARPY CHAUFFANT INSTRUMENTE	Réalisé par Mr AIT BELKACEM MD.AREZKI	
			Projet de fin d'etude	
A4		Université Mouloud MAMMERRI Tizi Ouzou	30/05/2015	

Cahier des charges fonctionnel

1. Objectif de l'étude :

Le mouton Charpy chauffant instrumenté à concevoir, doit permettre le calcul de la résilience du matériau testé à une température donnée. Pour que l'essai soit fiable, il est nécessaire que :

- La manipulation du pendule se fasse en toute sécurité,
- La mise en place de l'éprouvette soit suffisamment commode,
- Le temps de réalisation d'un essai soit le plus court possible,
- La stabilité mécanique du pendule soit assurée en minimisant au maximum les vibrations,
- Le pendule attaquant fournisse l'énergie nécessaire pour casser les éprouvettes,
- Le four et le dispositif de régulation de la température assurent le chauffage et le maintien de l'éprouvette à une température réelle égale à celle de la température de consigne,
- Le dispositif mécanique de mise en place du four assure le basculement synchronisé avec la libération du pendule attaquant dès que la température de l'éprouvette atteint celle de la consigne,

2. Spécifications :

Le pendule à concevoir doit être semi-automatique.

- Les normes applicables sont : ISO, DIN, ASTM E23.
- Conception optimisée : permet l'utilisation de l'appareil pour une large gamme de températures,
- Déclenchement mécanique du pendule attaquant.
- Remise manuelle du pendule à l'état initial
- Vitesse d'impact : 3,8m/s
- Dimension des échantillons : 2,5x10x50 mm et 5x10x50 mm
- Alimentation électrique pour moteur pas à pas de type EM-529
- Carte de contrôle Arduino ® Uno.
- Grille de protection autour de tout le dispositif,
- Four basculant en deux parties avec mise en place et retrait automatique.

3. Contraintes

a) Environnement du produit :

L'environnement du produit est constitué d'éléments qu'on peut définir par :

- Son utilisation : son utilisation est plutôt réservée pour l'étude du comportement au choc à températures variable,
- Fiabilité : vérifiée par plusieurs essais en utilisant un autre pendule certifié, des éprouvettes chauffées par un autre moyen (exemple flux d'air chaud, éléments chauffants mis autour du matériau, etc), usage d'un système d'asservissement différent de celui proposé permettant l'acquisition de résultats fiables,
- Sa finalité : permettre de cerner davantage l'influence de la température d'un matériau sur son comportement au choc et approcher au mieux ce comportement dans les conditions réelles de fonctionnement.

b) Sécurité :

Le système est conçu pour que dès la mise en place de l'éprouvette et du four (deux opérations à effectuer manuellement avant le lancement de l'essai), la suite des opérations se fait automatiquement par asservissement au moyen d'une carte électronique (ce qui rend l'intervention de l'opérateur pour l'ouverture du four et la libération du pendule attaquant facultative),

En guise de deuxième protection, une cage avec grille de sécurité permettra d'éviter que d'éventuels débris des échantillons soient projetés dans l'espace et constituent un risque de blessure pour l'opérateur.

c) Libération du pendule attaquant :

Un système électromécanique permettra la libération du pendule attaquant dès que le four est complètement dégagé de l'éprouvette chauffée. Ceci en agissant sur tige-goupille reliée à la bobine électromécanique.

d) Synchronisation du pendule :

La mise en marche du four pour le chauffage de l'éprouvette, son basculement en position retrait et la libération du pendule attaquant sont les opérations à contrôler au moyen d'un module d'asservissement électronique via des capteurs et des actionneurs adéquats.