



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Mécanique

## MÉMOIRE DE MASTER

**Domaine : Sciences et Techniques**  
**Filière : Génie Mécanique**  
**Spécialité : Construction Mécanique**

Réf. : ...

---

Présenté et soutenu par :  
Athmane GUEMIDA  
Ibrahim BOUDERHEM

Le : dimanche 26 juin 2022

### **Modélisation CAO et simulation de fabrication Sur MOCN d'une bielle de moteur à combustion interne**

---

Jury :

Dr.	Massoud BENMACHICHE	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	Djemoui MOHAMDI	MCA	Université de Biskra	President
Dr.	Hocine DJEMAI	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 - 2022

# Dédicace

Je suis l'étudiant Ibrahim BOUDERHEM dédie ce mémoire à ...

Mes chers KHALED et YAMINA parents pour tous leurs sacrifices leur amour leur tendresse leur Soutien et leurs prières tout au long de mes études,

Mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes frères, pour son appui et son encouragement Toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À mes chers tous mes amis pour avoir été à mes côtés dans ma situation difficile et pour leur soutien continu pour moi.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre Soutien infallible,

Merci d'être toujours là pour moi.

# Dédicace

Je suis l'étudiant athmane GUEMIDA dédie ce mémoire à ....

Mes chers AMMAR et MORZZAKA parents pour tous leurs sacrifices leur amour leur tendresse leur Soutien et leurs prières tout au long de mes études,

Mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes frères, pour son appui et son encouragement Toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À mes chers collègues KARIM IBRAHIM RACHID ABDO AYMEN pour avoir été à mes côtés dans ma situation difficile et pour leur soutien continu pour moi

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre Soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

# Remerciments

Nous tenons à remercier dieu pour nous avoir donné le courage de Poursuivre notre parcours d'étude son oublier notre rapporteur,

**Dr. M. Benmachiche** Pour avoir accepté de parrainer notre travail.

On tient aussi à remercier les membres de jury, qui ont bien voulu Accepter de juger Notre travail.

Dans ce sens nous tenons, par quelques mots, à remercier les membres de nos familles respectives et nos amis(e) qui nous ont toujours soutenus.

Enfin, nous remercierons tous les enseignants du département de génie mécanique de l'université de Biskra.

### Résumé

Ce travail nous a permis de mieux connaître un organe principal des moteurs à combustion interne, à savoir la bielle.

Nous avons en effet étudié cette pièce en plusieurs chapitres. On peut citer, entre autres :

- définition et modélisation la bielle
- Etude de simulation des contraintes et déplacements et déformations.
- nous avons aussi essayé d'obtenir le code-G de fabrication assistée par ordinateur.

Ce qui nous a permis de nous familiariser avec les machines à commande numérique (CNC).

#### Mots clés :

Simulation numérique, système bielle manivelle, contraintes, SolidWorks SIMULATION.

#### Summary

This work allowed us to better understand a main component of internal combustion engines, namely the connecting rod.

We have indeed studied this piece in several chapters. We can cite, among others:

- definition and modeling of the connecting rod
- Simulation study of stresses and displacements and deformations.
- we also tried to get the G-code of manufacture assisted by ordinary.

This allowed us to familiarize ourselves with CNC machines.

#### Key words :

Numerical simulation, crank system, constraints, SolidWorks SIMULATION.

#### ملخص

سمح لنا هذا العمل بفهم أفضل للمكون الرئيسي لمحركات الاحتراق الداخلي ، ألا وهو قضيب التوصيل.

لقد درسنا بالفعل هذه القطعة في عدة فصول. يمكننا الاستشهاد ، من بين أمور أخرى:

• تعريف ونمذجة قضيب التوصيل

• دراسة المحاكاة للضغوط والازاحات والتشوهات.

• حاولنا أيضًا الحصول على كود G-code الخاص بمساعدات التصنيع بالطريقة العادية.

سمح لنا هذا بالتعرف على آلات CNC.

#### الكلمات المفتاحية :

محاكاة عددية ، نظام كرنك ، قيود ، محاكاة SolidWorks.

## Table des matières

### Introduction générale

Introduction générale.....	a
----------------------------	---

### CHAPITRE I

#### Généralité sur Les systèmes bielle-manivelle

Introduction .....	a
I.1. Systèmes bielle-manivelle.....	2
I.1.1. Définition système bielle-manivelle.....	2
I.1.2. Composant de systèmes bielle-manivelle.....	2
I.1.2.1. La manivelle.....	2
I.1.2.2. La bielle.....	2
I.1.2.3. La piston.....	2
I.1.2.4. Les guides.....	3
I.1.3. Le moteur à piston.....	3
I.1.4. Liaisons de bielle-manivelle.....	4

### CHAPITRE II

#### Généralités sur les moteurs à combustion interne

II.1. Généralité sur les moteurs à combustion interne .....	7
II.1.2. Principe de fonctionnement.....	8
II.1.3. Composant de système.....	9
II.1.3.1. Piston.....	10
II.1.3.2. La bielle.....	10
II.1.3.3. Vilebrequin.....	11

## Table des matières

### CHAPITRE III

#### Conception et étude de la bielle

III.1. Conception (CAO) de la bielle.....	13
III.1.1. Modélisation de la bielle.....	14
III.1.1.1. Modélisation du corps de la bielle.....	14
III.1.1.2. Conception du chapeau de la bielle.....	16
III.1.1.3. Assemblage de la bielle.....	18
III.2. Simulation.....	20
III.2.1. Simulation des contraintes sur le corps de la bielle.....	20
III.2.2. Etude de la bielle à la compression.....	20
III.2.3. Etude de la bielle à la traction.....	23

### CHAPITRE IV

#### Fabrication assistée par ordinateur (FAO)

IV.1. Fabrication assistée par ordinateur.....	26
IV.2. Le principe (FAO).....	26
IV.3. La différence entre (SolidWorks-CAM et CAM-Works).....	26
IV.4. Définition d'une machine CNC.....	27
IV.5. Le G-Code.....	27
IV.5.1. Le programmeur.....	27
IV.6. Les étapes de simulation de fabrication.....	28
IV.6.1. Machine définie.....	28

IV.6.2. Gestionnaire de stock.....	29
IV.6.3. Extraire la caractéristique mécanique.....	29
IV.6.4. Générer le fonctionnement de l’avion.....	30
IV.6.5. G Simuler le parcours d’outil .....	30
IV.6.6. Énsérer le parcours d’outil .....	31
IV.6.7. Post-processus.....	31
IV.7. La List des codes-G.....	32

## **Conclusion**

Conclusion générale.....	33
--------------------------	----

**Liste de Figures :**

Figure (1-1) : Pièces de bielle-manivelle.....	3
Figure (1-2) : Le mécanisme de la maquette de la barrière de page .....	4
Figure (1-3) : Liaisons de bielle-manivelle.....	5
Figure (2-1) : Schéma synoptique du système Piston-Bielle-Manivelle.....	8
Figure (3-1) : vue perspective avec cotation de la bielle.....	13
Figure (3-2) : Corps de la bielle.....	14
Figure (3-3) : Dessin définition de corps de la bielle.....	15
Figure (3-4) : Chapeau de la bielle.....	16
Figure (3-5) : Dessin définition de chapeau de la bielle .....	17
Figure (3-6) : Assemblage de la bielle.....	18
Figure (3-7) : Dessin définition d'assemblage de la bielle.....	19
Figure (3-8) : Déformation de la bielle.....	22
Figure (3-9) : Maillage d'une bielle.....	23
Figure (3-10) : Contrainte de von mises .....	24
Figure (3-11) : Déplacement maximal.....	24

**Liste de Tableau :**

Tableau (2-1) : transformation de mouvement rotation  $\Leftrightarrow$  translation.....6  
Tableau (4-1) : Les codes-G marqués d'un rectangle noir sont modaux.....38

## Introduction générale

Les machines motorisées comprennent un groupe de machines équipées de moteurs électriques et de différents systèmes qui nous permettent d'effectuer un travail ou un mouvement. La propulsion d'un véhicule est généralement obtenue grâce à un moteur, dispositif mécanique capable de convertir l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique. L'énergie chimique du combustible est d'abord convertie en chaleur par combustion, puis la chaleur est convertie en travail mécanique. En fait, la chaleur générée par la combustion augmente la pression spécifique ou le volume spécifique, et en raison de sa dilatation, un travail mécanique est obtenu.

Dans un moteur à combustion interne, les produits de combustion tels que l'air et le carburant sont utilisés comme fluide de travail, tandis que dans un moteur à combustion externe, la combustion transfère de la chaleur à un autre fluide de travail via un échangeur de chaleur. De plus, dans un moteur à combustion interne, la combustion a lieu à l'intérieur du cylindre, alors que dans un moteur à combustion externe, la combustion a lieu dans une chambre séparée, communément appelée chambre de combustion. Selon la technologie d'allumage du mélange air-carburant, les moteurs sont divisés en deux catégories :

Moteurs à allumage commandé (moteurs à essence).

Moteur à allumage par compression (moteur diesel).

Dans ce contexte, ce travail contribue à l'étude numérique du système bielle-manivelle moteur. L'objectif principal est de voir la déformation de la partie principale du système (la bielle). Ce travail est divisé en quatre chapitres.

**Le premier chapitre :** Généralités sur Les system bielle manivelle.

**Le deuxième chapitre :** Généralités sur les moteurs à combustion interne.

**Le troisième chapitre :** Conception et étude de la bielle.

**Le quatrième chapitre :** la fabrication assiste par ordinaire.

# **CHAPITRE I**

## **Généralités sur Les systèmes bielle manivelle**

## I.1. Le système bielle-manivelle

### I.1.1. Définition du système bielle-manivelle

Le **système bielle-manivelle** est un assemblage mécanique qui tire son nom des deux pièces mécaniques qui le constituent : la bielle et la manivelle. Ce dispositif réalise la transformation du mouvement linéaire alternatif de l'extrémité de la bielle en un mouvement de rotation continu disponible sur la manivelle (vilebrequin), et vice-versa.

Apparu dans l'Empire romain (scierie de Hiéropolis), il constitue une innovation majeure complétant les cinq machines simples héritées des mécaniciens grecs. Sa cinématique, apparemment simple, cache une fonctionnalité technologique de première importance utilisée très couramment dans de nombreux mécanismes : moteur, pompe, scie, barrière automatique, etc.

Au XVIII<sup>e</sup> siècle on l'utilise dans des dispositifs simples pour transformer l'énergie musculaire en mouvement rotatif (rouet). Au XIX<sup>e</sup> siècle apparaît une nouvelle utilisation avec les machines à vapeur. Aujourd'hui, il reste la solution technique couramment mise en œuvre dans les moteurs à piston pour réaliser la variation cyclique de volume dans la chambre de combustion. [1 ]

### I.1.2. Composants de systèmes bielle manivelle :

Inventé au XV<sup>ème</sup> siècle, ce système fut l'une des plus grandes innovations de l'époque puisqu'il permit le développement de nouvelles machines telles que les pompes à piston. Le système-bielle manivelle est un dispositif qui transforme un mouvement de rotation en mouvement de translation et vice- versa.

- Ce système est réversible car l'entrée et la sortie peuvent être permutées. Il permet de transmettre et transformer un mouvement à l'aide de quatre pièces principales :

**1- La manivelle** : disque tournant continuellement autour d'un même axe constituant généralement l'entrée du mouvement.

**2-La bielle** : pièce assurant la liaison entre la manivelle et le piston au moyen de deux liaisons pivot.

**3-Le piston** : cette pièce constitue généralement la sortie du mouvement. Le piston présente un

mouvement rectiligne de va-et-vient.

**4-Les guides** : ces pièces permettent de guider le piston afin que sa trajectoire soit parfaitement rectiligne [2].

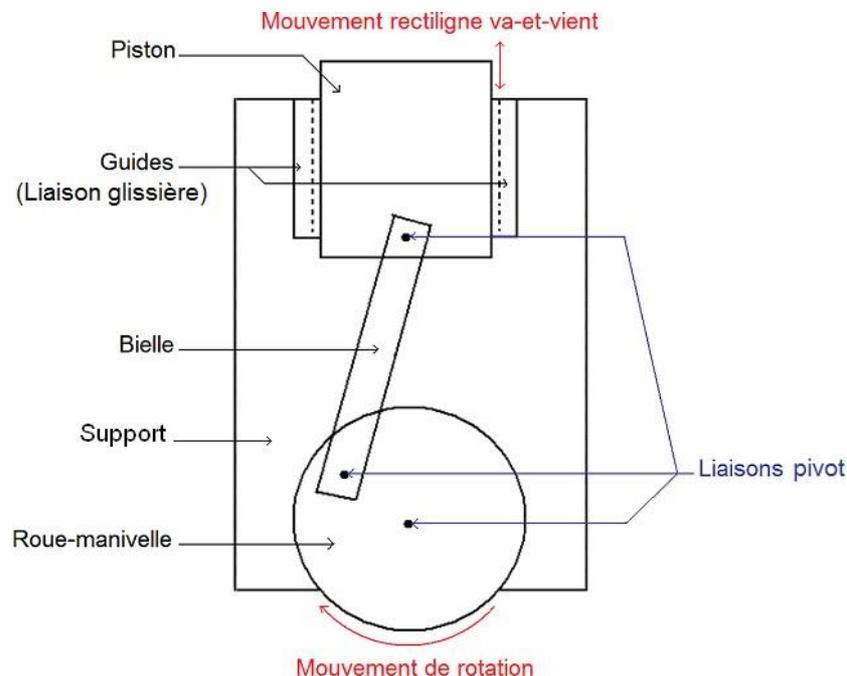
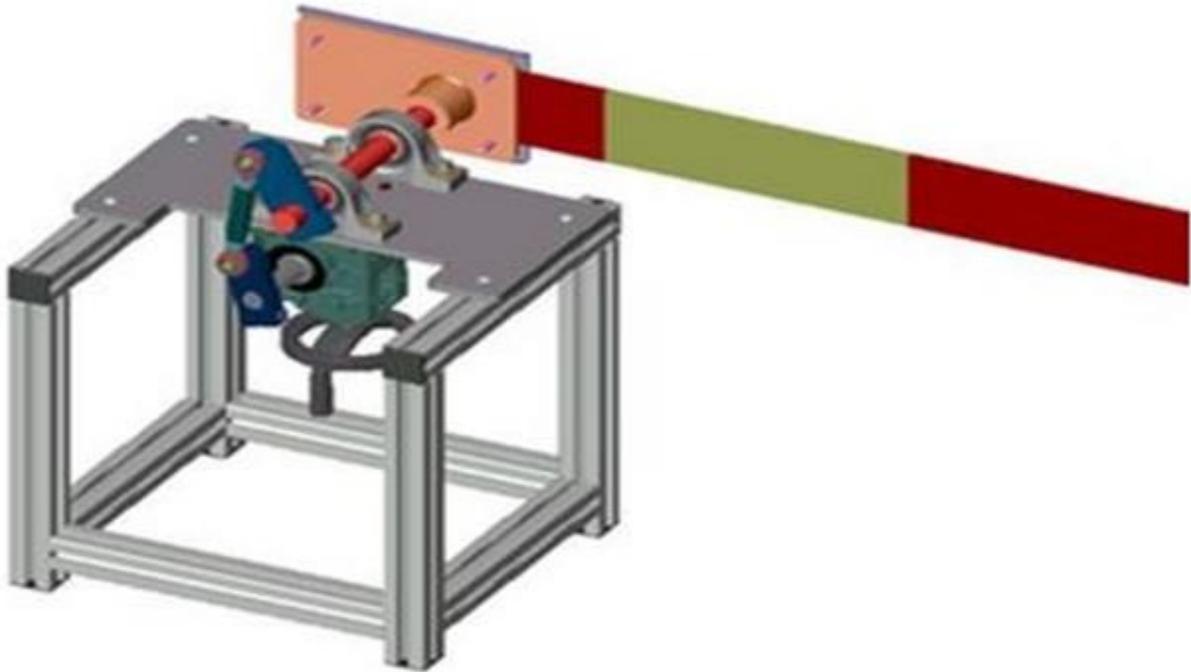


Figure (1-1) : Pièces du système bielle manivelle [2]

### Exemples d'application :

**Les moteurs à piston** : la manivelle est alors réceptrice la source d'énergie vient des gaz introduits dans la chambre et poussant le piston.

**Commande de certaines barrières** (péages ou parking). La liste étant l'oscillateur, l'intérêt du dispositif réside dans la commande du moteur animant le mécanisme qui tourne dans le même sens pour la levée ou la descente de la liste. la manivelle effectue donc exactement un demi-tour pour chaque mouvement.



*Figure (1-2) : Le mécanisme de la maquette de la barrière de péage*

### **I.1. 3.Liaisons de bielle manivelle :**

Le système bielle manivelle comporte plusieurs liaisons. Une liaison est une mise en relation entre deux pièces, qui vise à supprimer des degrés de liberté entre ces pièces, c'est-à-dire à limiter les mouvements qu'une pièce peut faire par rapport à l'autre. Une liaison « implique des conditions ou des limitations des valeurs possibles de leurs paramètres de déplacement relatif c'est-à-dire de leur mobilité. » À une liaison peuvent correspondre différents modes d'assemblage entre deux pièces. Chaque mode d'assemblage nécessite la mise en contact entre elles.

Il existe différents types de liaisons. En effet, une liaison peut bloquer totalement le mouvement ou l'orienter. Dans le cas du système bielle-manivelle, on observe deux types de liaisons : les liaisons pivot qui permettent une rotation des pièces assemblées autour d'un même axe et une liaison glissière qui oriente le mouvement du piston. De plus, la liaison peut être indirecte, c'est-à-dire qu'il y a une pièce intermédiaire entre les deux pièces principales, le

piston et la manivelle sont donc liés [3].

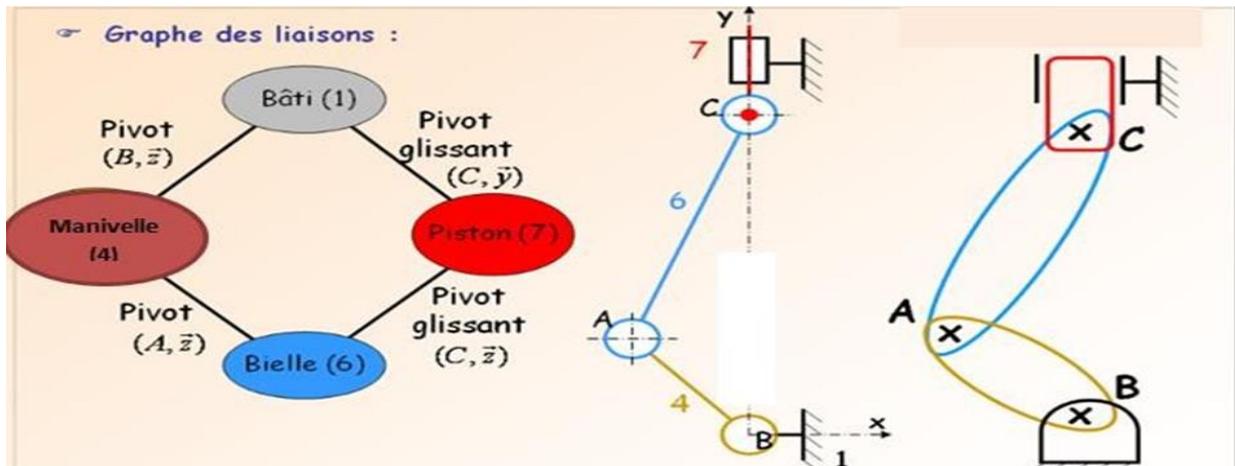


Figure (1-3) : Liaison de bielle manivelle [2]

- Le tableau qui résume la transformation d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation :

	Movement d'entrée	Movement de Sortie	Organe menant
Manivelle	Rotation	-	*
Piston	-	Translation Alternative	

Tableau (1-1) : transformation de mouvement rotation  $\Rightarrow$  translation

# **Chapitre II**

## **Généralités sur les moteurs à combustion interne**

## **Généralités sur les moteurs à combustion interne :**

Le moteur à combustion et explosion désigne tout type de moteur à combustion interne à pistons alternatifs ou rotatifs, Diesel, semi-Diesel ou à allumage commandé dans lesquels les gaz brûlent avec un front de flamme dont la vitesse est, normalement, inférieure à celle du son.

Le premier moteur à combustion à un cylindre a été réalisé par Eugenio Barsanti et Felice Matteucci (en) en 1854. Le moteur à combustion à deux temps est réalisé par Étienne Lenoir en 1859. Le moteur à combustion à quatre temps est inventé par Beau de Rochas en 1862, développé par Nikolaus Otto en 1867, puis perfectionné par Gottlieb Daimler et Wilhelm Maybach en 1886, suivi par le Moteur à boule chaude en 1891 puis le moteur Diesel en 1893.

Ce type de moteur est principalement utilisé pour la propulsion des véhicules de transport (tels qu'avions, automobiles, motos, camions et bateaux), pour de nombreux outils mobiles (tels que tronçonneuses et tondeuses à gazon) et pour de nombreuses installations fixes (groupes électrogènes, pompes, etc.). [5]

### **I.1. Moteurs à combustion interne**

#### **I.1.1 Définition moteurs à combustion interne**

Le moteur à combustion interne est une machine motrice qui sert à convertir de l'énergie emmagasinée dans un carburant (Pouvoir Calorifique) en une énergie thermique (Chaleur, Enthalpie, Energie Calorifique), puis en une énergie mécanique (Travail Mécanique, Couple). Dans les moteurs à combustion interne, la production de l'énergie thermique se fait dans un volume fermé (Chambre de Combustion, cylindre moteur) confiné par la culasse, les soupapes fermées, la tête du piston et la chemise.

La détente des gas produits par la combustion du carburant actionne des organes actifs (Piston-Bielle-Manivelle) qui récupèrent cette énergie pour la convertir en travail utile (Arbre moteur).

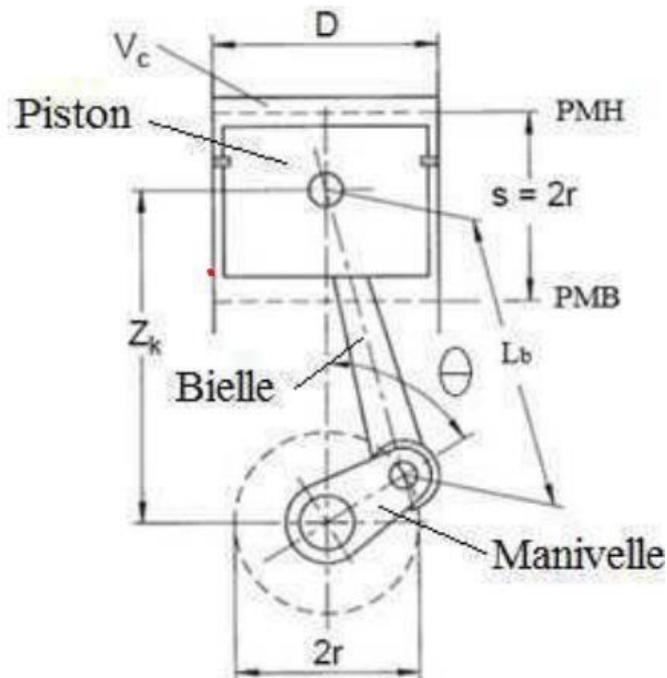


Figure (2-1) : Schéma synoptique du système Piston  
Bielle-Manivelle [4].

Avec :

**D** : diamètre  
d'alésage.

**L<sub>b</sub>** : Longueur de la  
bielle.

**PMH** : Point Mort  
Haut.

**S** : course du piston

**θ** : Angle  
Vilebrequin.

**PMB** : Point Mort  
Bas.

**r** : rayon de la manivelle.

**V<sub>c</sub>** : Volume chambre de  
combustion

### I.1.2. Principe de fonctionnement

Le carburant pulvérisé très finement et mélangé à l'air forme un mélange combustible qui est introduit dans le cylindre. Cette introduction correspond à

l'opération d'admission. A ce stade de l'introduction dans le cylindre, le mélange gazeux est à faible pression. Si on l'enflammait à ce moment, il ne pourrait fournir qu'un travail insuffisant, il faut au préalable le comprimer : c'est l'opération de compression. Puis, le mélange enflammé se détend en fournissant l'effort moteur transformé en mouvement de rotation sur l'arbre moteur grâce au mécanisme bielle-manivelle.

Enfin, il faut que les gaz brûlés soient évacués avant qu'un nouveau mélange frais soit admis dans le cylindre : c'est l'opération d'échappement. Puis, ces opérations se répètent dans le même ordre pour constituer le cycle moteur [6].

### **I.1.3. Composant de système :**

Les parties les plus importantes d'un moteur de voiture et la fonction de chacune d'entre elles :

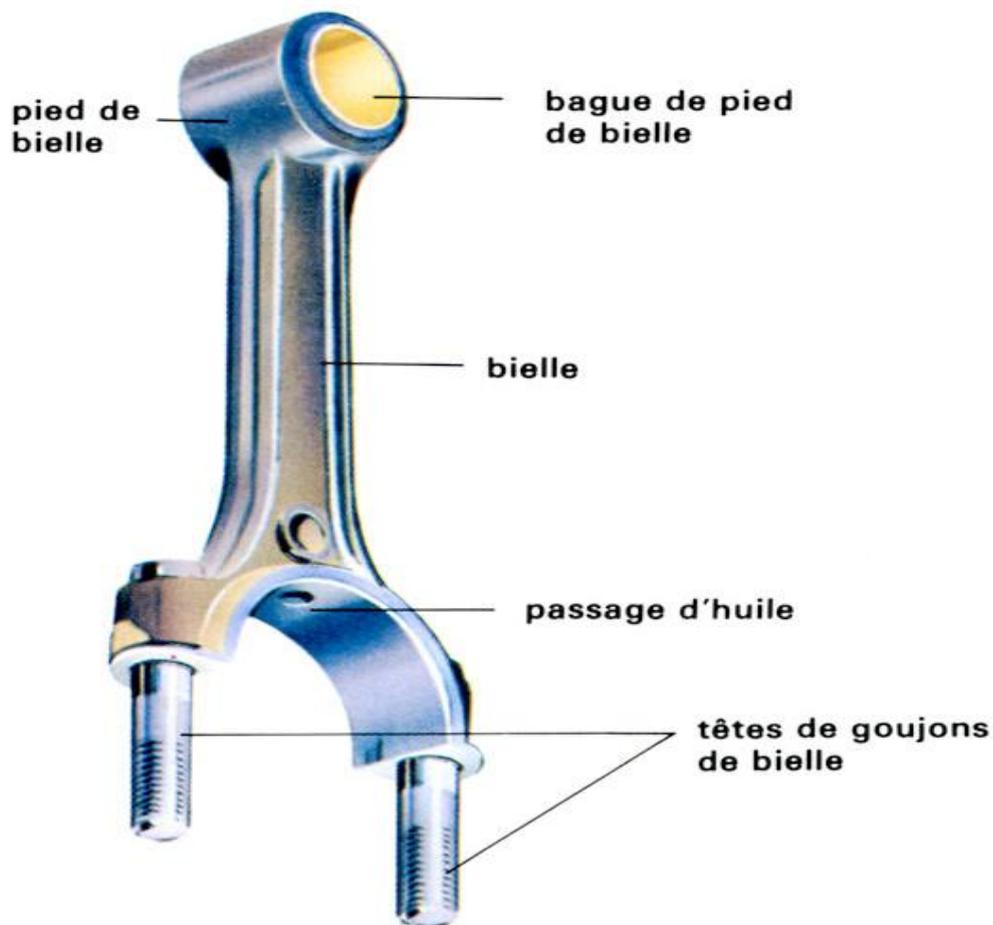
Pièces de moteur de voiture :

Les moteurs à combustion interne dépendent des produits de la combustion du carburant pour générer l'énergie nécessaire au mouvement du véhicule. La combustion a lieu à l'intérieur du compartiment moteur appelé chambre de combustion. Ce n'est pas une mince affaire, car de nombreuses pièces et pièces génèrent cette énergie. Ensuite, les pièces du moteur de voiture et leurs fonctions en détail.



**I.1.3.2. Piston :**

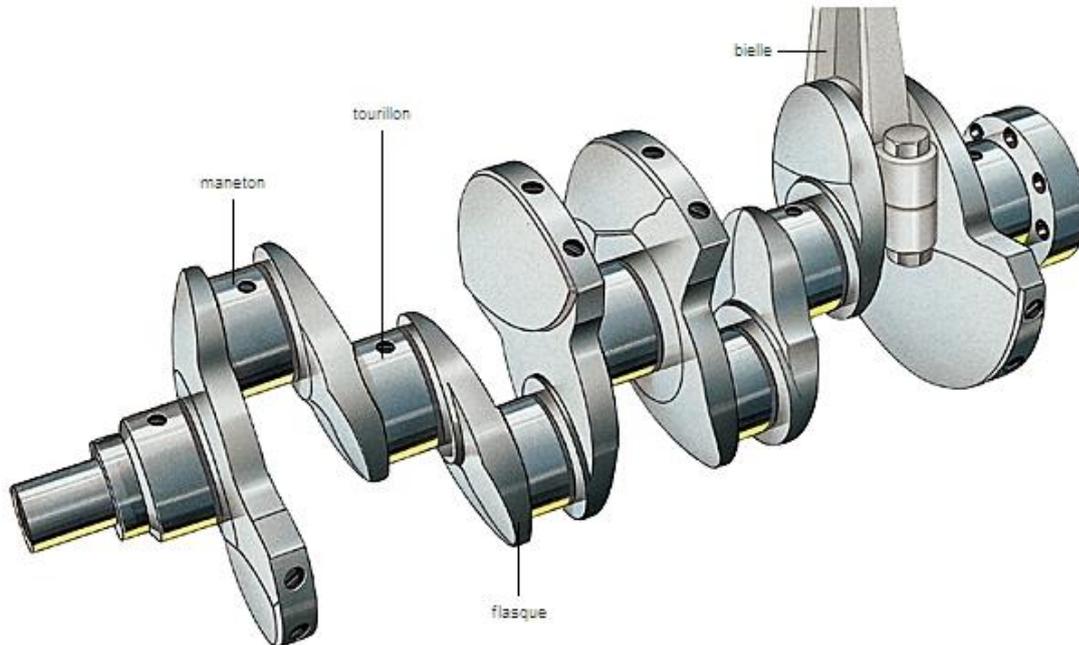
Nous ne nous sommes pas éloignés des cylindres, car le piston en est une pièce essentielle et assure que la combustion s'effectue à l'intérieur du moteur sans aucune perte de pression moteur. En cas de combustion ayant lieu en présence d'une fuite ou d'une zone non scellée, les sorties du processus ne seront pas au niveau requis et une certaine énergie sera perdue. Le piston convertit l'énergie thermique générée par le processus de combustion en énergie mécanique cinétique.

**I.1.3.3. La bielle :**

La bielle se connecte aux pistons et les relie au vilebrequin et ainsi le mouvement est transmis à partir du piston.

**I.1.3.6.vilebrequin :**

Le vilebrequin convertit le mouvement alternatif du piston en rotation et le transmet à diverses autres parties du véhicule. [7]

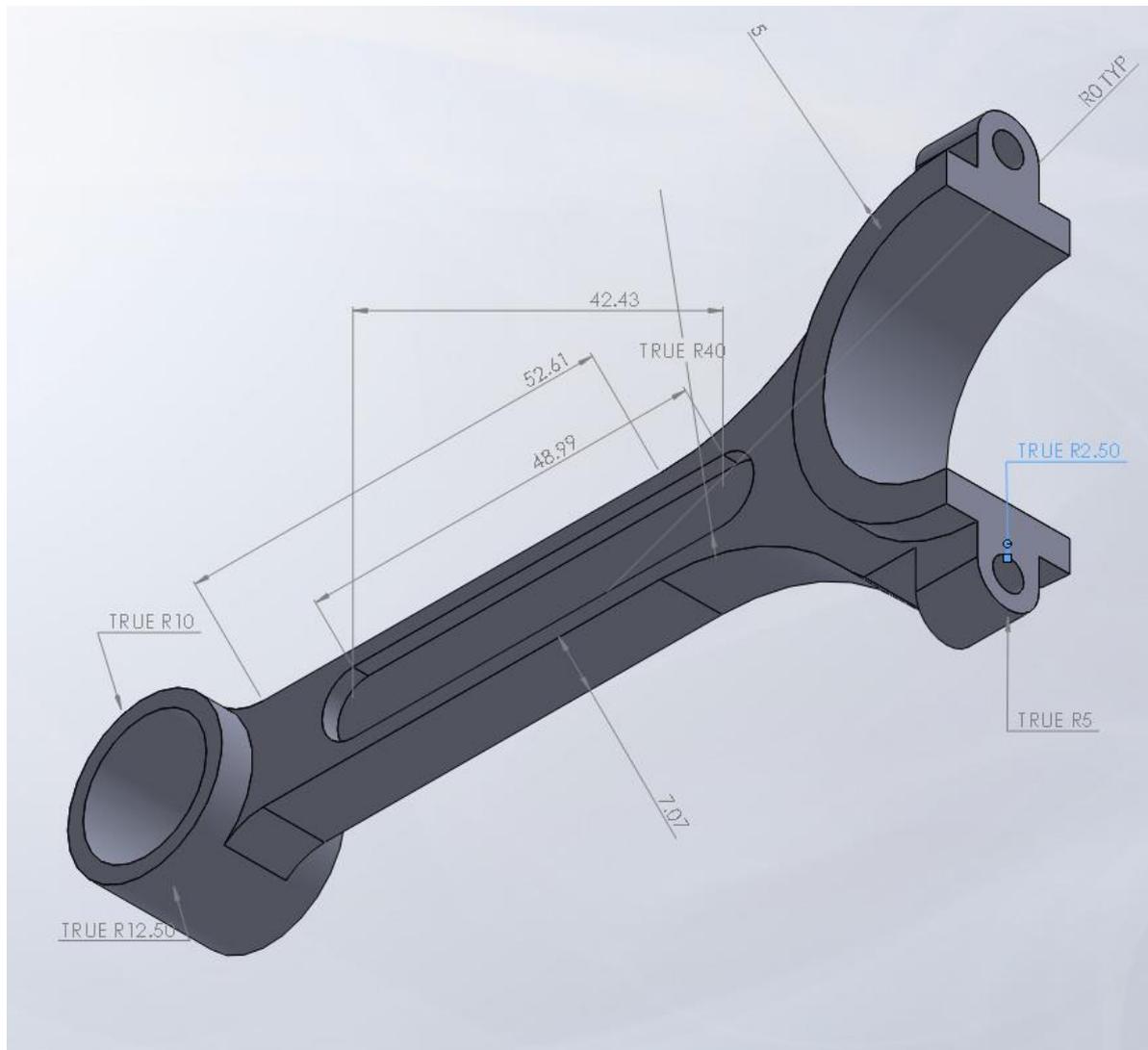


# **Chapitre III**

## **Conception et étude de la bielle**

### III.1. Conception (CAO) de la bielle

Dans le présent chapitre nous allons commencer par la conception de la bielle par le logiciel SolidWorks. La bielle qui nous a été proposée pour étude est la suivante :



*Figure (3-1) : vue perspective avec cotation de la bielle*

### III.1.1. Modélisation de la bielle

#### III.1.1.1. Modélisation du corps de bielle

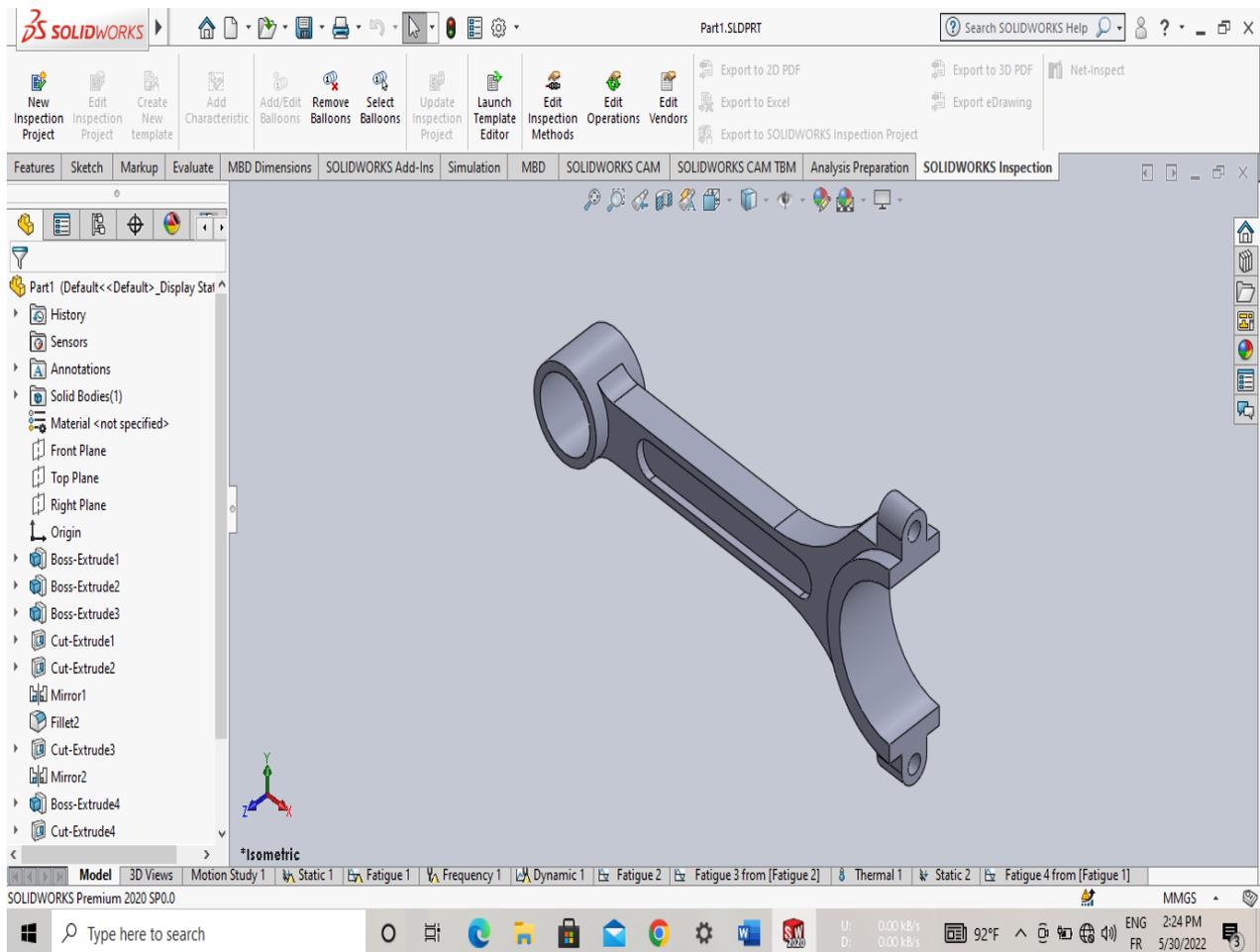
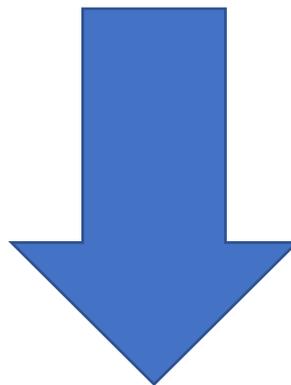


Figure (3-2) : corps de bielle



**Dessin définition**

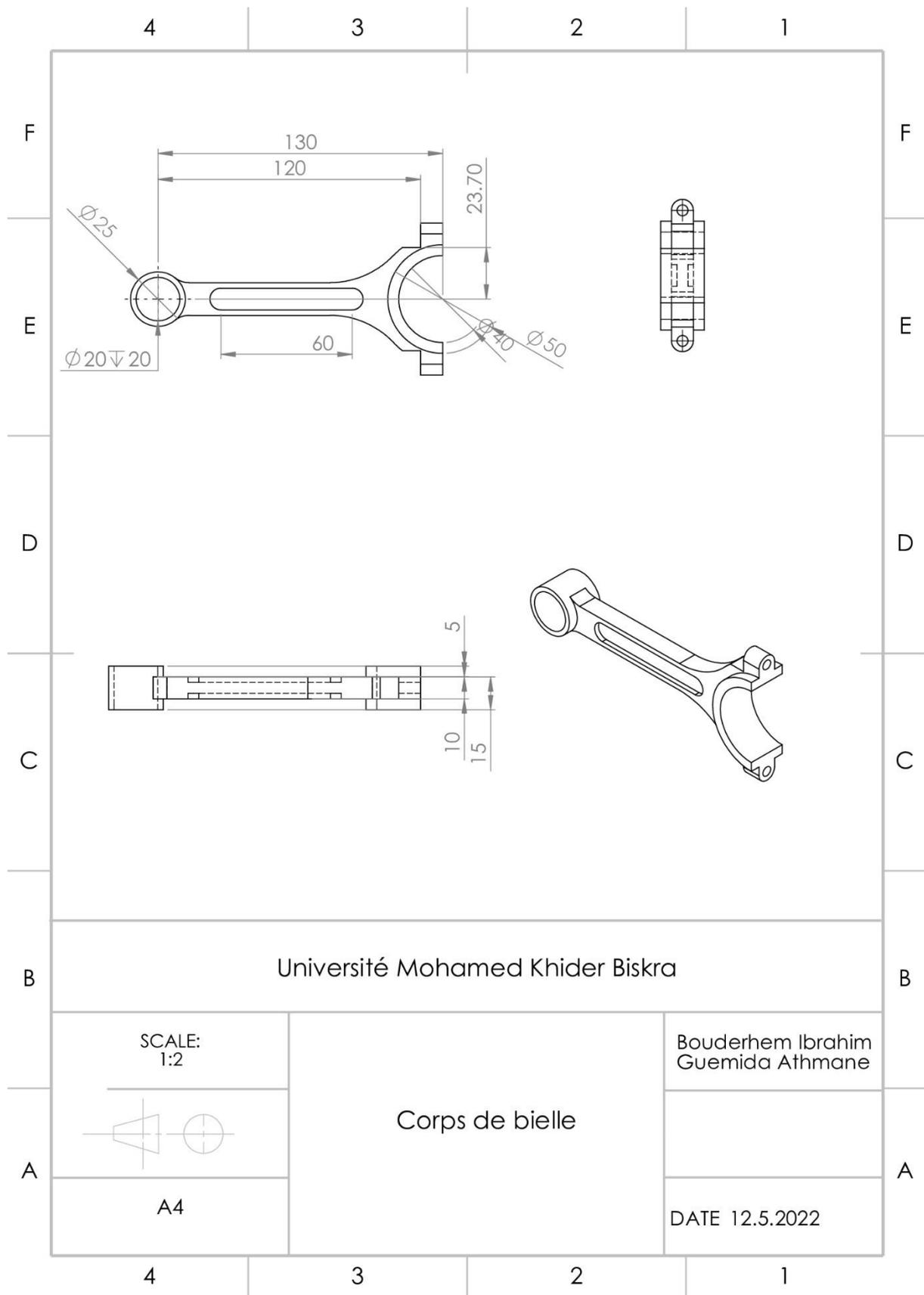
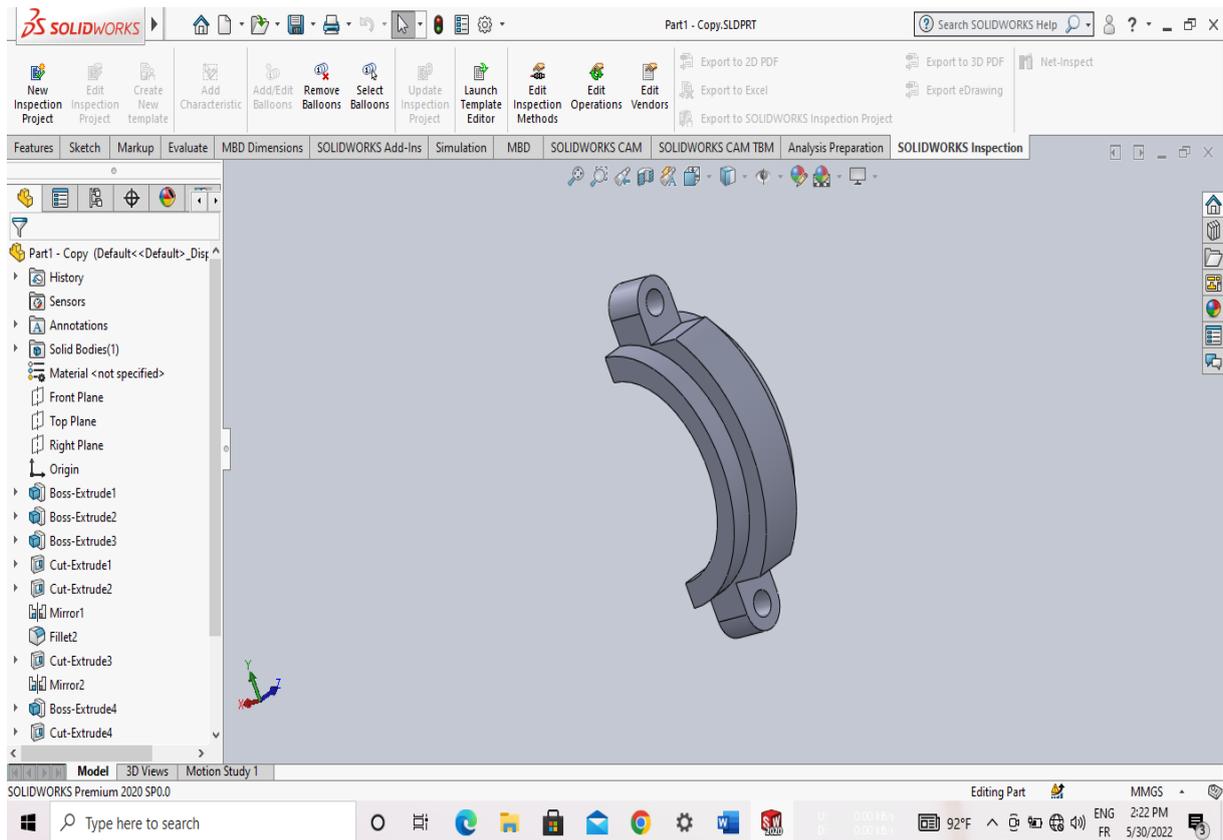
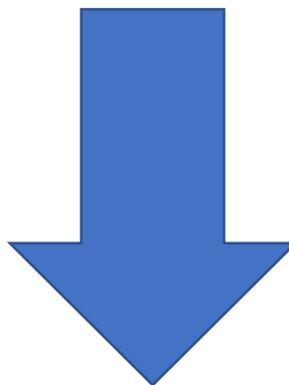


Figure (3-3) : Dessin définition d'une Corps de la bielle

**III.1.1.2. Conception du chapeau de la bielle :**

*Figure (3-4) : chapeau de la bielle*



**Dessin définition**

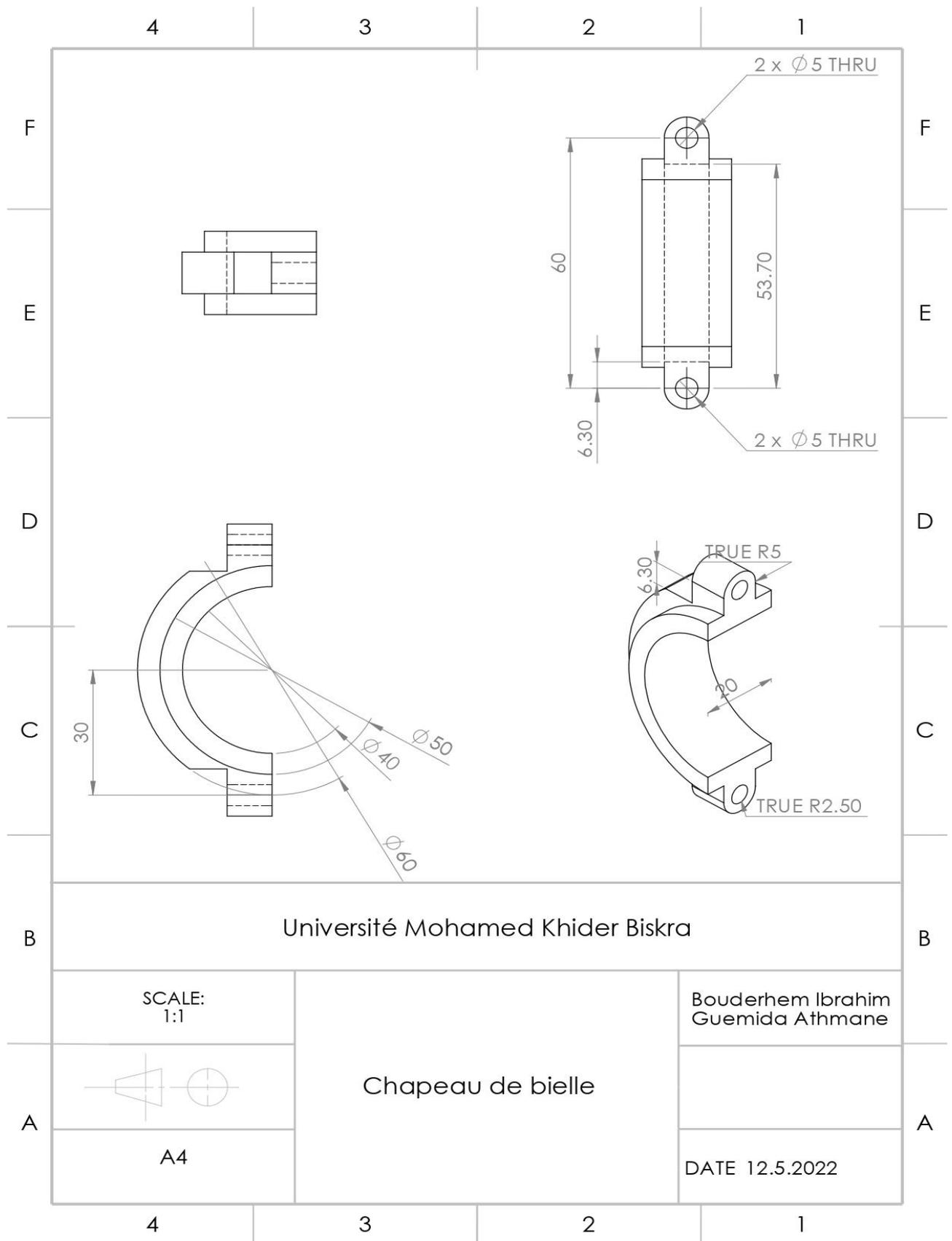
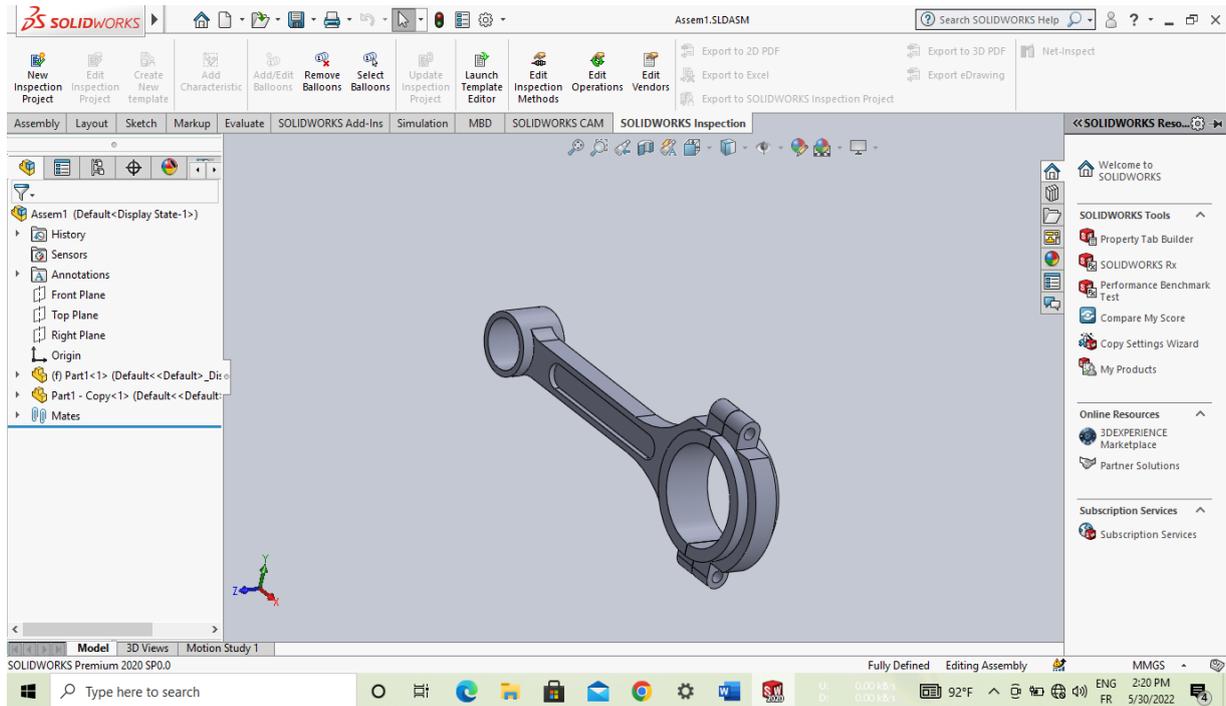
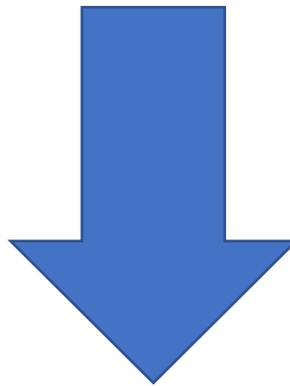


Figure (3-5) : dessin définition d'un chapeau de la bielle

**III.1.3. Assemblage de la bielle :**

*Figure (3-6) : Assemblage de la bielle*



**Dessin définition**

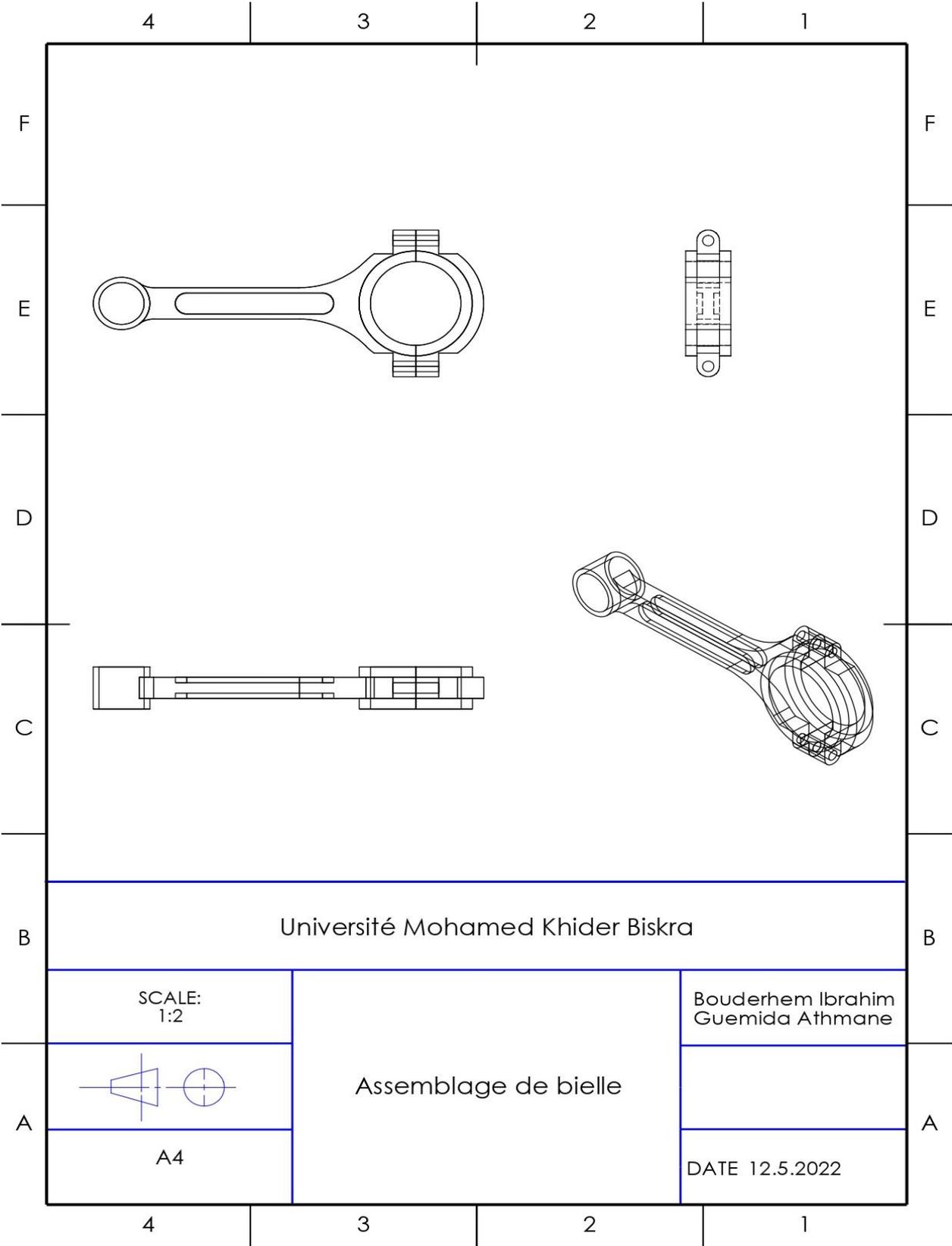


Figure (3-7) : Dessin définition d'un assemblage corps et chapeau de la bielle.

### III.3. Simulation :

#### III.3.1. Simulation des contraintes sur le corps de la bielle :

On suppose une force agissant sur le corps de la bielle et on va étudier son comportement vis-à-vis de cette charge.

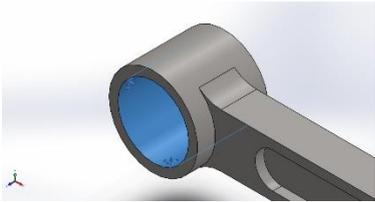
De force applique est choisi très proche de la réalité d'un moteur combustion interne.

La bielle est soumise alternativement à une compression et traction.

➤ Le model réalisé précédemment du corps de la bielle a été étudié du point de vue résistance. Pour cela nous avons utilisé le modelé de simulation de SolidWorks.

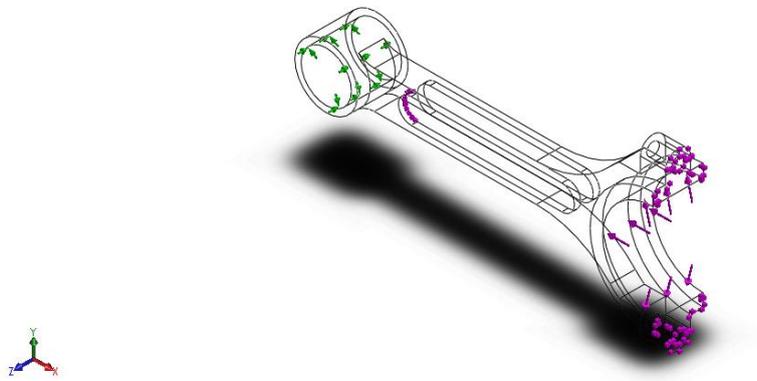
#### III.3.2. Etude de la bielle a la compression

##### Charges et montages

Nom du luminaire	Image du luminaire	Détails du luminaire
<b>Fixe-1</b>		<b>Entités : 1 face(s)</b> <b>Type : Géométrie fixe</b>

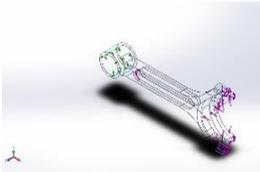
**Information sur la modèle:**

Nom du modèle : compression



Configuration actuelle : Par défaut

Corps solides

Nom et référence du document	Traité comme	Proprieties volumétriques	Chemin du document/ Date de modification
<p><b>Filet4</b></p> 	<p><b>Corps solide</b></p>	<p>Masse : 0,206833 kg                      Volume :2.61814e-05 m<sup>3</sup>                      Densité: 7 900 kg/m<sup>3</sup>                      Poids: 2,02697 N</p>	<p><b>May 12 2022</b></p>

- En appliquant une force de compression sur la bielle, On obtient la déformation suivante :

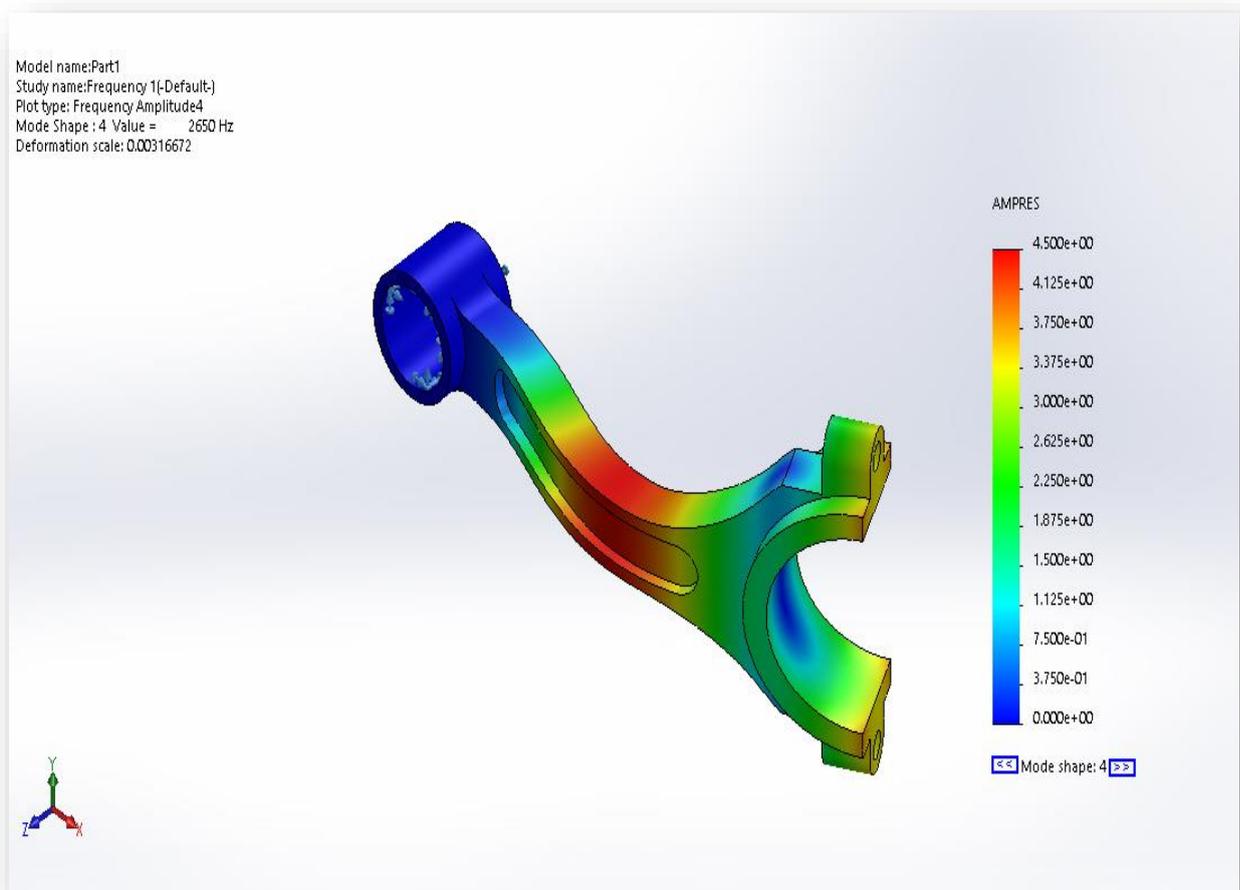


Figure (3-8) : déformation de la bielle

La valeur de déformation maximale obtenu :  $D=4.500^e+00$  mm

### Résultats :

Sont fournis SW après étude de simulation effectuée sur le corps de la bielle ces résultats sont fournis son forme d'un document complet couteaux toutes les informations concernent la pièce étudiée.

Méthode des élément finis utilisée par SW simulation.

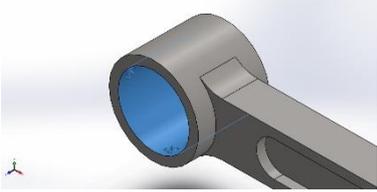


*Figure (3-9) : Maillage d'une bielle*

- De la même manière qu'avant, mais en appliquant la force de traction.

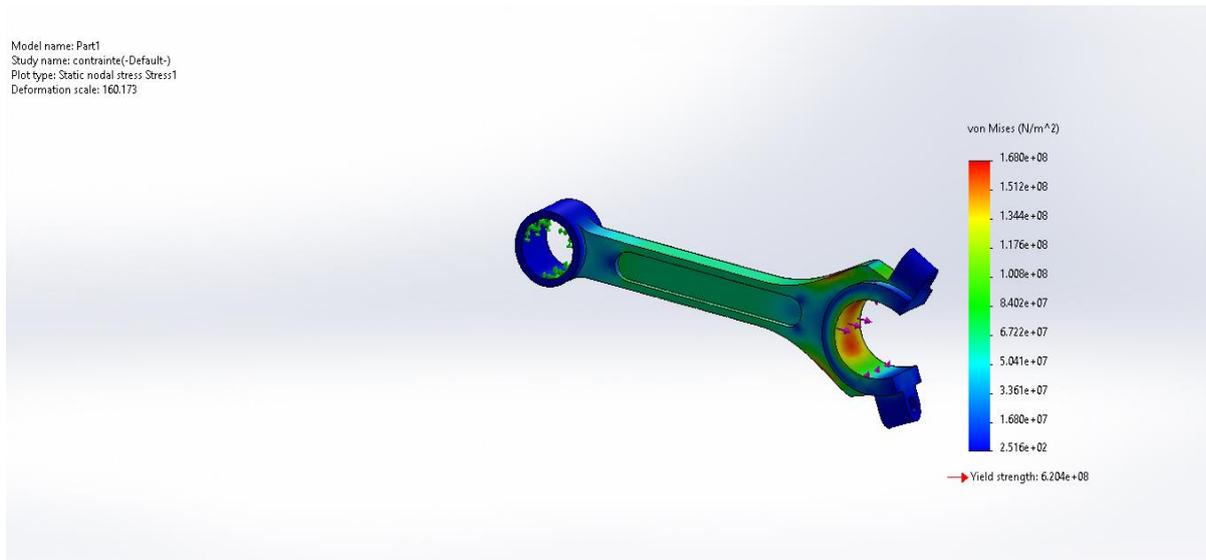
### III.3.3. Etude de la bielle à la traction :

#### Charges et Fixations :

Nom du luminaire	Image du luminaire	Details du luminaire
Fixe-1		<b>Entités: 1 face(s)</b> <b>Type: Géométrie fixe</b>

- En appliquant une force de traction sur la bielle, On obtient la contrainte et déplacement suivante :

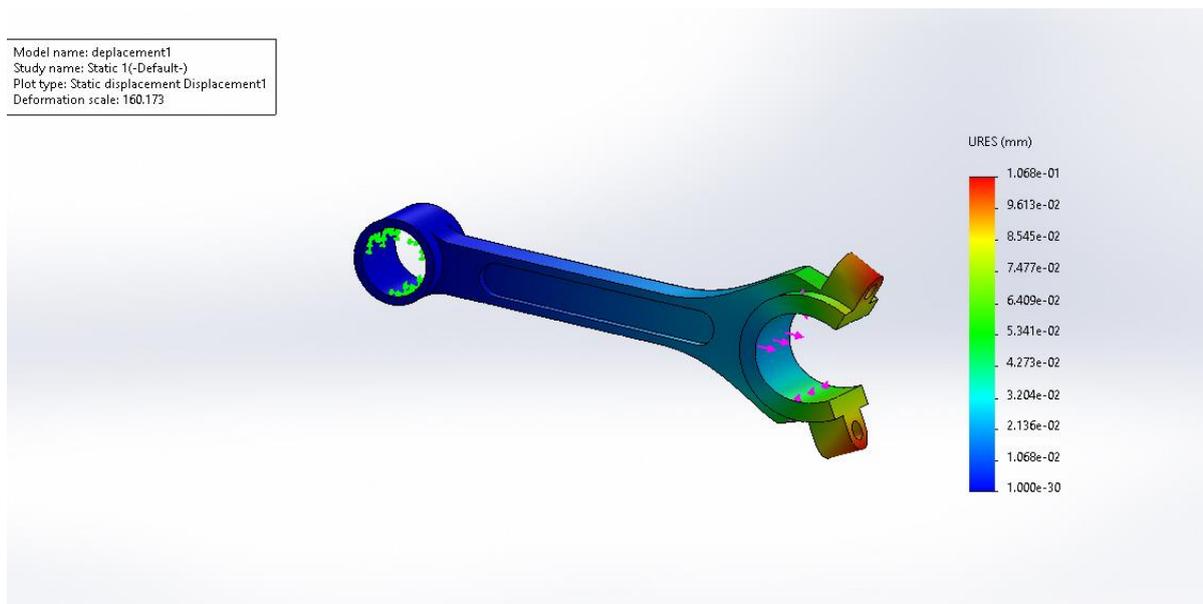
- **La contrainte de von Mises**



*Figure (3-10) : contrainte de von Mises*

La valeur de contrainte maximale obtenu : **A max** = 1.680<sup>e</sup>+08 MPa

- **Détermination du Déplacement maximal :**



*Figure (3-11) : Déplacement maximal.*

La valeur de déplacement maximale obtenu : **X max** = 1.068e-01MPa

# **CHAPITRE IV**

## **Fabrication assistée par ordinateur (FAO)**

### **IV.1. Fabrication assistée par ordinateur (FAO) :**

Qu'est-ce que la fabrication assistée par ordinateur (FAO) ?

C'est l'utilisation de logiciels et de machines contrôlées par ordinateur pour automatiser le processus de fabrication.

Selon cette définition, un système FAO nécessite trois composants pour fonctionner :

Logiciel qui indique à une machine comment fabriquer un produit en générant des trajectoires d'outils.

Une machine capable de convertir les matières premières en produits finis.

Le post-traitement traduit les trajectoires d'outil dans un langage que la machine peut comprendre.

Ces trois composants sont collés ensemble avec beaucoup de main-d'œuvre et de compétences. En tant qu'industrie, nous passons des années à construire et à perfectionner les meilleures machines de fabrication. Aujourd'hui, aucune conception n'est trop difficile pour un mécanicien compétent.

### **IV.2. La principe (FAO) :**

CAM-Works est l'un des outils de programmation FAO les plus puissants du marché, ainsi que l'un des plus faciles à utiliser. Le logiciel comprend des outils de pointe étonnants qui permettent aux utilisateurs de créer des parcours d'outils précis et efficaces pour leurs machines CNC. Mieux encore, il s'intègre directement dans l'environnement SOLIDWORKS que nous connaissons et aimons tous. Mieux encore, SOLIDWORKS CAM est basé sur CAM-Works. Ainsi, quel que soit le package que vous utilisez, vous pouvez être sûr d'utiliser une technologie de pointe et les meilleurs outils de leur catégorie.

### **IV.3. La différence entre SOLIDWORKS CAM et CAM Works :**

L'une de mes choses préférées à propos de SOLIDWORKS est de pouvoir traduire une conception de ma tête en un modèle 3D, puis de ce modèle 3D en code G qui peut piloter une machine CNC. Presque tout le monde sait que la création de modèles 3D est une fonctionnalité essentielle de SOLIDWORKS, SOLIDWORKS-CAM et CAM-Works font partie intégrante de l'écosystème de conception SOLIDWORKS depuis 2018, nous permettant

d'utiliser nos modèles 3D pour créer des pièces sur des machines CNC. Comme pour de nombreux produits de SOLIDWORKS, il existe différents logiciels pour répondre à vos besoins, que vous effectuiez des opérations de fraisage, de tournage ou d'usinage avancé. Lisez la suite pour en savoir plus sur nos produits CAM et le plan qui vous convient. [9]

#### **IV.4. Définition d'une machine CNC :**

C'est une machine totalement ou partiellement automatique à laquelle les ordres sont communiqués grâce à des codes qui sont portés sur un support matériel (disquette, USB, ...). Lorsque la machine-outil est équipée d'une commande numérique capable de réaliser les calculs des coordonnées des points définissant une trajectoire (interpolation), on dit qu'elle est à calculateur. Elle est appelée CNC (Commande Numérique par Calculateur).

#### **IV.5. Le G-code :**

G-code est un langage de programmation pour les machines numériques.

Le code G utilisé par Linux-CNC est basé sur le langage RS274/NGC. Ce document le décrit de manière exhaustive, c'est donc une grande section, mais il contient de nombreux concepts que le lecteur absorbera dès la première lecture. Ce chapitre l'est particulièrement. L'utilisateur reviendra alors ici, créant d'abord chaque détail de son G-code, puis vérifiant simplement la syntaxe des codes les moins courants. Ensuite, il ressentira la puissance du langage et Linux-CNC, qui peut en faire bon usage. [8]

##### **IV.5.1. Le programmeur :**

Cette personne dessine les dessins du modèle CAO et décide comment le réaliser à l'aide des machines CNC à sa disposition. Leur travail consiste à définir les trajectoires d'outils, les outils, les vitesses et les avances en code G pour faire le travail.

Dans un flux de travail typique, les programmeurs remettent leurs programmes aux opérateurs de configuration, qui chargent ensuite le code G dans la machine. Une fois la machine prête à rouler, l'opérateur fabriquera la pièce. Dans certains magasins, ces rôles peuvent se combiner et se chevaucher dans les responsabilités d'une ou deux personnes.

En dehors des opérations quotidiennes de la machine, il y a aussi l'ingénieur de fabrication parmi le personnel. Dans une nouvelle configuration de magasin, cette personne établit généralement des systèmes et détermine un processus de fabrication idéal. Pour les

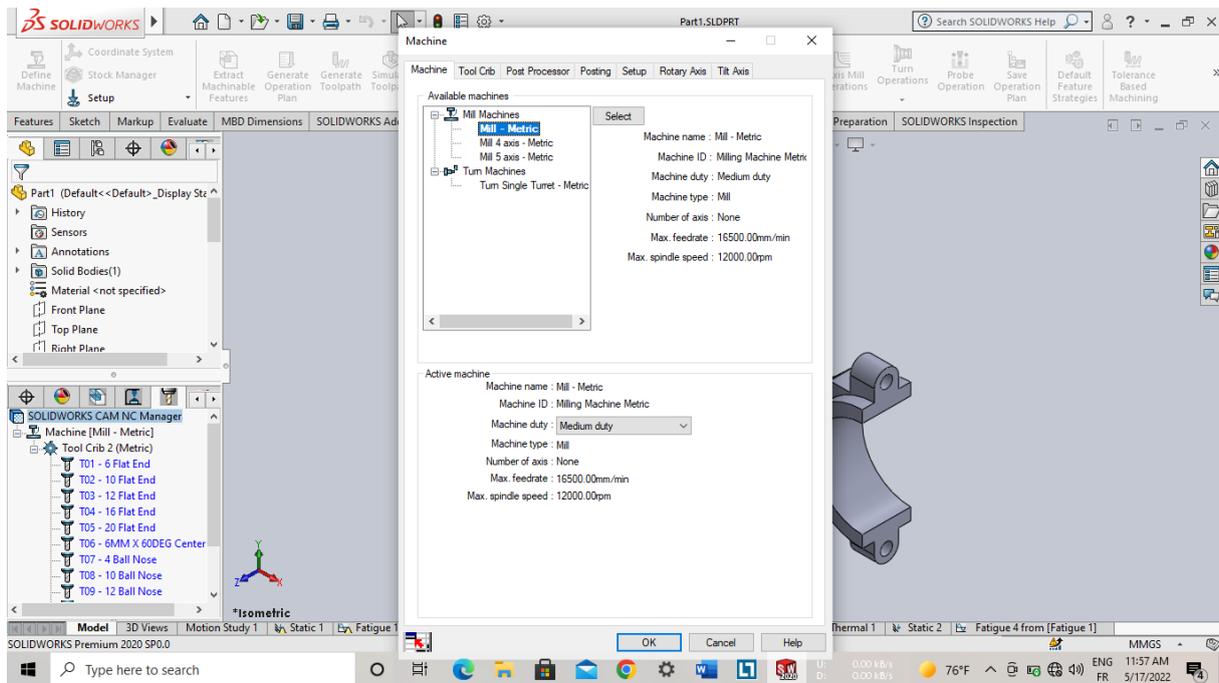
configurations existantes, un ingénieur de fabrication surveillera la qualité des équipements et des produits tout en effectuant d'autres tâches de gestion.

## IV.6. Les étapes de la simulation de fabrication :

Nous suivons les prochaines étapes :

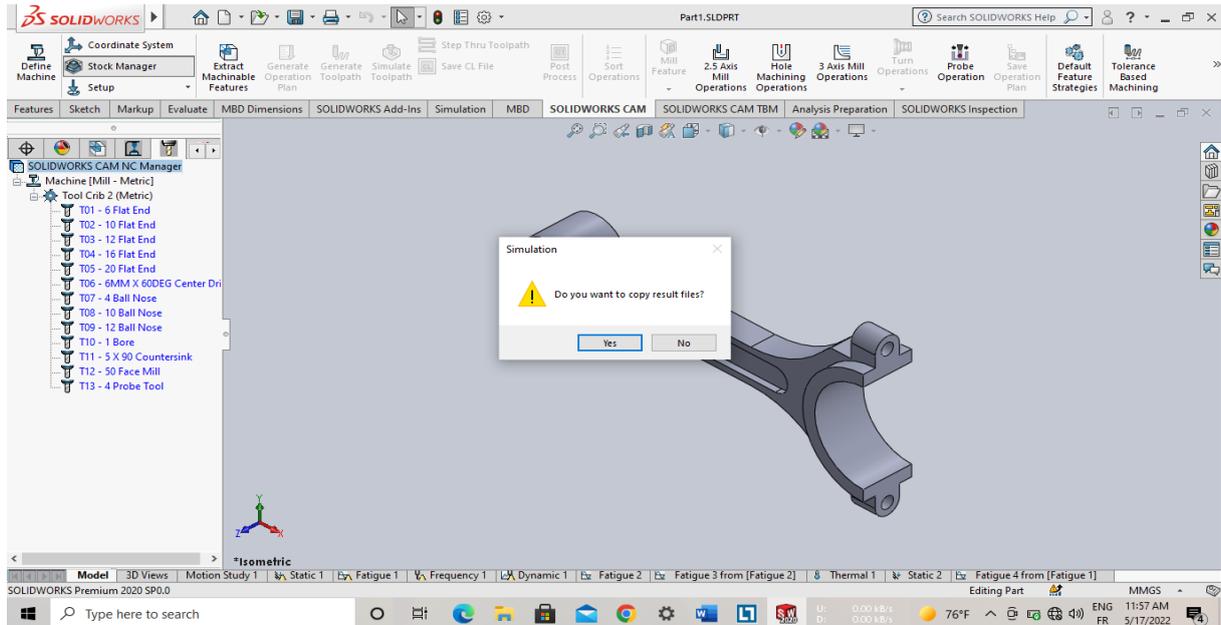
### IV.6.1. Machine définie :

Nous choisissons la machine



### IV.6.2. Gestionnaire de stock :

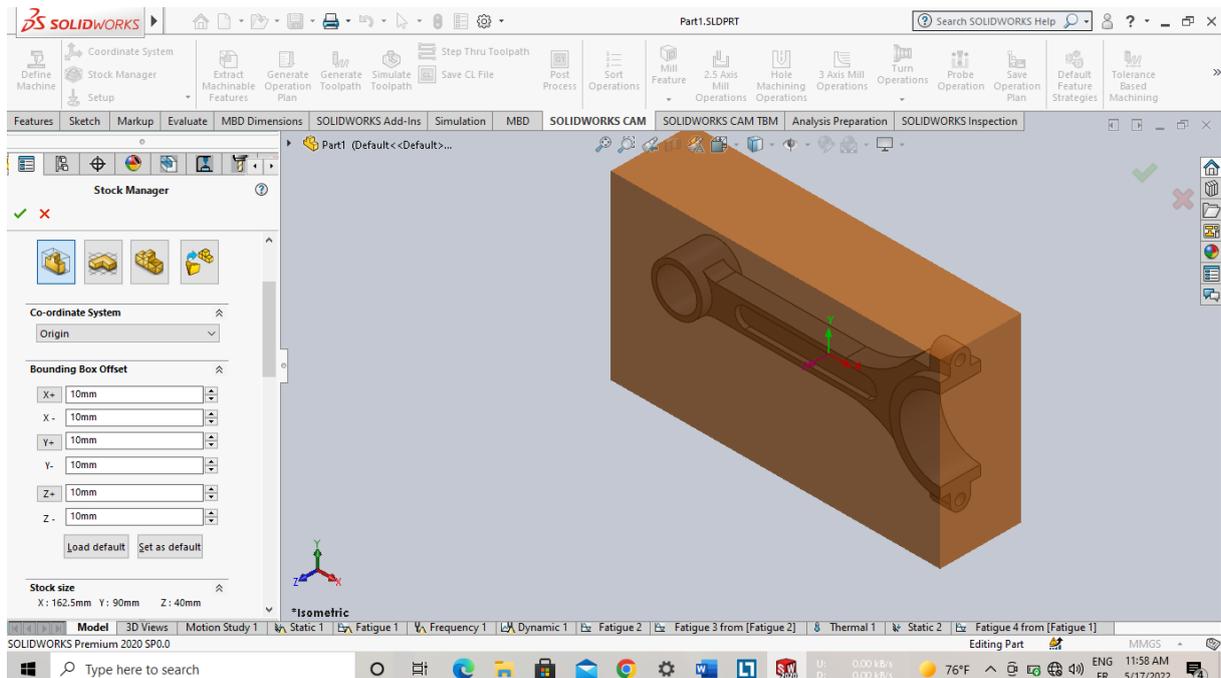
#### Sélection des matières premières



### IV.6.3. Extraire la caractéristique mécanique :

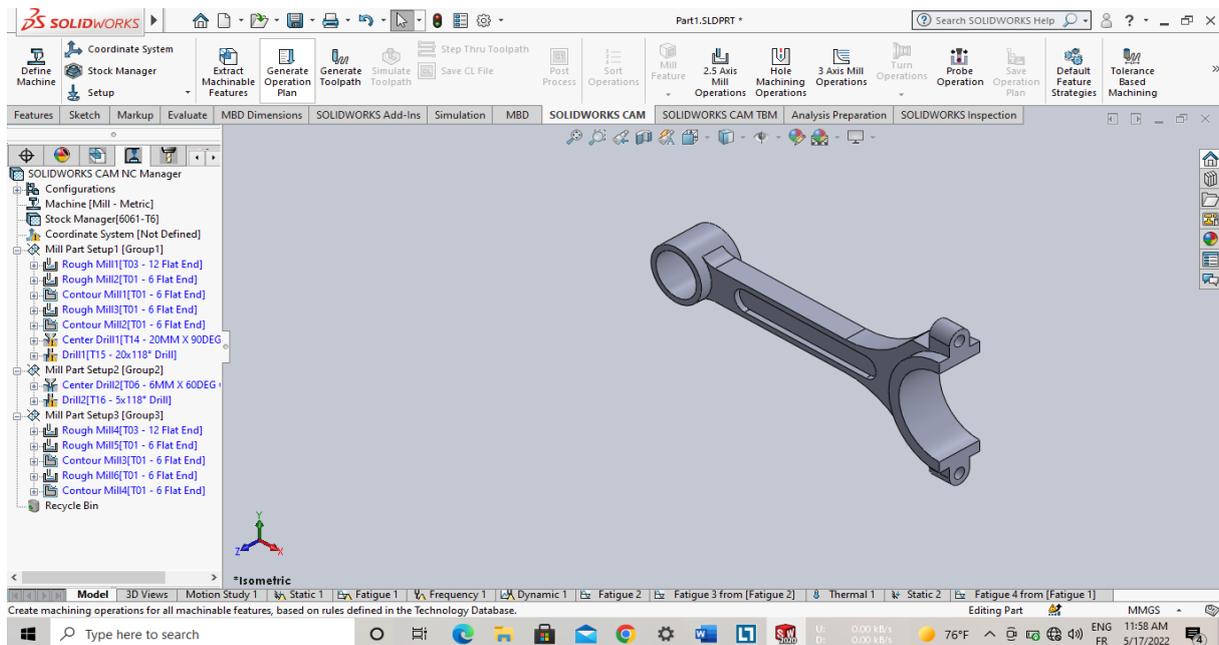
- Après avoir sélectionné la fenêtre Extraire la caractéristique mécanique, Nous augmentons le volume des stocks par (x, y, z).

Par exemple : (10mm).



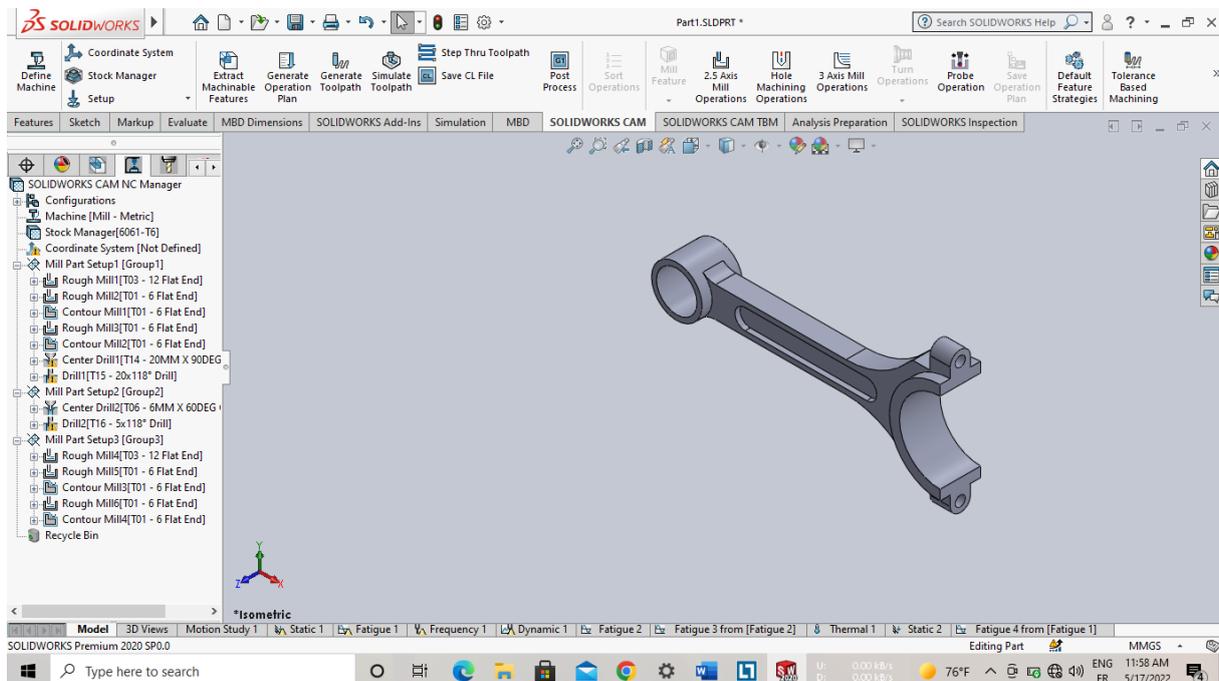
#### IV.6.4. Générer le fonctionnement de l'avion :

- Cliquez sur la fenêtre Générer le fonctionnement de l'avion



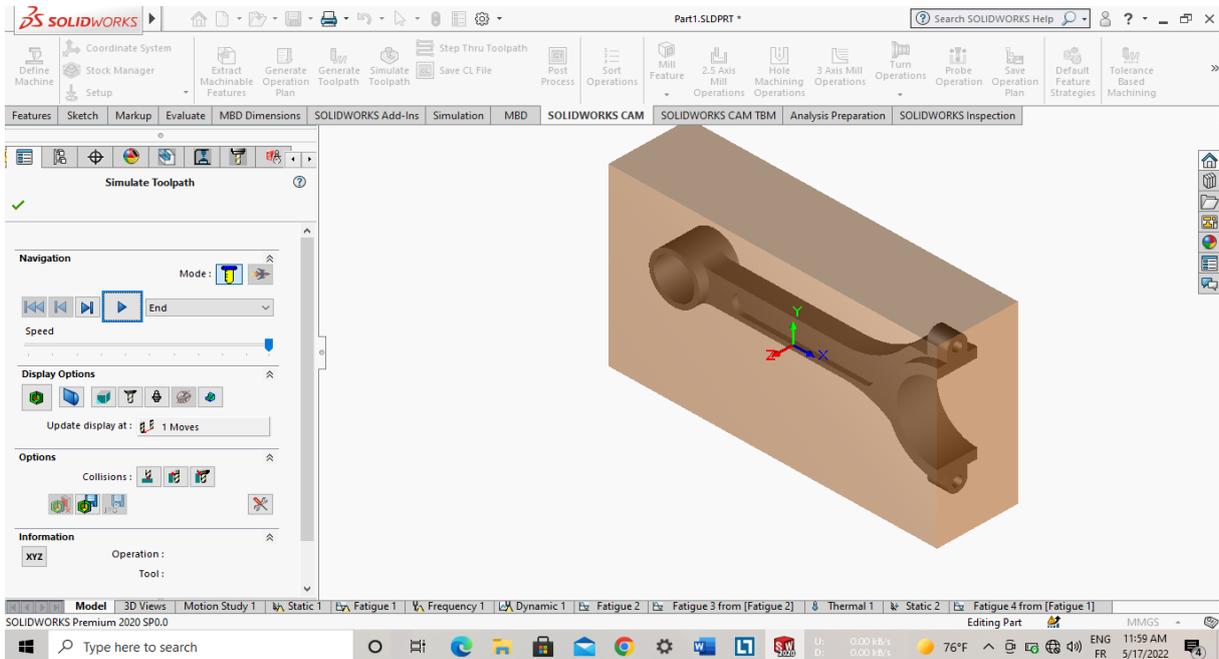
#### IV.6.5. Générer le parcours d'outil :

- Cliquez sur la fenêtre Générer le parcours d'outil



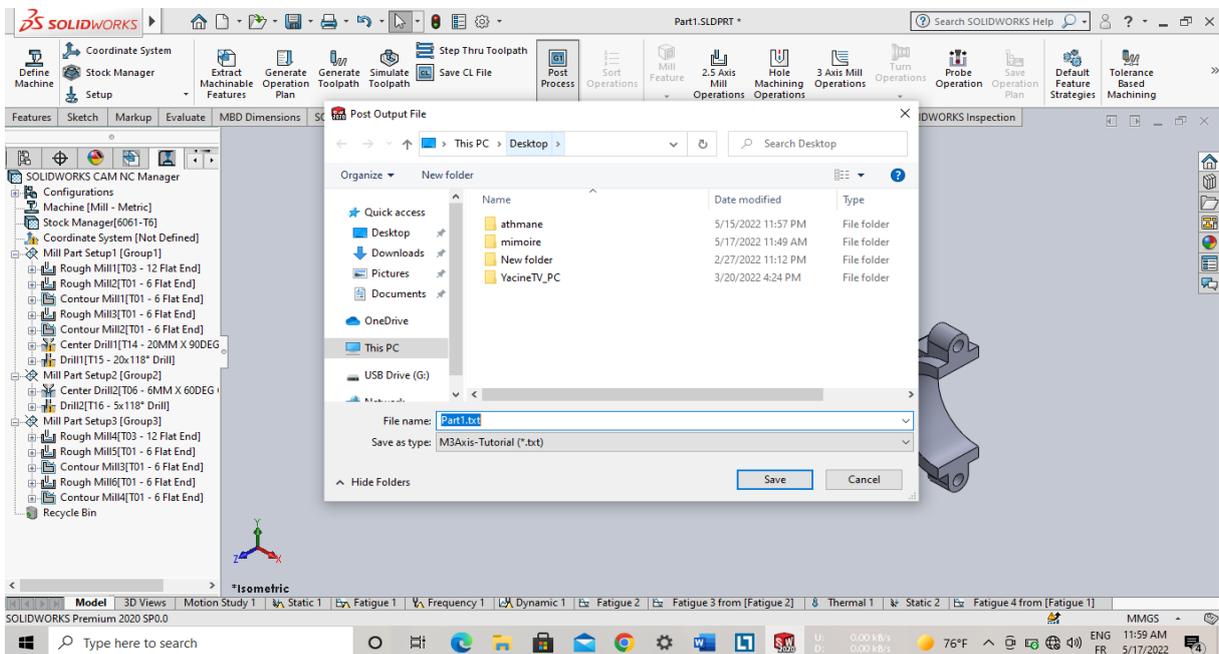
**IV.6.6. Simuler le parcours d'outil :**

- Cliquez sur la fenêtre Simuler le parcours d'outil



**IV.6.7. Post-processus:**

- Cliquez sur la fenêtre Post-processus pour enregistrer le fichier texte(G-code)



7-Tableau de G-code :

```

bielle.kijuhgytfrh.txt - Notepad
File Edit Format View Help
D0001
N1 G21
N2 (12MM CRB 2FL 25 LOC)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T03 M06
N5 S6557 M03

N6 ( Rough Mill1 )
N7 G90 G54 G00 X6.293 Y-22.5
N8 G43 Z2.5 H03 M08
N9 G01 Z-4.75 F183.202
N10 G17 G02 Y22.5 I64.957 J22.5 F732.809
N11 G01 Z-5. F183.202
N12 G03 Y-22.5 I64.957 J-22.5 F732.809
N13 G00 Z2.5
N14 X11.275
N15 G01 Z-4.75 F183.202
N16 G02 Y22.5 I59.975 J22.5 F732.809
N17 G01 Z-5. F183.202
N18 G03 Y-22.5 I59.975 J-22.5 F732.809
N19 G00 Z2.5
N20 X16.308
N21 G01 Z-4.75 F183.202
N22 G02 Y22.5 I54.942 J22.5 F732.809
N23 G01 Z-5. F183.202
N24 G03 Y-22.5 I54.942 J-22.5 F732.809
N25 G00 Z2.5
N26 X21.433 Y-22.551
N27 G01 Z-4.75 F183.202
N28 G02 Y22.551 I49.817 J22.551 F732.809
N29 G01 Z-5. F183.202
N30 G03 Y-22.551 I49.817 J-22.551 F732.809
N31 G00 Z2.5
N32 X27.175 Y-23.603
N33 G01 Z-4.75 F183.202
N34 G02 Y23.603 I44.075 J23.603 F732.809
    
```

```

bielle.kijuhgytfrh.txt - Notepad
File Edit Format View Help
N35 G01 Z-5. F183.202
N36 G03 Y-23.603 I44.075 J-23.603 F732.809
N37 G00 Z2.5
N38 X35.907 Y-28.353
N39 G01 Z-4.75 F183.202
N40 G02 Y28.353 I35.343 J28.353 F732.809
N41 G01 Z-5. F183.202
N42 G03 Y-28.353 I35.343 J-28.353 F732.809
N43 G00 Z2.5
N44 X.125 Y-22.5
N45 G01 Z-4.75 F183.202
N46 G03 X-1.495 Y-10.705 I-43.744 J0 F732.809
N47 G01 X-2.823 Y-5.962
N48 G03 Y5.962 I-55.927 J5.962
N49 G01 X-1.495 Y10.705
N50 G03 X.125 Y22.5 I-42.124 J11.795
N51 G01 Z-5. F183.202
N52 G02 X-1.495 Y10.705 I-43.744 J0 F732.809
N53 G01 X-2.823 Y5.962
N54 G02 Y-5.962 I-55.927 J-5.962
N55 G01 X-1.495 Y-10.705
N56 G02 X.125 Y-22.5 I-42.124 J-11.795
N57 G00 Z2.5
N58 X-4.562
N59 G01 Z-4.75 F183.202
N60 G03 X-6.008 Y-11.969 I-39.057 J0 F732.809
N61 G01 X-7.584 Y-6.34
N62 G03 Y6.34 I-51.166 J6.34
N63 G01 X-6.008 Y11.969
N64 G03 X-4.562 Y22.5 I-37.611 J10.531
N65 G01 Z-5. F183.202
N66 G02 X-6.008 Y11.969 I-39.057 J0 F732.809
N67 G01 X-7.584 Y6.34
N68 G02 Y-6.34 I-51.166 J-6.34
N69 G01 X-6.008 Y-11.969
N70 G02 X-4.562 Y-22.5 I-37.611 J-10.531
    
```

## **Conclusion générale :**

On bout de ce mémoire, nous pouvons citer les principaux objectifs atteints.

La détermination des contraintes maximale sur le corps de bielle en utilisant un logiciel de simulation, SolidWorks en l'occurena des résultats obtenus sont bien étudié approximatifs car objectif n'est pas de détermine une valeur réelle mais c'est surtout la méthode à appliquer en utilisant SolidWorks pour un cas réel.

Dans le même exprit, nous avons utilisé de la Fabrication assisté par ordinaire de la bielle.

La simulation FAO nous a permis d'obtenir le code-G pour la fabrication d'une bielle sur CNC Le code obtenu est un code à corriger si on peut l'utiliser sur d'une MOCN, mais notre but c'est de comprendre les différentes étapes pour l'obtenir.

**Références bibliographiques :**

- [1] [https://fr.wikipedia.org/wiki/SystC3A8me\\_bielle-manivelle](https://fr.wikipedia.org/wiki/SystC3A8me_bielle-manivelle)
- [2] Francis Esnault, construction mécanique tome 2 Edition Dunod 2009
- [3] Salhi Mohamed reda, Sliti Ridha, Nair Noureddine manuel de cours Génie mécanique, Faculté des sciences et techniques Tunisie
- [4] BENCHERIF, M., Moteurs à combustion interne, combustion et éléments de carburation 2018.
- [5] Arquès, P., Moteurs alternatifs à combustion interne. 1987 : Masson.
- [6] Mera bet, A., Contribution à l'étude des échanges thermiques dans un moteur Diesel
- [7] <https://www.dubizzle.com/blog/cars/ar>
- [8] [http://linuxcnc.org/docs/html/gcode/overview\\_fr.html](http://linuxcnc.org/docs/html/gcode/overview_fr.html)
- [9] <http://fan2fanuc.e-monsite.com/pages/programmation/liste-des-codes-g.html>

## Annexe

### IV.7. Liste des codes-G :

code G	groupe	fonction
G00	01	Positionnement rapide
G01		Interpolation linéaire (avance de coupe)
G02		<a href="#">Interpolation circulaire</a> ou <a href="#">interpolation hélicoïdale</a> sens horaire
G03		Interpolation circulaire ou interpolation hélicoïdale sens anti-horaire
G02.2-G03.2		Interpolation développante (sens horaire/anti-horaire)
G02.3-G03.3		Interpolation exponentielle (sens horaire/anti-horaire)
G02.4-G02.4		Conversion de coordonnées tridimensionnelles (sens horaire/anti-horaire)
G04	00	Temporisation
G05		Commande de contournage AI
G05.1		Commande de contournage AI / Lissage Nano / Interpolation lisse
G05.4		Activation/Désactivation HRV3, 4
G06.2	01	Interpolation NURBS

G07		Interpolation avec axe hypothétique
G07.1 (G107)		Interpolation cylindrique
G08		Commande de contournage AI
G09		Arrêt précis
G10	00	<a href="#">Entrée de données programmables</a>
G10.6		Recul de l'outil et reprise
G10.9		Commutation programmable de la programmation du diamètre/programmation du rayon
G11		<a href="#">Annulation du mode d'entrée des données programmables</a>
G12.1		21
G13.1	Annulation du mode interpolation en coordonnées polaires	
G15	17	Annulation de la commande de coordonnées polaires
G16		Commande de coordonnées polaires
G17	02	Sélection du plan Xp Yp
G18		Sélection du plan Xp Zp
G19		Sélection du plan Yp Zp
G20 (G70)	06	Entrée en pouces

G21 (G71)		Entrée en mm
G22	04	Fonction de vérification de course enregistrée activée
G23		Fonction de vérification de course enregistrée désactivée
G25	19	Détection des fluctuations de la vitesse de broche désactivée
G26		Détection des fluctuations de la vitesse de broche activée
G27	00	Contrôle du retour à la position de référence
G28		Retour automatique à la position de référence
G29		Déplacement depuis la position de référence
G30		Retour à la 2 ème, 3 ème et 4 ème position de référence
G30.1		Retour à la position de référence flottante
G31		Fonction de saut
G31.8		Saut d'axe de boîte d'avance électrique
G33		01
G34	Filetage à pas variables	
G35	Filetage circulaire sens horaire	

G36		Filetage circulaire sens anti-horaire
G37		Mesure automatique de la longueur d'outil
G38	00	Compensation d'outil de coupe ou de rayon de pointe d'outil: vecteur de conservation
G39		Compensation d'outil de coupe ou de rayon de pointe d'outil: interpolation circulaire angulaire
G40		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Compensation d'outil de coupe ou de rayon de pointe d'outil: Annulation</a></li> <li>• Compensation d'outil de coupe tridimensionnelle: Annulation</li> </ul>
G41	07	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Compensation d'outil de coupe ou de rayon de pointe d'outil: Gauche</a></li> <li>• Compensation d'outil de coupe tridimensionnelle: Gauche</li> </ul>
G41.2		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: gauche (type 1)
G41.3		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes:(correction du bord d'attaque)
G41.4		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: gauche (type 1) (compatible avec FS16i)
G41.5		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5

		axes: gauche (type 1) (compatible avec FS16i)
G41.6		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: gauche (type 2)
G42		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Compensation d'outil de coupe ou de rayon de pointe d'outil: Droite</a></li> <li>• Compensation d'outil de coupe tridimensionnelle: Droite</li> </ul>
G42.2		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: droite (type 1)
G42.4		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: droite (type 1) (compatible avec FS16i)
G42.5		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: droite (type 1) (compatible avec FS16i)
G42.6		Compensation d'outil de coupe pour usinage 5 axes: droite (type 2)
G40.1		Annulation de la commande normale du profil
G41.1	19	Commande normale du profil activée: gauche
G41.2		Commande normale du profil activée: droite
G43	08	Compensation de longueur d'outil +
G44		Compensation de longueur d'outil -
G43.1	08	Compensation de longueur d'outil dans la

		direction de l'axe de l'outil
G43.4		Contrôle du point de centre de l'outil (type 1)
G43.5		Contrôle du point de centre de l'outil (type 2)
G45	00	Augmentation de la correction d'outil
G46		Diminution de la correction d'outil
G47		Double augmentation de la correction d'outil
G48		Double diminution de la correction d'outil
G49 (G49.1)	08	Annulation de la compensation de longueur d'outil
G50	11	Annulation d'échelle
G51		Echelle
G50.1	22	Annulation de l'image miroir programmable
G51.1		Image miroir programmable
G50.2	31	Annulation du tournage polygonal
G51.2		Tournage polygonal
G52	00	Définition du système de coordonnées locales
G53		Définition du système de coordonnées machine
G53.1		Commande de direction de l'axe de l'outil
G54 (G54.1)	14	Sélection du système de coordonnées pièce 1
G55		Sélection du système de coordonnées pièce 2

G56		Sélection du système de coordonnées pièce 3
G57		Sélection du système de coordonnées pièce 4
G58		Sélection du système de coordonnées pièce 5
G59		Sélection du système de coordonnées pièce 6
G60	00	Positionnement unidirectionnel
G61		Mode arrêt précis
G62	15	Correction d'angle automatique
G63		Mode taraudage
G64		Mode d'usinage
G65	00	Appel de macro
G66		Appel de macro A
G66.1	12	Appel de macro B
G67		Annulation appel de macro A/B
G68	16	Démarage de la <a href="#">rotation du système de coordonnées</a> ou activation du mode de

		conversion de coordonnées tridimensionnelles
G69		<a href="#">Annulation de la rotation du système de coordonnées</a> ou activation du mode de conversion de coordonnées tridimensionnelles
G68.2		Sélection du système de coordonnées de fonctions
G72.1	00	Copie de profil (copie de rotation)
G72.2		Copie de profil (copie linéaire)
G73	09	Cycle de perçage avec débourage
G74		Cycle de taraudage à gauche
G76		Cycle d'alésage fin
G80		Annulation du cycle fixe
G80.5	24	Paire de boîte d'avance électronique: annulation de la synchronisation
G80.8	34	Boîte d'avance électronique: annulation de la synchronisation
G81	09	Cycle de perçage ou cycle de centrage
G81.1	00	Tronçonnage
G81.5	24	Paire de boîte d'avance électronique: démarrage de la synchronisation
G81.8	34	Boîte d'avance électronique: démarrage de la

		synchronisation
G82	09	Cycle de perçage ou d'alésage inverse
G83		Cycle de perçage avec débourage
G84		Cycle de taraudage
G84.2		Cycle de taraudage rigide (FS15)
G84.3		Cycle de taraudage rigide à gauche (FS15)
G85		Cycle d'alésage
G86		Cycle d'alésage
G87		Cycle d'alésage inverse
G88		Cycle d'alésage
G89		Cycle d'alésage
G90		03
G91	Programmation en incrémental	
G91.1	00	Vérification de la valeur incrémentale maximale spécifiée
G92		Définition du système de coordonnées pièce ou limitation de la vitesse maximale de la broche
G92.1		Prédéfinition du système de coordonnées pièce
G93	05	Avance à temporisation inverse
G94		Avance par minute

	G95		Avance par tour
	G96	13	Contrôle de vitesse de surface constante
	G97		Annulation du contrôle de vitesse constante
	G98	10	<a href="#">Cycle fixe: retour au niveau initial</a>
	G99		<a href="#">Cycle fixe: retour au niveau du point R</a>
	G107	00	Interpolation cylindrique
	G112	21	Mode interpolation en coordonnées polaires
	G113		Annulation du mode interpolation en coordonnées polaires

*Tableau (4-1) : Les codes-G marqués d'un rectangle noirs sont modaux*