



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**



**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de
la Recherche Scientifique**

UNIVERSITE D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Spécialité : Génie mécanique

Option : Maintenance des équipements industriels

Thème

**Etude cinématique et dynamique d'un
système bielle manivelle**

Devant le jury composé de :

Présenté par :

..... Président
..... Examineur
..... Examineur
Mr.Mansourikhaled Encadreur

- **KOUKA Saber**
- **DEYAT walid**

2013-2014

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

- *Nos très chers grands pères.*
- *Nos très chers parents.*
- *Nos frères et sœurs.*
- *Toutes nos familles.*
- *Nos enseignants, notre encadreur « Mr Mansouri Khaled »*
- *A toute la promotion 2013/2014.*

Koukasaber

Deyatwalid

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, notre créateur de nous avoir donné les forces pour accomplir ce travail.

*Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur " **Mr. Mansourikhaled**" qui a proposé le thème de ce mémoire, aussi pour ses conseils et ses orientations.*

Nous avons également l'honneur de remercier l'Administration du Département de Mécanique d'avoir facilité le processus de sélection du mémoire et de l'encadreur, ainsi que de l'organisation et la bonne coordination.

Un grand merci est adressé aux examinateurs d'avoir accepté la lecture et l'évaluation de notre mémoire.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé à réaliser ce mémoire.

Sommaire

Index des figures.....	i
liste de tableaux.....	ii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Historique et description de la système bielle manivelle	
I. Historique et description du système bielle manivelle	3
I.1. Historique	3
I.2. Fonctionnement et description du système.....	3
I.2.1. Une bielle.....	4
I.2.2. Une Manivelle : généralement appelée vilebrequin	7
I.2.3. Un coulisseau : généralement appelé Piston ou oscillateur	9
Chapitre II : Sollicitations mécanique sur la bielle	
II. Sollicitations mécanique sur la bielle	15
II.1. La fonction de la bielle.....	15
II.2. Les sollicitations exercées sur le corps de bielle	15
II.2.1. La force exercée sur le pied de bielle	15
II.2.2. La force exercée sur le corps de bielle	15
II.2.3. La force exercée sur la tête de bielle.....	15
II.3. Equation d'équilibre de bielle.....	16
Chapitre III: Modélisation géométrique et numérique de système « Bielle-Manivelle »	
III. Modélisation géométrique et numérique de système « Bielle-Manivelle ».....	21
III.1. Modélisation géométrique	21
III.1.1. Les dimensions de la bielle	21
III.1.2. Modèle 3D de la Bielle.....	21
III.1.3. Propriétés du matériau de la Bielle	21
III.2. Simulation de la bielle sous traction.....	22
III.2.1. Les conditions aux limites:.....	22
III.2.2. Le maillage.....	23
III.2.3. Résultats de l'étude	24
III.3. Etude cinématique de système « Bielle-Manivelle » par SolidWorks	25
III.3.1. L'assemblage de système.....	25
III.3.2. Etude cinématique.....	26
III.3.3. Etude dynamique.....	28
Conclusion générale	29

Références Bibliographie.....30
Résumé.....31

Liste des figures et tableaux

Index des figures

Figure I.1	Système de bielle manivelle.	03
Figure I.2	Anatomie d'une bielle automobile.....	04
Figure I.3	Bielles monoblocs.	05
Figure I.4	Bielles assemblées.....	05
Figure I.5	Bielles fendues.....	05
Figure I.6	Longueur de bielle.....	06
Figure I.7	Distribution de contrainte sur la bielle.	06
Figure I.8	Liaisons.....	07
Figure I.9	Roulement à rouleaux.....	07
Figure I.10	Composition d'un vilebrequin.....	08
Figure I.11	L'équilibrage du vilebrequin.	09
Figure I.12	Un coulisseau.....	09
Figure I.13	Plusieurs formes de tête de piston.....	11
Figure I.14	Les segments.....	11
Figure I.15	Le segment de feu.	11
Figure I.16	Le segment d'étanchéité.	12
Figure I.17	Le segment racleur.	12
Figure I.18	L'axe du piston.	13
Figure II.1	Méthode de calcul de masse de bielle 1.	16
Figure II.2	Méthode de calcul de masse de bielle 2.....	17
Figure II.3	Méthode de calcul de masse de bielle 3	17
Figure II.4	une model global d'un system.....	18
Figure II.5	Représentation des forces appliquées sur la bielle.....	19
FigureIII.1	Dimention de la bielle	21
FigureIII.2	Modèle 3D de la bielle	21
FigureIII.3	Fixation de la bielle	22
FigureIII.4	Chargement sur la bielle.....	22
FigureIII.5	Bielle maillé	23
FigureIII.6	Contrainte de von Mises	24

FigureIII.7	Déplacement sur la longueur de la bielle	24
FigureIII.8	Evolution de la déformation.....	25
FigureIII.9	L'assemblage du système « Bielle-Manivelle » enSolidWorks.....	25
FigureIII.10	Diffèrent pièces du système « Bielle-Manivelle » enSolidWorks.....	26
FigureIII.11	Système « Bielle-Manivelle » enSolidWorks	26
FigureIII.12	Le déplacement de Piston	27
FigureIII.13	La vitesse de Piston	27
FigureIII.14	L'accélération de Piston	27
FigureIII.15	La force de réaction sur Pied de Bielle	27
FigureIII.16	La force de réaction sur la tête de Bielle	28
FigureIII.17	Contraint de Von Mises dans quelquesinstants.....	28

Liste de Tableaux

<i>Tableau III 1</i> : Propriétés du matériau.....	22
<i>Tableau III2</i> : Informations sur le maillage.....	23

Introduction générale

Les moteurs à combustion interne (ou à explosion) transforment l'énergie chimique stockée dans un carburant en travail grâce à l'expansion du gaz durant la combustion. Ils sont principalement utilisés pour la propulsion des véhicules de transport : avions à hélice, automobiles, motos, camions et bateaux.

Le système bielle-manivelle permet la transformation d'un mouvement rectiligne alternatif en mouvement circulaire continu (application aux moteurs à pistons) et réciproquement mouvement circulaire continu en mouvement rectiligne alternatif (application aux pompes, compresseurs alternatifs, ...).

Un mécanisme de bielle et manivelle est constitué essentiellement de quatre pièces, à savoir, la manivelle, la bielle, le piston et le cylindre. Sa cinématique, apparemment triviale, cache de vrais problèmes techniques : après plus d'un siècle d'existence, le moteur thermique n'a pu trouver d'alternative pour la variation de volume dans la chambre de combustion. D'ailleurs les constructeurs automobiles rechignent à abandonner ce bas moteur qui fonctionne et concentrent tous leurs efforts sur l'admission et l'échappement.

Le but de l'étude menée au cours de ce mémoire a donc été de développer, à partir d'un modèle existant, une modélisation qui tienne compte de chargements, comme les charge mécanique au même temps dans l'état où la bielle est en service. Le modèle géométrique, cinématique et dynamique sont réalisées sur SolidWorks (v.2012).

Le travail effectué est présenté en trois chapitres. Le premier chapitre présente un petit historique de système bielle-manivelle.

Le deuxième chapitre donne les détails sur les différents types de sollicitations mécaniques exercées sur tous le corps de bielle.

Le chapitre trois est consacré à les étapes de dessin sur SolidWorks pour obtenir le modèle géométrique final de bielle, et un assemblage de système bielle-manivelle. Avec une étude cinématique et dynamique à l'aide de SolidWorks.

Chapitre I :
Historique et description de la
systeme bielle manivelle

I. Historique et description du système bielle manivelle

I.1. Historique

Le système bielle-manivelle représente sans doute la plus importante innovation du XVe siècle. La pensée technique allemande de cette époque nous a légué un manuscrit anonyme, daté aux environs de 1430, dit Anonyme de la guerre hussite. Celui-ci comporte plusieurs dessins de moulins à bras qui constituent la première représentation figurée certaine de ce mécanisme : on y distingue parfaitement les bielles manœuvrées à bras, et les manivelles.

Par ailleurs, les techniciens se sont probablement très vite rendu compte qu'il existe deux points morts qui peuvent bloquer le système, de sorte qu'ils ont rapidement associé un volant d'inertie sur l'axe en rotation, volant constitué d'une roue ou de barres en équerre munies de maillets et qui constituent l'ancêtre du régulateur à boules.

Le système bielle-manivelle a permis l'apparition d'un mécanisme d'un genre nouveau, d'abord de petite taille avec les machines à pédales qui libèrent la main de l'ouvrier, comme le tour, la meule ou encore le rouet (1470). L'interdiction de ce dernier, longtemps inscrite dans les règlements de corporations montre combien cette innovation était pertinente parce que déstabilisante. Viendront ensuite des machines de plus grande taille actionnées par les roues des moulins, comme la scie hydraulique (Francesco di Giorgio Martini), la pompe aspirante et foulante (XVIe siècle) ou encore le marteau hydraulique qui permet de forger des pièces de grande dimension.

I.2. Fonctionnement et description du système

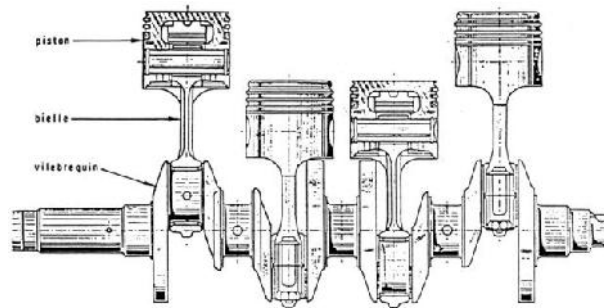


Figure I.1 : Système de bielle manivelle

Le système mécanique est destiné à transformer le mouvement de rotation continu en un mouvement de translation périodique sinusoïdale et réciproquement.

Le système se compose de :

I.2.1. Une bielle

En mécanique, une bielle est une pièce dotée de deux articulations, une à chaque extrémité, dans le but de transmettre une force, un mouvement ou une position. L'articulation à chaque extrémité de la bielle peut être un pivot ou une rotule.

Son utilisation la plus connue est dans le système bielle-manivelle où, associée à une manivelle, on obtient la transformation d'un mouvement de rotation continu en un mouvement alternatif de rotation ou de translation, et réciproquement. Certains moteurs (comme les moteurs en V) utilisent des bielles complexes, en associant deux pistons à un seul maneton de vilebrequin.

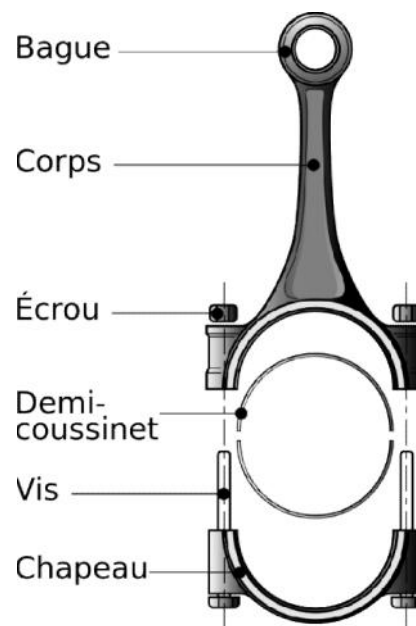


Figure I.2 : Anatomie d'une bielle automobile

Elle est composée :

- D'une tête reliée au vilebrequin
- D'un pied relié à l'axe du piston,
- D'un corps qui relie la tête et le pied
- Ainsi que de coussinets ou de roulements situés dans la tête et le pied pour réduire les frottements et faciliter le mouvement rotatif.

➤ *Les types de bielle*

- *Bielles monoblocs :*



Figure I.3 : Bielles monoblocs

Bielle qui est d'une seule pièce, nécessite l'utilisation d'un vilebrequin démontable.

- *Bielles assemblées :*

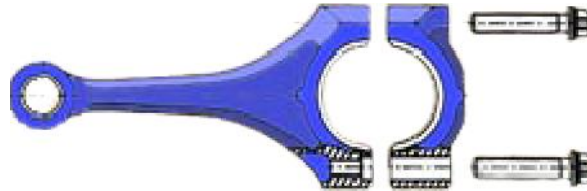


Figure I.4 : Bielles assemblées

La bielle est en deux parties, la tête dispose d'un "chapeau" qui sera maintenu par des vis et/ou boulons. Une bielle assemblée permet l'utilisation d'un vilebrequin monobloc et facilite les interventions sur les pièces en mouvements.

- *Bielles fendues :*

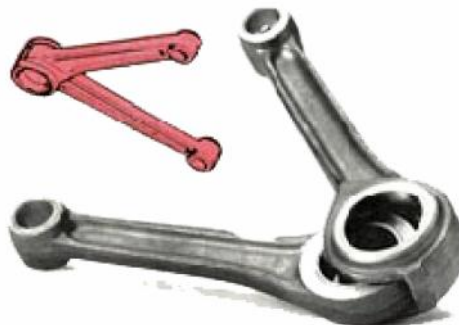


Figure I.5 : Bielles fendues

Méthode peu répandue, la bielle principale est fendue au niveau de la tête pour permettre à la bielle secondaire de s'accoupler au même maneton du vilebrequin.

➤ **Longueur de bielle**

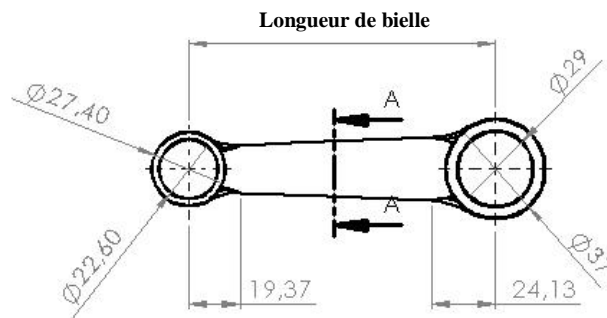


Figure I.6 : Longueur de bielle

La longueur de la bielle dépend de la course du piston (distance qu'il va parcourir sur une descente) et la distance entre l'axe du vilebrequin et le maneton ou la bielle s'accroche. En pratique un moteur avec des bielles longues favorise le couple, alors qu'un moteur à bielles courtes favorisera le régime de rotation (puissance)

➤ **Contraintes**

La composition, la longueur et la forme d'une bielle dépend des contraintes qu'elle va endurer.

Elle va subir des tractions, des compressions, de la flexion et aussi des contraintes thermiques : le pied, au niveau du piston, subi de très fortes températures alors que la tête se trouve lubrifiée et donc refroidie par le bain d'huile au niveau du vilebrequin. Pour supporter ces contraintes, la bielle est construite d'un matériau très résistant (même du titane en compétition), on pour la plupart un profil en I, et parfois une nervure qui renforce la tête et le pied.

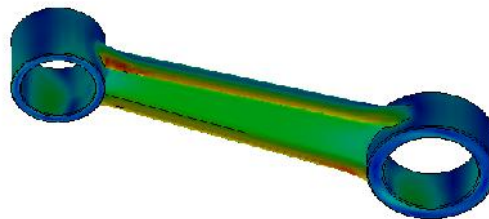


Figure I.7 : Distribution de contrainte sur la bielle

La différence de taille entre la tête et le pied est due principalement aux frottements qui sont beaucoup plus présents sur la liaison bielle/maneton du vilebrequin qu'au niveau bielle/axe du piston.

➤ **Liaisons**

- *Coussinet ou bague :*

La plus répandue est la méthode des deux demi-coussinets avec une bielle assemblée pour la tête et une bague pour le pied.



Figure I.8 : Liaisons

Si la bielle est monobloc il faudra alors utiliser une bague pour la tête et pour le pied. Le matériau utilisé doit avoir un faible coefficient de friction (réduire les frottements et faciliter le mouvement de rotation de la tête sur le maneton du vilebrequin). Il faut toutefois assurer une lubrification optimale des coussinets ou bagues.

- *Roulement à rouleaux ou aiguilles :*

Réduisent un peu plus les frottements que les bagues et nécessite moins de lubrification. Par contre ne peuvent être montés que sur les bielles monoblocs, ce qui impose le vilebrequin démontable.

Une technique couteuse qui n'est plus obligatoire grâce aux progrès de fabrication actuels.



Figure I.9 : Roulement à rouleaux

I.2.2. Une manivelle : généralement appelée vilebrequin

Le vilebrequin donne le mouvement rotatif nécessaire au moteur. Il est relié à la bielle (qui elle-même est reliée au piston) qui lui transmet un mouvement alternatif. C'est donc le vilebrequin qui va entraîner tous les éléments du moteur qui ont besoin d'un mouvement rotatif comme :

- la transmission primaire (chaîne de distribution ou cascade de pignon ou courroie, arbre à cames...)
- les pompes (à eau; à huile)
- l'alternateur
- éventuellement les contre-arbres d'équilibrage.

➤ **Composition d'un vilebrequin**

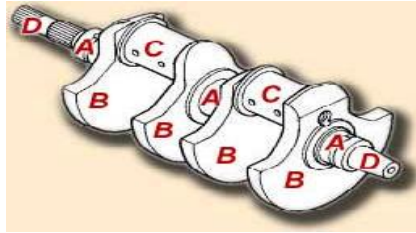


Figure I.10 : Composition d'un vilebrequin

Le vilebrequin est composé de :

- a) les portées : axe de rotation qui repose sur les paliers du carter moteur.
- b) les masses : assure la liaison entre les portées et les manetons, permettent au vilebrequin de passer les temps morts (sans "explosion") du moteur grâce à son inertie.
- c) les manetons : liés aux têtes de bielles
- d) les queues de vilebrequin : c'est l'extrémité du vilebrequin, elle peut comporter des roues crantées qui entraîneront les autres éléments du moteur.

➤ **Les différents types de vilebrequin**

Le vilebrequin assemblé : Il y a deux possibilités, soit tous les éléments du vilebrequin sont fabriqués indépendamment et ensuite assemblés soit une masse et une portée ou un maneton peuvent être fabriqués d'une pièce et ensuite assemblés. Les assemblages se font généralement à la presse.

Avantage :

Utilisation de roulements (meilleure lubrification) et de bielles monoblocs.

Inconvénient :

Moins rigide et alignement moins précis qu'avec un vilebrequin monobloc.

le vilebrequin monobloc : En général ils sont réalisés par forgeage (l'usinage complet d'un vilebrequin restant excessivement cher).

Par contre l'utilisation d'un vilebrequin monobloc impose le montage de coussinets et de bielles assemblées.

➤ **L'équilibrage du vilebrequin**

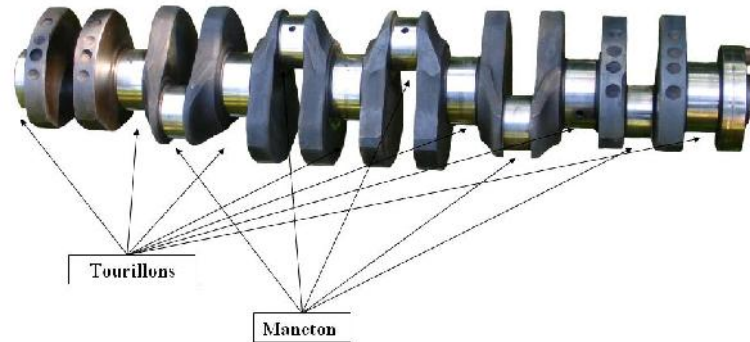


Figure I.11 : L'équilibrage du vilebrequin

Un vilebrequin doit être équilibré de façon statique et dynamique. C'est à dire : Equilibrage statique : quel que soit la position du vilebrequin sur son axe, il doit être au repos (immobile) l'idéale étant d'avoir un équilibrage avec un vilebrequin équipé des bielles, axes et pistons.

Equilibrage dynamique : 2 types de forces sont provoquées par les pièces en mouvement liées au vilebrequin : les forces centrifuges et les forces alternatives qui provoquent les vibrations.

Pour diminuer ces vibrations, on joue sur le poids et la forme des masses. Or il est très difficile voire impossible d'obtenir un équilibrage parfait, on fait donc appel à des contre-arbres d'équilibrage (en bleu sur le dessin) qui annuleront tout ou partie des vibrations.

I.2.3. Un coulisseau : généralement appelé Piston ou Oscillateur



Figure I.12 : Un coulisseau

Pièce cylindrique mobile, qui sert à comprimer les gaz en vue d'une explosion, et qui après l'explosion transforme une énergie thermique en énergie mécanique.

Outre ces deux rôles primordiaux, le piston a d'autres rôles tout aussi important pour le bon fonctionnement du moteur :

* Il va aspirer le mélange de gaz dans la chambre de combustion lors de sa descente.

- * Il va expulser les gaz brûlés lors de sa remontée.
- * Il doit évacuer la chaleur créée par les explosions répétées.
- * Il doit assurer l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter du vilebrequin rempli d'huile.
- * Il doit résister à la très forte chaleur et aux contraintes mécaniques.
- * Et enfin, il doit être le plus léger possible pour diminuer les masses en mouvement. (Plus le piston est léger, plus l'explosion servira à faire avancer la moto plutôt qu'à déplacer le piston. Il est évident de même pour toutes les pièces mobiles du moteur).

➤ *La tête du piston*

Le dessus de la tête de piston assure la partie compression/évacuation des gaz. Sa forme est liée à celle de la chambre de combustion.

Il existe plusieurs formes de tête de piston :

- 1) Têtes plates: Très présent en 2T, de plus en plus rare dans les moteurs 4T.
- 2) Têtes convexes: Avec des empreintes "en regard" des soupapes (en face des soupapes) :

* La partie convexe permet d'avoir des chambres de combustion plus performantes (meilleure inflammation des gaz, évacuation plus facile et rapide, meilleur refroidissement de la bougie, etc...) et des compressions plus élevées.

* Les empreintes légèrement plus grandes que le diamètre des têtes de soupapes évite au piston et aux soupapes de se toucher (ce qui pourrait être le cas lors d'un affolement de soupape ou d'un léger dérèglement de la distribution).

- 3) Têtes dites "héron": La chambre de combustion a été creusée dans la tête du piston.

- 4) Têtes à formes plus complexes:

Pour supporter les explosions:

* Les têtes de piston subissent de plus en plus souvent des traitements de surface afin de les renforcer (graphite, nickel, ou même céramique).

* L'étanchéité entre les gaz et l'huile est assurée par les segments.

* L'évacuation de la chaleur peut être améliorée par les renforts ou nervures que l'on trouve sur le "verso" de la tête de piston. En effet leur présence augmente la surface d'échange thermique comme les ailettes d'un moteur refroidit par air. La température de fonctionnement d'une tête de piston est de 200 à 370°C suivant le type de moteur.

Aujourd'hui de plus en plus de constructeur améliore le refroidissement par un système de projection de gouttelettes d'huile sur le fond de la tête du piston.

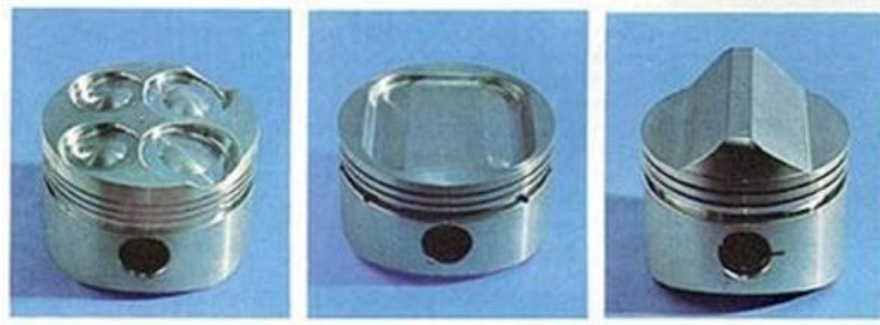


Figure I.13 : Plusieurs formes de tête de piston

➤ *Les segments*

Ce sont des anneaux "élastiques" ouverts qui se logent dans des rainures faites dans la tête du piston.

Sur un moteur 4T on trouve en général 3 segments (certains moteurs en compétition n'en ont que 2).

Ils assurent l'étanchéité entre la chambre de combustion (les gaz) et le carter d'huile du vilebrequin

Il sont utilisé aussi pour l'évacuation de la chaleur vers le cylindre.



Figure I.14 : Les segments

- **Le segment de feu** : C'est le segment en contact avec les gaz. Lors de l'explosion, il est plaqué contre le piston (dans sa rainure) et contre le cylindre, ce qui assure quasiment toute l'étanchéité.



Figure I.15 : Le segment de feu

- **Le segment d'étanchéité** : Il assure l'étanchéité total des gaz en arrêtant ceux qui seraient passés par l'ouverture du segment de feu



Figure I.16 : Le segment d'étanchéité

- **Le segment racleur** : (Que sur les 4T) Il assure l'étanchéité côté huile, il doit "racler" l'huile des parois du cylindre et la rejeter dans le carter d'huile du vilebrequin.



Figure I.17 : Le segment racleur

➤ *La jupe du piston*

La jupe du piston commence après le dernier segment et sert au guidage du piston dans le cylindre.

*Soit la jupe est complète.

*Soit la jupe est réduite ressemblant plus à une paire de "patin" assurant toujours le guidage contre le cylindre.

En effet, les constructeurs essaient de réduire le poids du piston et les frottements de la jupe sur le cylindre afin d'améliorer les performances du moteur à haut régime. L'état de surface de la jupe est importante pour assurer une bonne lubrification, parfois un traitement de surface peut être appliqué sur le piston ou uniquement sur la jupe, qui prendrons alors une coloration gris foncé voir noir.

➤ *L'axe du piston*



Figure I.18: L'axe du piston

Permet de relier le piston à la bielle. Il va encaisser de grand effort mécanique, en effet c'est lui qui va transmettre l'énergie de l'explosion à la bielle.

Il faut donc qu'il soit assez résistant de par sa taille et de par les matériaux utilisés pour sa fabrication tout en le faisant le plus léger possible (donc creux en général).

Chapitre II :

Sollicitations mécanique sur la bielle

II. Sollicitations mécanique sur la bielle

II.1 La fonction de la bielle

La fonction de la bielle est de traduire le mouvement transversal au mouvement de rotation. Il s'agit d'une partie du moteur, qui est soumis à des millions de chargements cycliques répétés.

Il devrait être assez solide pour rester rigide sous le chargement, mais aussi être suffisamment léger pour réduire les forces d'inertie qui sont produites lorsque la tige de piston et arrêt, les orientations du changement et recommence à la fin de chaque course.

II.2 Les sollicitations exercées sur le corps de bielle

Dans l'ordre de calcul des contraintes sur une bielle on distingue trois parties, parce que la nature des forces exercée sur les différentes parties de bielle est différente.

II.2.1 La force exercée sur le pied de bielle

La force totale exercée sur le pied de bielle est donnée par la relation suivante :

$$F_{com} = F_g + F_i = (P_g + P_a)A_p - (m_p + m_b)R\omega^2(\cos\alpha + \delta\cos 2\alpha) \quad (II.1)$$

Où :

F_g : Force résultante par la pression des gaz.

F_i : Force d'inertie.

P_g : Pression des gaz.

P_a : Pression atmosphérique.

A_p : Surface de piston.

m_p : La masse de piston et axe piston.

m_b : La masse du pied de bielle.

R : rayon de vilebrequin.

ω : La vitesse de rotation.

δ : l'angle de rotation.

II.2.2 La force exercée sur le corps de bielle

La force totale exercée sur le corps de bielle est donnée par la relation suivante :

$$F_{com} = F_g + F_i = (P_g + P_a)A_p - (m_p + m_{crp})R\omega^2(\cos\alpha + \delta\cos 2\alpha) \quad (II.2)$$

Où :

m_{crp} : La masse du corps de bielle.

II.2.3 La force exercée sur la tête de bielle

La force de pression de compression n'a pas d'effet sur la manivelle fin, mais elle est affectée par la force d'inertie.

$$F_{t.i} = \frac{3F_{jrmax}}{i_b}$$

i_b : Le nombre des paliers de vilebrequin.

F_{jrmax} : La force d'inertie maximale.

$$F_{jr} = -\omega^2 R m_{CP} (\cos\alpha + \cos 2\alpha) \quad (II.3)$$

$$m_{GP} = m_p + m_a + m_c + m_{pied}$$

m_p : masse de piston.

m_a : masse de l'axe piston.

m_c : masse des segments et circlipce.

m_{pied} : masse de pied de bielle.

II.3 Equation d'équilibre de bielle

Pour déterminer la masse totale de la bielle, nous proposons une méthode différente (Figure2), qui peut donner des résultats plus précis avec un seul modèle au lieu de deux: la bielle est divisée en trois parties ; les deux extrémités et la partie centrale. La partie centrale reste telle qu'elle est, une tige à section variable linéaire et les extrémités sont modélisées par deux de masse

La masse de la bielle est répartie de chaque côté du centre de gravité. Une partie est comptée comme masse rotative et l'autre comme alternative

La partie rotative n'est pas juste la partie située sous le centre de gravité. Ce serait le cas si chaque point de la bielle avait le même mouvement : bielle entre 2 vilebrequins.

Dans ce cas les accélérations centrifuges de chaque point seraient identiques, donc la partie "portée" par la tête serait la partie en dessous du CDG.

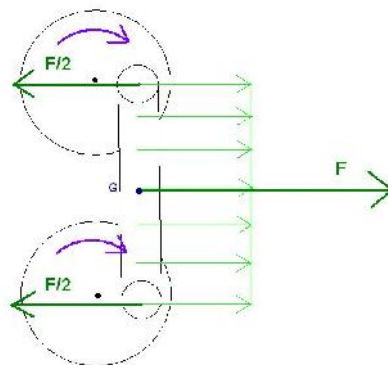


Figure II.1 : Méthode de calcul de masse de bielle 1

Seulement le pied de bielle n'effectue aucun mouvement horizontal. Il n'a donc aucune accélération horizontale.

Si la bielle est de section uniforme, la force centrifuge est répartie de manière triangulaire. La force résultante est dans ce cas appliquée aux $2/3$ de la bielle. C'est un peu plus compliqué mais, si la bielle est de géométrie uniforme, ça reste calculable : $2/3$ de la masse est rotative.

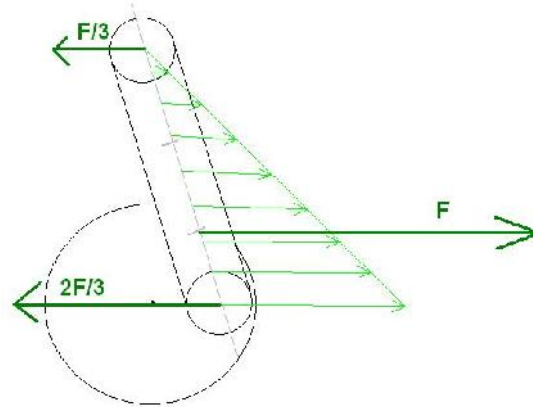


Figure II.2 : Méthode de calcul de masse de bielle 2

Seulement la bielle a une géométrie et une répartition de masse "zarb", donc la répartition de force centrifuge est aussi zarb. Donc dans ce cas, comment savoir la proportion rotative ? Ça revient à faire un PFS sur une poutre soumise à une répartition de force pas uniforme, et pas de forme simple.

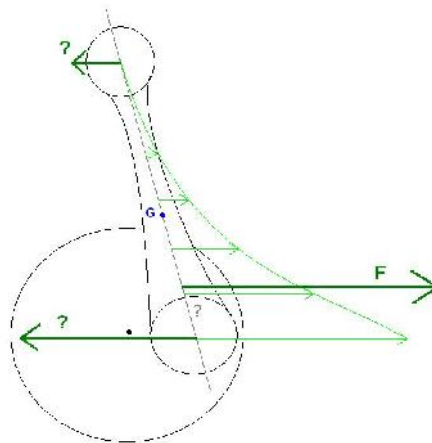


Figure II.3: Méthode de calcul de masse de bielle 3

Pour remédier au problème, je pense discrétiser la bielle en blocs simples, chacun de masse connue ($V \times M_{vol}$ de l'alu) et pouvoir ainsi ramener la répartition de forces zarb à quelques forces connues avec des bras de levier connus. Vu que la bielle d'origine a une section constante sur une grande longueur, et que la différence

de masse entre le pied et la tête est assez faible, je pense que je ne devrais pas trouver beaucoup plus de 2/3 de masse rotative.

L'équilibrage du vile est certes un compromis, mais ce n'est pas une raison pour faire du grosso-modo à 50% d'erreur ; si c'est comme ça ce n'est pas la peine de faire des calculs. N'oubliez pas qu'en origine on a des carters d'origine pas renforcés et que leur casse n'est pas rarissime ; donc si on pouvait connaître assez précisément les forces que le carter subit suivant chaque axe, et éventuellement agir dessus, ce serait bien pratique.

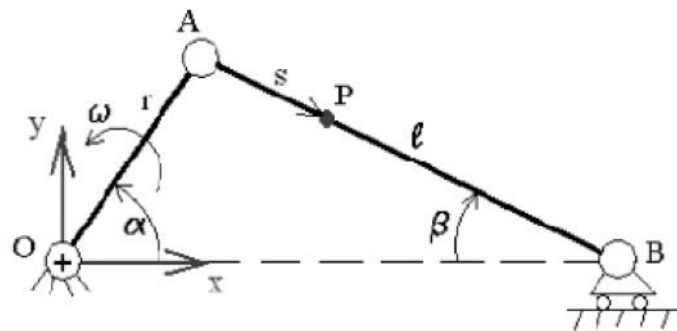


Figure II.4 :une model global d'un system.

(La figure II.4) représente une model global d'un system bielle manivelle. A partir de cette figure on peut déterminée la position et les vitesses et l'accélération de n'importe quel point sur toute la longueur de bielle.

$$\begin{cases} X_p = r \cos (\alpha + s \cos \beta \\ Y_p = r \sin (\alpha - s \sin \beta \end{cases} \quad (II.4)$$

On sait que :

$$\cos \delta = \sqrt{1 - \delta \sin^2 \alpha}$$

$$Ou \quad \delta = \frac{r}{l}$$

Avec :

$$\dot{\alpha} = \omega = \dot{\theta} = \omega \cos t:$$

$$\begin{cases} \dot{X}_p = -\omega \frac{(r \sin \alpha + s \delta \sin 2\alpha)}{(2\sqrt{1 - \delta^2 \sin^2 \alpha})} \\ \dot{Y}_p = \omega (r - s \delta) \cos \alpha \end{cases} \quad (II.5)$$

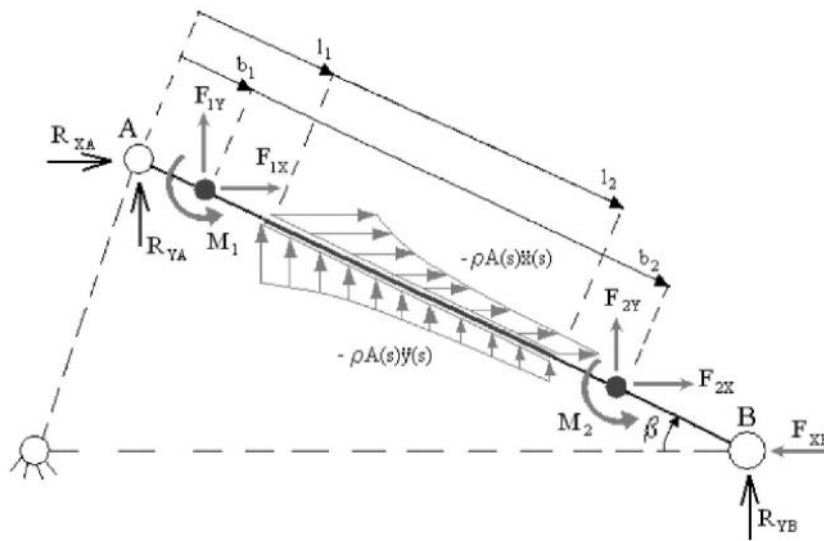


Figure II.5: Représentation des forces appliquées sur la bielle

Maintenant nous sommes besoin de déterminer la vitesse angulaire et l'accélération de la bielle :

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times (\vec{B} - \vec{A}) \quad (II.6)$$

$$= - \frac{\delta \omega \cos \alpha}{1 - \delta^2 \sin^2 \alpha}$$

$$\dot{\Omega} = \frac{(1 - \delta^2) \omega^2 \sin \alpha}{(1 - \delta^2 \sin^2 \alpha)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\begin{cases} \sum F_x = 0: R_{xA} + F_{1x} + F_{2x} - F_{xB} - \int_{l_1}^{l_2} (\rho A(s) \ddot{x}(s)) ds = 0 \\ \sum F_y = 0: R_{yA} + F_{1y} + F_{2y} - F_{yB} - \int_{l_1}^{l_2} (\rho A(s) \ddot{y}(s)) ds = 0 \end{cases} \quad (II.7)$$

$M_A = 0$:

$$(F_{1y} b_1 + F_{2y} b_2 + R_{yB} l - \int_{l_1}^{l_2} \rho A \ddot{x} ds) \cos \beta + M_1 + M_2 + (F_{1x} b_1 + F_{2x} b_2 + R_{xB} - l_1 l_2 \rho A y \sin \beta) = 0$$

Posons:

$$I_1 = \int_{l_1}^{l_2} (\rho A(s) \ddot{x}) A s ds \quad I_2 = \int_{l_1}^{l_2} (\rho A(s) \ddot{y}) s ds$$

$$I_3 = \int_{l_1}^{l_2} (\rho A(s) \ddot{y}) A s ds \quad I_4 = \int_{l_1}^{l_2} (\rho A(s) \ddot{x}) s ds$$

$$\begin{cases} R_{xA} = I_1 - F_{1x} - F_{2x} + F_{xB} \\ R_{yA} = I_2 - F_{1y} - F_{2y} + F_{yB} \\ R_{yB} = I_2 - F_{1y} - F_{2y} + F_{yB} \frac{1}{l} \left[\frac{M_1 + M_2}{\cos \beta} - (F_{1x} b_1 + F_{2x} b_2 - F_{xB} l) \tan \beta + l_1 - F_{1y} b_1 - F_{2y} b_2 \right] \end{cases} \quad (II.8)$$

Chapitre III :
Modélisation géométrique et
numérique de système « Bielle-
Manivelle »

III. Modélisation géométrique et numérique de système « Bielle-Manivelle »

Dans cette chapitre, nous utilisons le logiciel « SolidWorks v.2012 », pour modéliser géométrique, cinématique et dynamique de système « Bielle-Manivelle » avec une étude de comportement de la bielle sous l'effet de des forces exercés sur lui dans le système « Bielle-Manivelle ». Ces logiciel est un modeleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

III.1. Modélisation géométrique

III.1.1. Les dimensions de la bielle

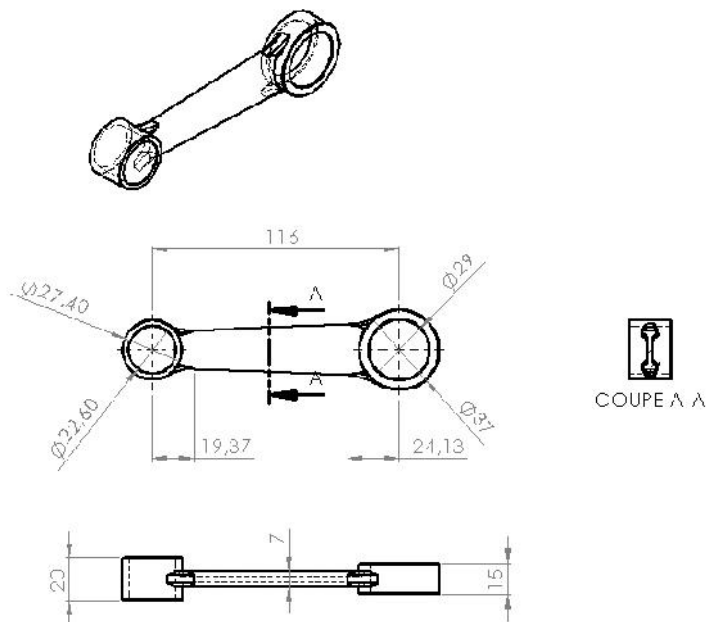


Figure III.1 Dimensions de la bielle

III.1.2. Modèle 3D de la Bielle

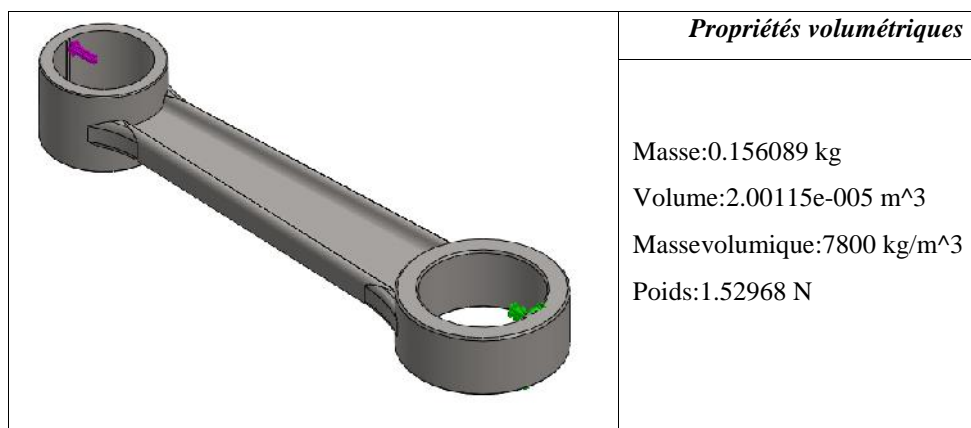


Figure III.2 Modèle 3D de la bielle

III.1.3. Propriétés du matériau de la Bielle

Table III.1 Propriétés du matériau

Nom:	1.6587 (18CrNiMo7-6)
Type de modèle:	Linéaireélastiqueisotropique
Critère de ruine par défaut:	Contrainte de von Mises max.
Limited'élasticité:	7.85594e+008 N/m^2
Limite de traction:	1.10083e+009 N/m^2
Module d'élasticité:	2.1e+011 N/m^2
Coefficient de Poisson:	0.28
Masse volumique:	7800 kg/m^3
Module de cisaillement:	7.9e+010 N/m^2
Coefficient de dilatation thermique:	1.1e-005 /Kelvin

III.2. Simulation de la bielle sous traction

III.2.1. Les conditions aux limites:

➤ *La fixation de pied de la bielle*

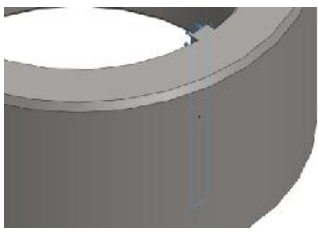
Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixe		Entités:	1 face(s)	
		Type:	Géométrie fixe	
Forces résultantes				
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	17984.2	1.83366	-3.10233	17984.2
Moment de réaction(N-m)	0	0	0	0

Figure III. 3 Fixation de la bielle

➤ *Chargement sur la tête de la bielle*

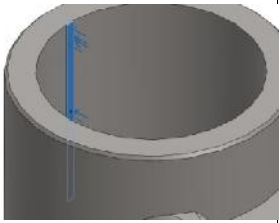
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement		
Force		Entités:	1 face(s)	
		Type:	Force normale	
		Valeur:	18000 N	

Figure III.4 Chargement sur la bielle

III.2.2. Le maillage

Table III.2 Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	1.85672 mm
Tolérance	0.0928359 mm
Nombre total de noeuds	40882
Nombre total d'éléments	24545
Aspect ratio maximum	12.889
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	96.7
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0.273
% d'éléments distordus (Jacobian)	0
Durée de création du maillage (hh;mm;ss):	00:00:11

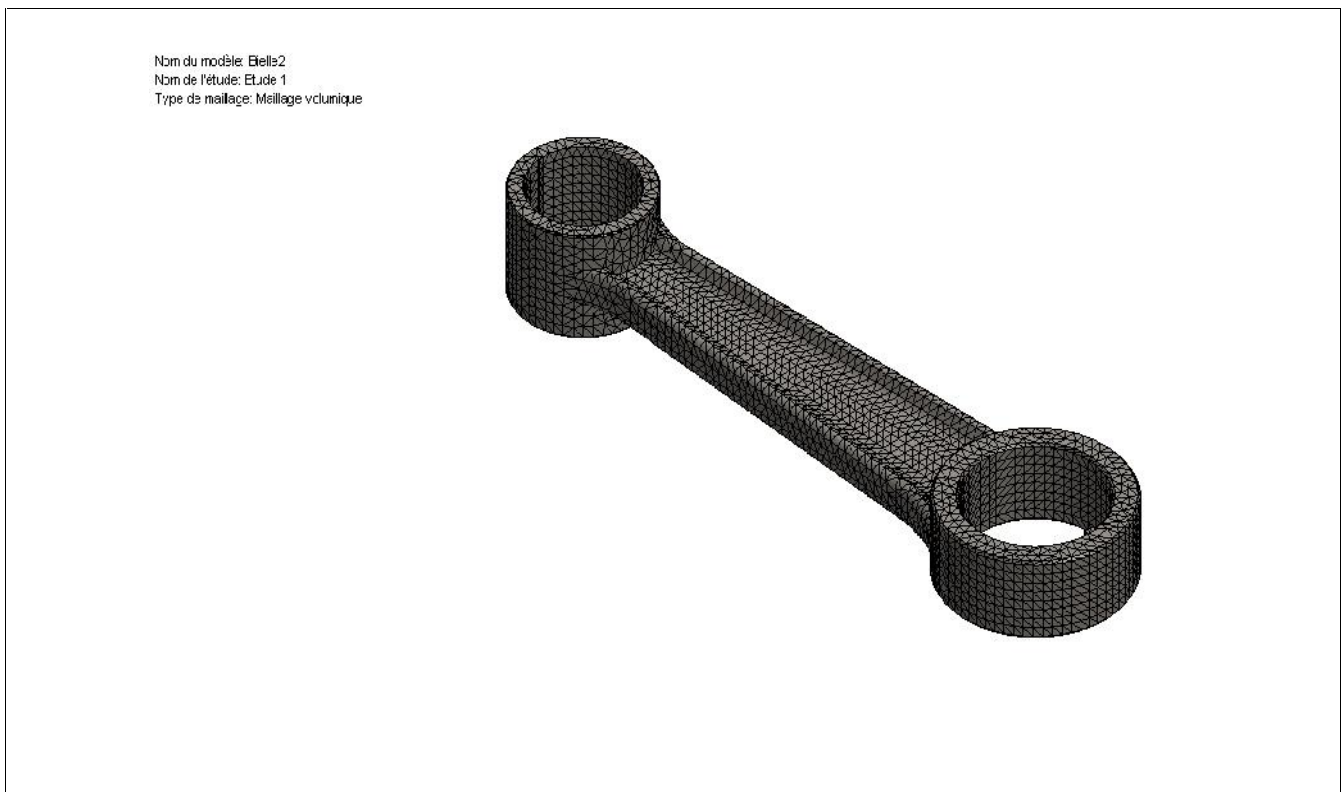


Figure III.5 Bielle maillé

III.2.3.Résultats de l'étude

➤ *Contrainte de Von Mises*

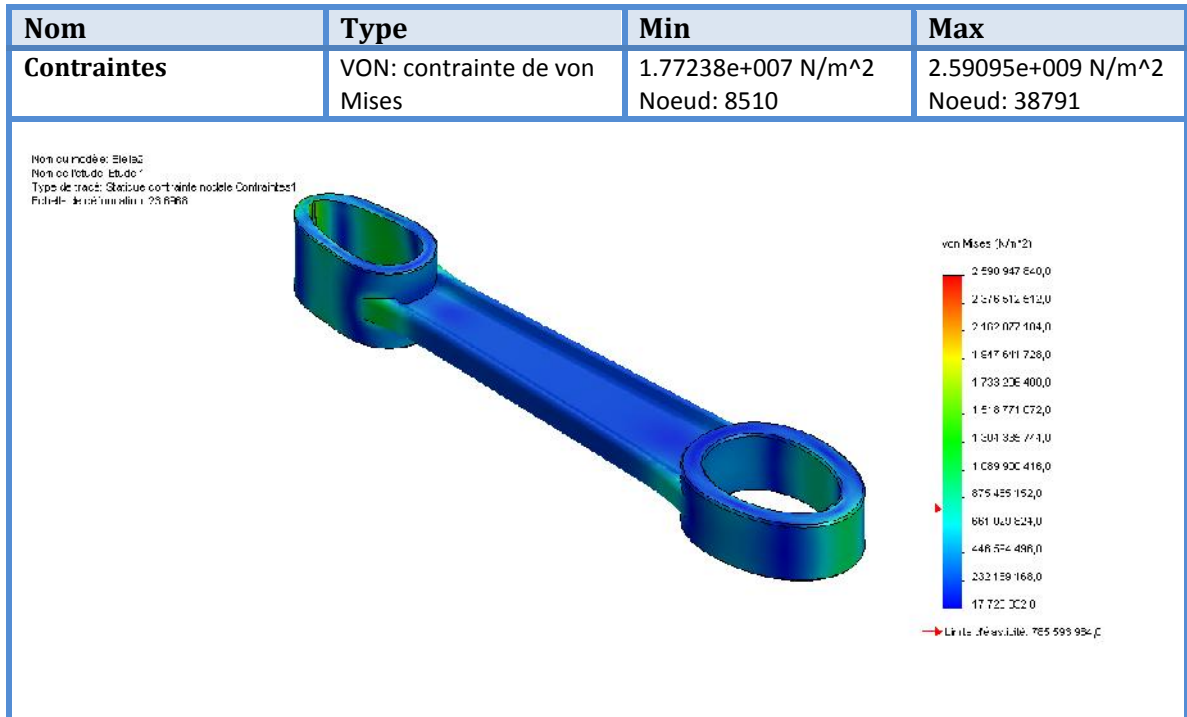


Figure III.6 Contrainte de Von Mises

➤ *Déplacement résultant*

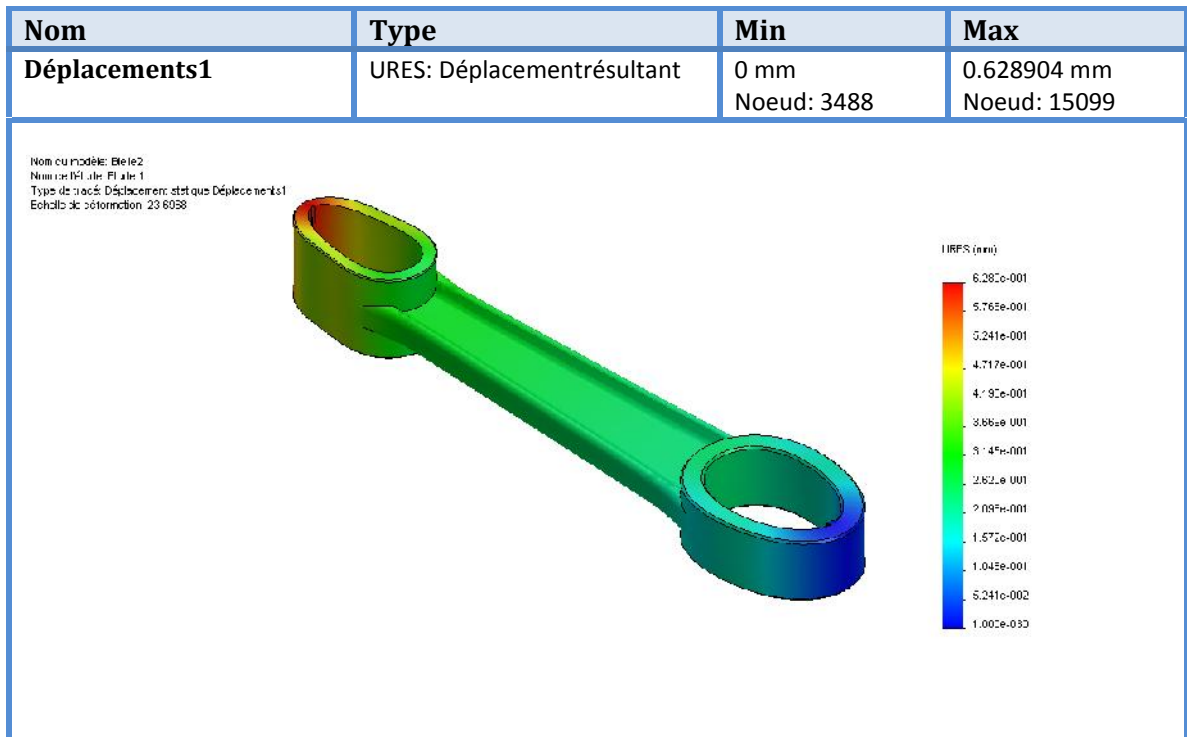


Figure III.7 Déplacement sur la longueur de la bielle

➤ *Déformation équivalente*

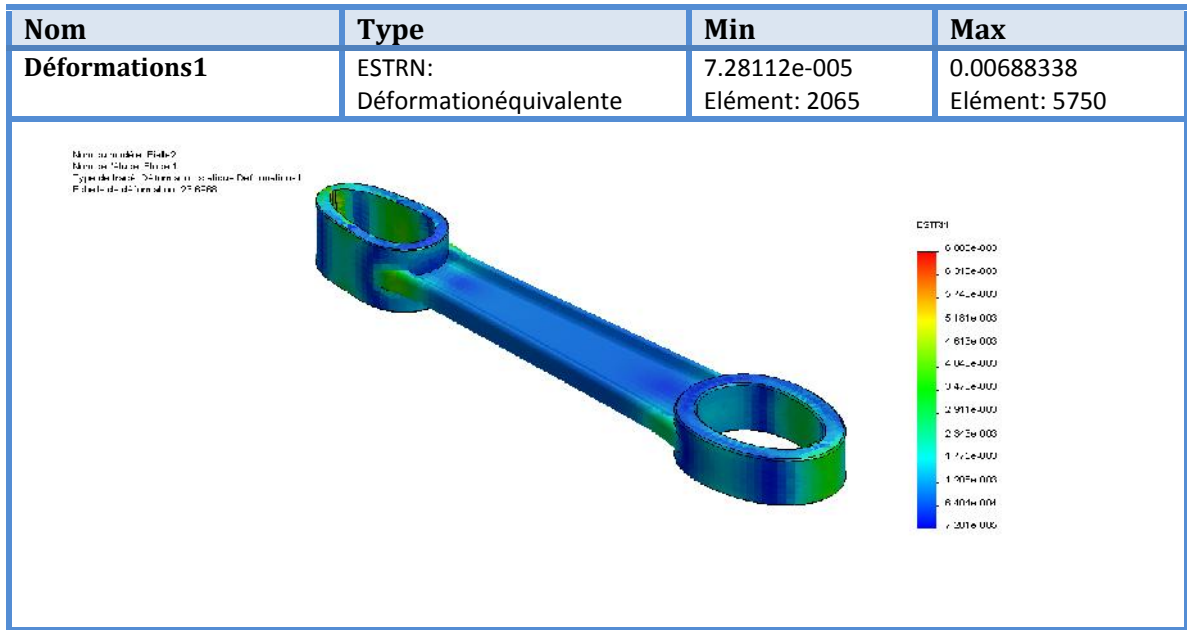


Figure III.8 Evolution de la déformation

III.3. Etude cinématique de système « Bielle-Manivelle » par SolidWorks

III.3.1. L'assemblage de système

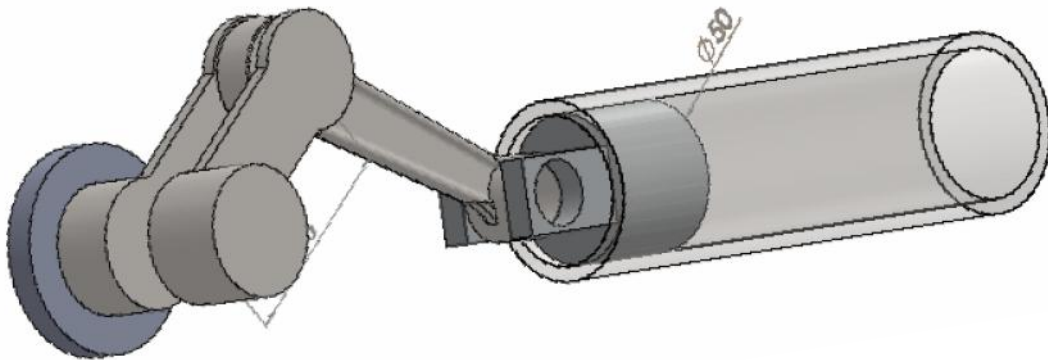


Figure III.9 L'assemblage du système « Bielle-Manivelle » enSolidWorks

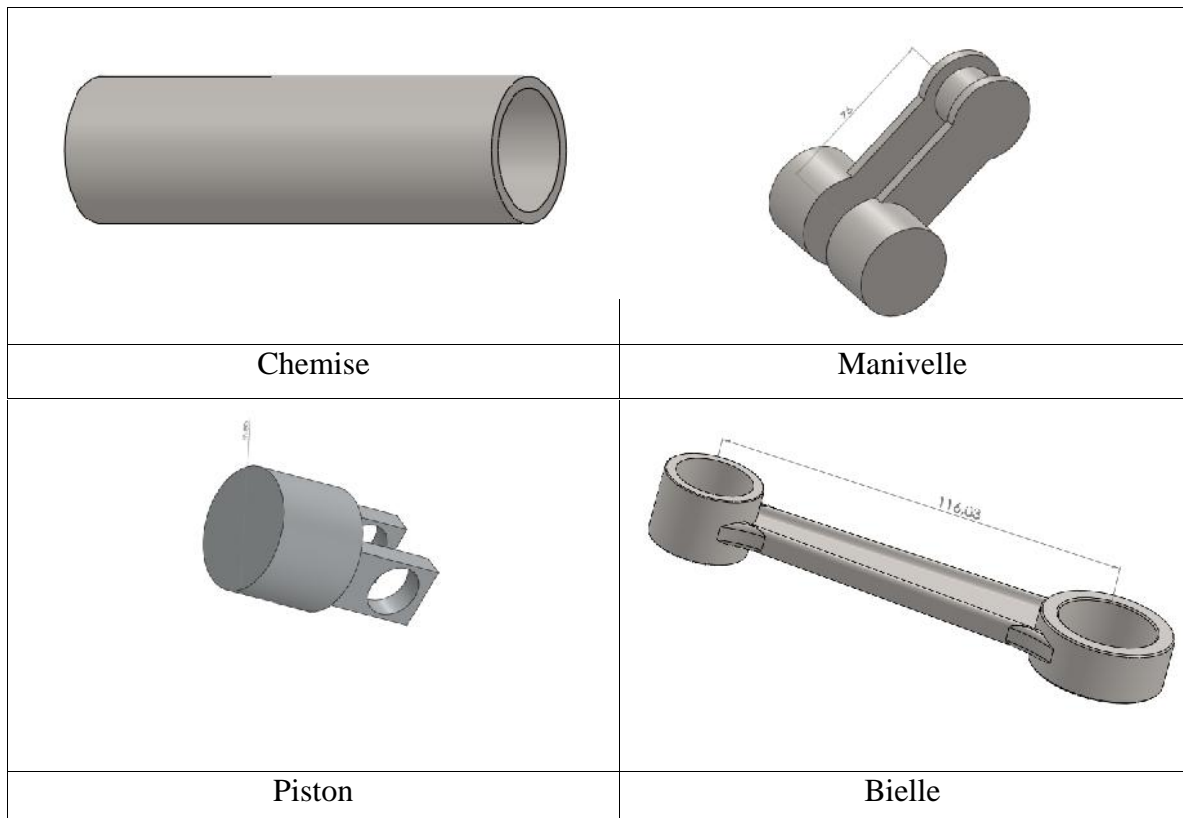


Figure III.10 Différent pièces du système « Bielle-Manivelle » enSolidWorks

III.3.2. Etude cinématique

Dans cette partie, nous étudions cinématiquement le système « Bielle-Manivelle » à l'aide de SolidWorks. Nous appliquons une vitesse de rotation sur la manivelle, et nous calculons le déplacement, la vitesse et l'accélération du Piston.

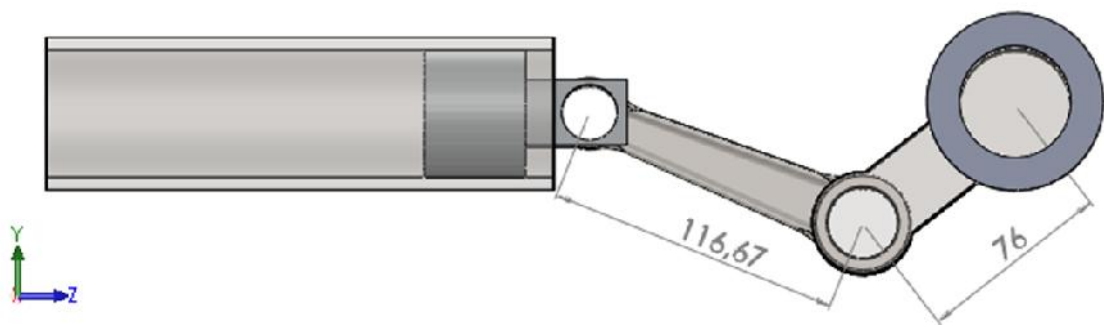


Figure III.11 Système « Bielle-Manivelle » enSolidWorks

➤ **Donnés :**

Vitesse de rotation de la manivelle $V_m=100$ tr/min.

➤ **Sortie**

• **Le déplacement de Piston**

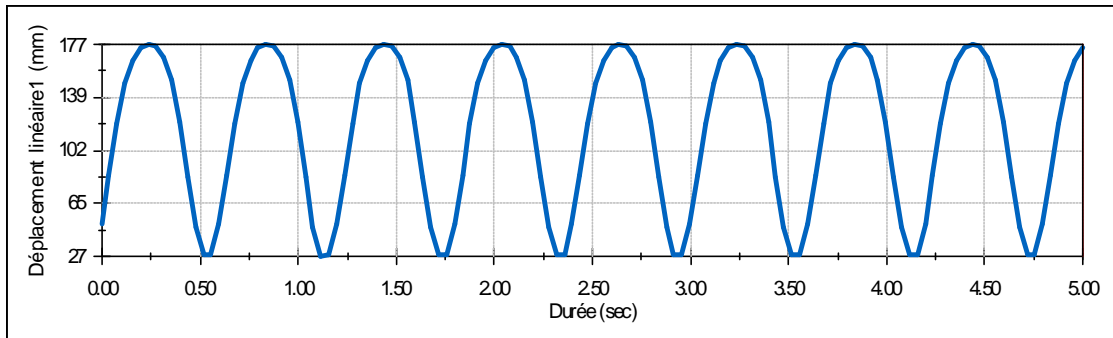


Figure III.12 Le déplacement de Piston

• **La vitesse de Piston**

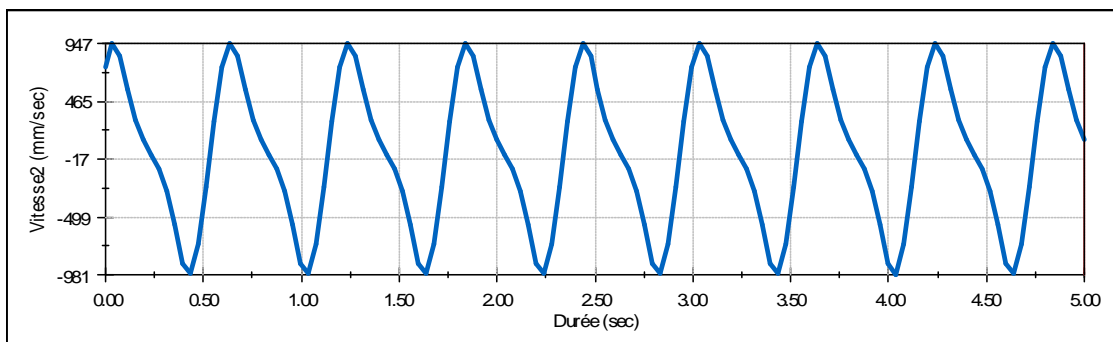


Figure III.13 La vitesse de Piston

• **L'accélération de Piston**

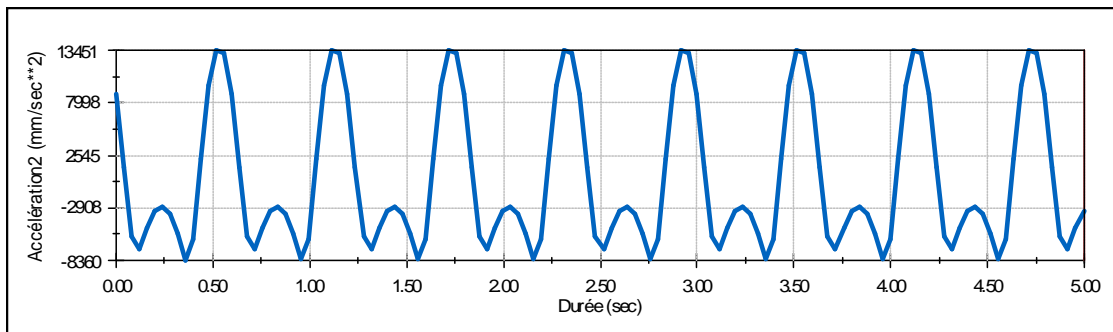


Figure III.14 L'accélération de Piston

• **La force de réaction sur Pied de Bielle**

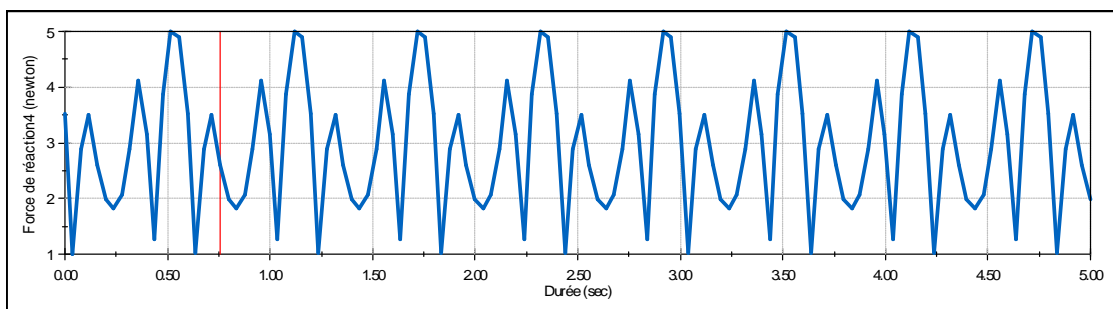


Figure III.15 La force de réaction sur Pied de Bielle

• La force de réaction sur la tête de Bielle

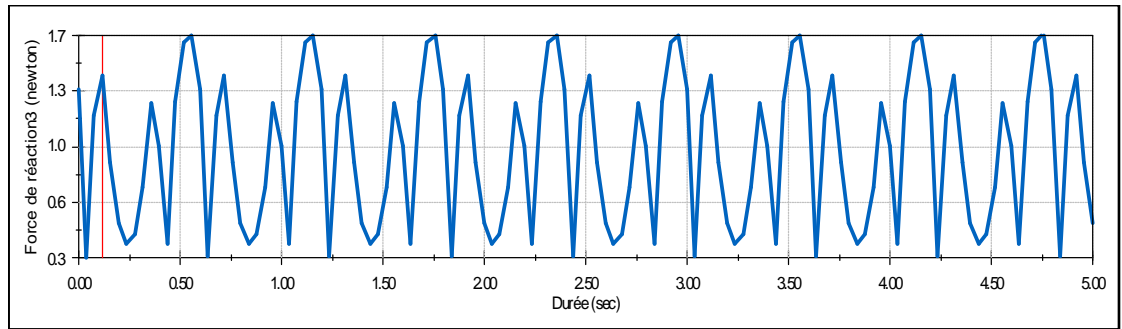


Figure III.16 La force de réaction sur la tête de Bielle

III.3.3. Etude dynamique

Dans cette partie, nous voyons le comportement dynamique de la bielle sous l'effet des forces de réactions dans le système « Bielle-Manivelle ».

➤ Les résultats

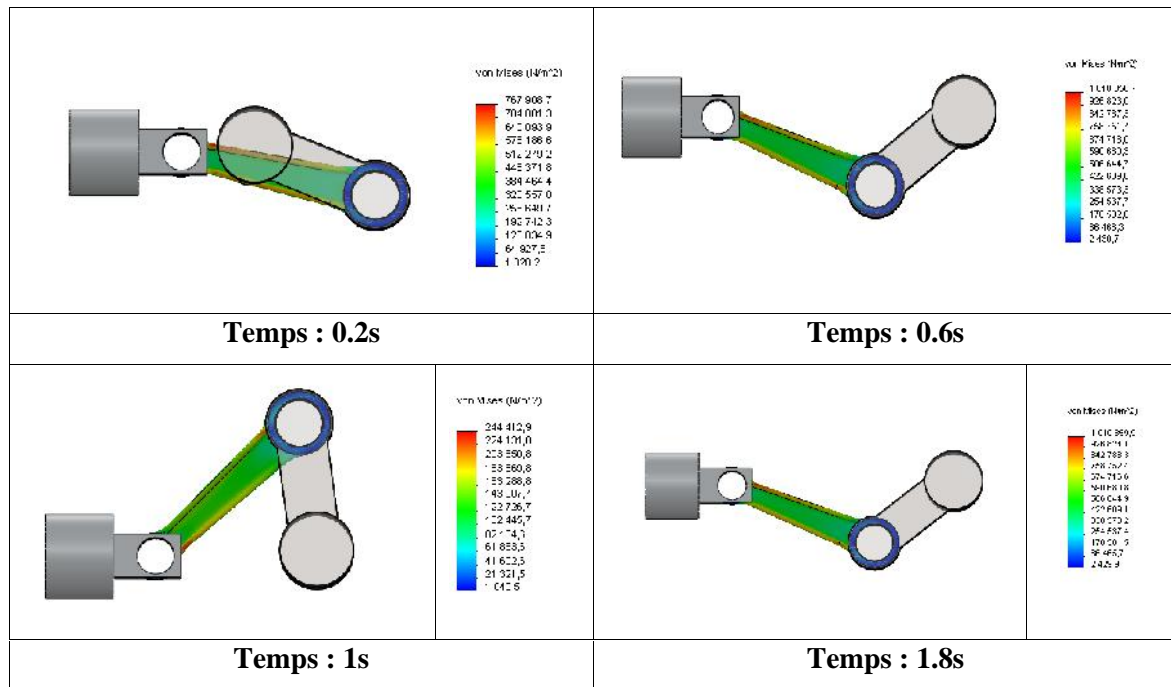


Figure III.17 Contraint de Von Mises dans quelques instants

Conclusion générale

Les bielles sont des organes de plusieurs machines qui supportent des sollicitations mécaniques et thermiques importantes. Notre approche consiste à modéliser le comportement mécanique de la bielle dont le but est de montrer les différents états de contraintes et de déformations qui sont responsables des différentes dégradations. Pour exécuter cet objectif, nous avons réalisé un modèle géométrique de la bielle et un assemblage de le système « Bielle-Manivelle » sous un logiciel de modélisation « SolidWorks ».

En premier lieu, on présente le comportement mécanique de la bielle où on applique une force de traction et montrer les différents états de contraintes et de déformations.

Après avoir une étude cinématique et dynamique de système « Bielle-Manivelle » où nous avons appliqué une vitesse de rotation sur la manivelle et montre le déplacement, la vitesse et l'accélération du piston. Avec une représentation des forces de réaction sur la tête et le pied de la bielle.

Enfin, nous avons représenté l'état de contraintes sur la bielle dans quelques instants de l'étude cinématique, c.-à-d. l'effet des forces de réaction sur la bielle.

Références Bibliographie

- [1]. LOTHAR ALBANO-MÜLLER TECHNIQUE DE L'INGENIER. Exemple de la fabrication des bielles.
- [2]. MICHEL FILLON L'UNIVERSITE DE POITIERS, Étude des performances thermoélastohydro-dynamiques de paliers soumis à des conditions sévères, 2003.
- [3]. AVEL BRABEC, JOSEF BOŽEK UNIVERSITY OF LIBEREC. Influence of the piston pin stiffness on the deformation of the piston skirt.
- [4]. ITTERBEEK R., Bureau d'Etudes Mécaniques - Annexe 1 : bielle – manivelle, 2010
- [5]. TutorialSolidWorks

Résumé

La présente étude consiste à la modélisation du comportement mécanique avec une étude cinématique et dynamique de système « Bielle-Manivelle ». Ce système permet la transformation d'un mouvement rectiligne alternatif en mouvement circulaire continu et réciproquement mouvement circulaire continu en mouvement rectiligne alternatif. Le but de l'étude menée au cours de ce mémoire a donc été de développer, à partir d'un modèle existant, une modélisation qui tienne compte de chargements, comme les charge mécanique au même temps dans l'état où la bielle est en service. Le modèle géométrique, cinématique et dynamique sont réalisées sur SolidWorks (v.2012).

Mots-clés: la modélisation du comportement mécanique. étude cinématique et dynamique. Bielle-Manivelle. mouvement rectiligne alternatif. charge mécanique. la bielle est en service. Le modèle géométrique cinématique et dynamique. SolidWorks

الموضوع المطروح يمثل نمذجة السلوك الميكانيكي مع الدراسة الحركية والديناميكية. هذا النظام يسمح بتحويل حركة مستقيمة متناوبة الى حركة دائرية مستمرة و تبادل الحركة الدائرية المستمرة الى حركة مستقيمة متناوبة. والهدف من دراسة الموضوع المطروح في هذه المذكرة هو التطوير انطلاقا من النمذجة. وهو النموذج الذي يأخذ بعين الاعتبار الشحن مثل الشحن الميكانيكي وفي نفس الوقت في حالة يكون فيها قضيب الربط في خدمة. النموذج الهندسي والحركي و الديناميكي يتم تمثيله عن طريق برنامج السوليدوركس.

الكلمات المفتاحية: السلوك الميكانيكي , الدراسة الحركية والديناميكية , حركة مستقيمة متناوبة , الشحن الميكانيكي , قضيب الربط , النموذج الهندسي والحركي و الديناميكي , السوليدوركس