

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : BAHBAH Rafik

Sujet

**RETRO-CONCEPTION, SIMULATION ET ETUDE STATIQUE D'UN
CHARIOT LEVE-CHARGE MANUEL, PAR UN LOGICIEL DE CAO -
SOLIDWORKS-**

Soutenu publiquement, le 26 / 09 / 2023, devant le jury composé de :

Mer Hamza Chérif Sidi Mohammed	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mer Mangouchi Ahmed	MAA	Université de Tlemcen	Examineur
Mme Cheikh Nassima	MAA	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciements

Je tiens avant tout à remercier Dieu de m'avoir guidé et fortifié au cours de mes études et Surtout dans mon projet.

Ce mémoire a été supervisé par Madame Cheikh Nassima, Maitresse assistante à l'Université Abou Bakr Belkaid. Ce fut un grand honneur de travailler avec elle, ses Conseils ont été d'une grande aide. Je lui exprime mes reconnaissances et mes sincères Remerciements. Sur la même note, je tiens également à exprimer ma gratitude et mes grands Remerciements à Monsieur Cheikh Abdelmadjid, Professeur à l'Université Abou Bakr Belkaid de Jlemcen et directeur du labo de recherche, ainsi que tous ses membres. Je remercie également Monsieur Hamza Chérif Sidi Mohammed, Professeur à l'Université Abou Bakr Belkaid de Jlemcen, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury. Sans oublier Monsieur Mangouchi Ahmed Maître - Assistant à l'Université Abou Bakr Belkaid que je remercie vivement pour avoir pris la peine d'examiner mon modeste travail. Un grand merci à mes professeurs qui m'ont beaucoup appris et contribué à ce projet de Fin d'étude. Ce fut un honneur de travailler avec eux.

Enfin, je tiens également à remercier tous ceux qui ont eu un rôle à jouer dans la Réalisation de ce travail.

Dédicaces

À la fin de mes études, je souhaite dédier ce travail :

À ma chère Mère et mon cher Père

À ma famille, mes frères et sœurs

À ma chère amie Imene Bouabdellah

Et enfin à tous ceux qui ont eu quelque chose à contribuer directement ou indirectement à ce travail.

Bahbah Rafik

Résumé

Le but de ce travail est de rétro concevoir un chariot de manutention, l'animer et le simuler en structure statique pour vérifier son comportement sous différentes conditions. Ce chariot est appelé diable pliant. Pour arriver à cet objectif, ce travail a été principalement divisé en trois parties. En premier lieu on conçoit les différentes pièces du lève charges - diable pliant – en utilisant le logiciel de CAO SolidWorks, pour passer ensuite à l'assemblage des diverses parties créées et aboutir au système final. Pour la partie animation, SolidWorks Motion sera utilisé pour démontrer le fonctionnement du diable pliant, avec ces deux systèmes d'ouverture rotative et prismatique.

Enfin une analyse de structure statique sera faite par la version Mechanical de la Plateforme Ansys Workbench du logiciel Ansys pour simuler, vérifier et prédire son comportement dans des conditions convergentes à la réalité selon diverses positions.

Mots Clefs: Diable pliant, CAO, SolidWorks, SolidWorks Motion, Ansys, Ansys Workbench, Ansys mechanical.

Abstract

The purpose of this work is to reverse engineer a handling cart, animate it, and simulate its static structure to verify its behavior under different conditions. This cart is called a folding hand truck. To achieve this objective, the work has been primarily divided into three parts. Firstly, the different parts of the load lifter - folding hand truck - are designed using the SolidWorks CAD software. Then, the various created parts are assembled to form the final system. For the animation part, SolidWorks Motion will be used to demonstrate the operation of the folding hand truck, including its two rotational and prismatic opening systems.

Finally, a static structure analysis will be performed using the Mechanical version of the Ansys Workbench platform in the Ansys software. This analysis will simulate, verify, and predict the behavior of the folding hand truck under realistic conditions in various positions.

Keywords: Folding Devil, CAD, SolidWorks, SolidWorks Motion, Ansys, Ansys Workbench, Ansys mechanical.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو إعادة تصميم وتحليل عربة نقل وتحميل، وتحريكها ومحاكاتها في هيكل ثابت للتحقق من

سلوكها تحت ظروف مختلفة. تسمى هذه العربة **Diable pliant**

لتحقيق هذا الهدف، تم تقسيم هذا العمل في المقام الأول إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:

أولاً، نصمم أجزاء مختلفة لعربة التحميل والتفريغ - عربة الطي - باستخدام برنامج تصميم وتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAO) **SolidWorks**، ثم نقوم بتجميع الأجزاء المختلفة التي تم إنشاؤها والوصول إلى النظام النهائي. ثانياً، بالنسبة للحريك سيتم استخدام **SolidWorks Motion** عرض عملية عمل عربة الطي مع نظامي الافتتاح الدوار والمستقيم .

وأخيراً، سيتم إجراء تحليل هيكل ثابت باستخدام إصدار من منصة **Ansys Mechanical** في برنامج

Ansys Workbench لمحاكاة والتحقق والتنبؤ بسلوكها في ظروف مقتربة من الواقع في مواقف متنوعة.

الكلمات المفتاحية:

Ansys ، **Ansys Workbench** ، **Ansys** ، **SolidWorks Motion** ، **SolidWorks** ، **CAO** ، **Diable pliant** ، **Mechanical**.

Table de matière

Table des matières

Résumé.....	5
Abstract.....	6
ملخص.....	7
Introduction générale.....	18
1. Introduction	21
2. Définition	21
3. Equipements de manutention	21
3.1. Chariots élévateurs	22
3.2. Transpalettes.....	22
3.3. Gerbeurs.....	23
3.4. Ponts roulants	23
3.5. Rolls	24
3.6. Palans	24
3.6.1. Palans manuels	24
3.6.2. Palans Electriques	25
3.7. Convoyeurs.....	25
4. Chariot de manutention	26
4.1. Type de chariots	26
4.1.1. Chariots à plateforme	26
4.1.2. Chariots à dossier	27
4.1.3. Chariots à benne basculante	27
4.1.4. Chariots à plateaux	28
4.1.5. Chariots à timon	29
4.1.6. Chariots pliables.....	29
5. Diabes pliants	30
5.1. Définition.....	30
5.2. Type de diable pliant	30
5.2.1. Diabes pliants à bouteilles.....	30
5.2.2. Diabes pliants à escaliers	31
5.2.3. Diabes pliants en acier	32
5.2.4. Diabes pliants en aluminium.....	32
5.2.5. Diabes pliants en plastique.....	33

5.2.6.	Diable pliant à bavette.....	33
5.2.7.	Diable pliant à plate-forme extra-large	34
6.	Conclusion	35
1.	Introduction	38
2.	Dessin Assisté par Ordinateur	38
2.1.	Définition.....	38
3.	Conception assistée par ordinateur	39
3.1.	Définition.....	39
3.2.	Industries impliquées dans les domaines de la CAO	40
3.2.1.	Industrie de l'ingénierie	40
3.2.2.	Industrie de la construction	40
3.2.3.	Industrie de l'architecture	40
3.2.4.	Industrie de la fabrication.....	40
3.2.5.	Industrie de la mode	40
3.3.	Outils de CAO	41
3.4.	Importance et objective de la CAO	41
3.4.1.	L'importance de la CAO.....	41
4.	Présentation de SolidWorks	42
4.1.	Histoire	42
4.2.	Performances et utilisation de SolidWorks.....	43
4.2.1.	Modèle géométrique.....	43
4.2.2.	Paramétrique.....	43
4.2.3.	Basé sur des fonctions	44
4.2.4.	Associatif.....	44
5.	SolidWorks Motion	45
5.1.	Type de simulation de mouvement	45
5.1.1.	Simulation cinématique.....	46
5.1.2.	Simulation dynamique.....	46
6.	Ansys simulation	46
6.1.	Définition.....	46
6.2.	Ansys Workbench.....	47
6.3.	Ansys Mechanical	48
7.	Rétro-Conception.....	48
7.1.	Rétro conception numérique	49
7.2.	Rétro conception manuelle	50

7.3. But de la rétro conception	51
8. Conclusion	51
1. Introduction	54
2. Présentation du diable pliant	54
➤ Composants.....	55
3. Conception des pièces du lève charge	57
➤ La coque	57
➤ Les autres pièces du chariot.....	73
4. Assemblage des pièces	82
➤ Assemblage avec les contraintes.....	82
5. Animation du chariot	123
➤ Vue éclatée.....	123
➤ Ouverture et fermeture	124
6. Conclusion	125
1. Introduction	128
2. Ansys Simulation	128
3. Simulation du chariot	129
3.1. Préparations	129
3.2. Etude du chariot.....	130
3.2.1. Condition d'angle 45°	130
3.2.2. Condition d'Angle 60°	149
4. Conclusion	164
Conclusion générale	168
Bibliographie	170

Liste des figures

Chapitre I

FIGURE I 1: CHARIOT ELEVATEUR MOTORISEE	22
FIGURE I 2: TRANSPALETTE ELECTRIQUE.....	22
FIGURE I 3: UN GERBEUR	23
FIGURE I 4: PONT ROULANT	23
FIGURE I 5: UN ROLL.....	24
FIGURE I 6: PALANS MANUELS.....	24
FIGURE I 7: PALAN ELECTRIQUE.....	25
FIGURE I 8: CONVOYEUR	25
FIGURE I 9: CHARIOT A PLATEFORME	26
FIGURE I 10: CHARIOT A DOSSIER.....	27
FIGURE I 11: CHARIOT A BENNE BASCULANTE	28
FIGURE I 12: CHARIOT A PLATEAUX.....	28
FIGURE I 13: CHARIOT A TIMON	29
FIGURE I 14: CHARIOT PLIABLE	29
FIGURE I 15: DIABLE A BOUTEILLE	31
FIGURE I 16: DIABLE A ESCALIER.....	31
FIGURE I 17: DIABLE EN ACIER	32
FIGURE I 18: DIABLE EN ALUMINUM.....	33
FIGURE I 19: DIABLE EN PLASTIQUE.....	33
FIGURE I 20: DIABLE A BAVETTE.....	34
FIGURE I 21: DIABLE EXTRA-LARGE.....	35

Chapitre II

FIGURE II 1: CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR	39
FIGURE II 2: LOGO DE SOLIDWORKS	43
FIGURE II 3: A) ESQUISSE AVANT MODIFICATION	B) ESQUISSE
APRE MODIFICATION	43
FIGURE II 4: A) FONCTIONS ESQUISSEES	B) FONCTIONS
APPLIQUEES	44
FIGURE II 5: LES 3 TYPES DE FICHER DE SOLIDWORKS.....	44
FIGURE II 6: ASSOCIATIVITE ENTRE LES FICHERS DE SOLIDWORKS	45
FIGURE II 7: LOGO ANSYS	46
FIGURE II 8: LOGO ANSYS WORKBENCH.....	47
FIGURE II 9: SCANNER 3D	50
FIGURE II 10: LE METRE RUBAN	50
FIGURE II 11: PIED A COULISSE NUMERIQUE.....	50

Chapitre III

FIGURE III 1: COMPOSANTS DU DIABLE PLIANT EN ALUMINIUM.....	54
FIGURE III 2: DIABLE PLIANT EN ALUMINUM (VUE DE DROITE).....	55
FIGURE III 3: COÏNCIDENCE DES DEUX FACES	82
FIGURE III 4: CONCENTRICITE DES DEUX CYLINDRES	83
FIGURE III 5: ASSEMBLAGE DES DEUX BRAS FIXES	83

FIGURE III 6: COÏNCIDENCE DES DEUX FACE DE LA COQUE.....	84
FIGURE III 7: COÏNCIDENCE DES DEUX ARRETES DE LA COQUE	84
FIGURE III 8: ASSEMBLAGE DE L' AUTRE COTE.....	85
FIGURE III 9: CONCENTRICITE DU RIVET	85
FIGURE III 10: COÏNCIDENCE DU RIVET.....	86
FIGURE III 11: CONCENTRICITE DE LA TETE DE RIVET	86
FIGURE III 12: COÏNCIDENCE DE LA TETE DE RIVET.....	87
FIGURE III 13: ASSEMBLAGE DE TOUS LES RIVETS DE LA COQUE	87
FIGURE III 14: CONCENTRICITE DE L' AXE DE ROUE	88
FIGURE III 15: COÏNCIDENCE DE L' AXE DE ROUE.....	88
FIGURE III 16: CONCENTRICITE DU CYLINDRE A RESSORT	89
FIGURE III 17: ASSEMBLAGE FINAL DES DEUX RIVETS DE FIXATION	89
FIGURE III 18: ASSEMBLAGE DES AXES DE ROUE	90
FIGURE III 19: CONCONTRICITE AVEC L' AXE DES ROUES.....	90
FIGURE III 20: COÏNCIDENCE AVEC LA COQUE	91
FIGURE III 21: ASSEMBLAGE DES DEUX COTES	91
FIGURE III 22: INSERTION DE LA RONDELLE	92
FIGURE III 23: COÏNCIDENCE AVEC LE SUPPORT DE ROUE.....	92
FIGURE III 24: ASSEMBLAGE DES DEUX RONDELLES.....	93
FIGURE III 25: CONCENTRICITE DE LA PIECE DE BASE	93
FIGURE III 26 : CENTRAGE DE LA PIECE DE BASE.....	94
FIGURE III 27: ASSEMBLAGE DES DEUX PIECES.....	94
FIGURE III 28: INTRODUCTION DE LA PIECE	95
FIGURE III 29: CONCENTRICITE DU CIRCLIPS	95
FIGURE III 30 : COÏNCIDENCE DU CIRCLIPS	96
FIGURE III 31: COÏNCIDENCE AVEC LA FACE DE LA PIECE DE BASE	96
FIGURE III 32: RESULTAT DE L' AUTRE COTE	97
FIGURE III 33: RESULTAT D' UN COTE	97
FIGURE III 34: 1ERE COÏNCIDENCE DE LA PLAQUE DE BASE.....	98
FIGURE III 35: 2EME COÏNCIDENCE DE LA PLAQUE DE BASE.....	98
FIGURE III 36: BLOCAGE DES DEUX PIECES	99
FIGURE III 37: CONCENTRICITE AVEC L' AXE DE ROUE	99
FIGURE III 38: CONCENTRICITE DES VIS.....	100
FIGURE III 39: COÏNCIDENCE DES VIS	100
FIGURE III 40: CONCENTRICITE DES ECROUS	101
FIGURE III 41: COÏNCIDENCE DES ECROUS.....	101
FIGURE III 42: VUE FINALE SANS ROUES.....	102
FIGURE III 43: CONCENTRICITE DU CAOUTCHOUC	102
FIGURE III 44: COÏNCIDENCE DU CAOUTCHOUC.....	103
FIGURE III 45: ASSEMBLAGE DE LA ROUE	103
FIGURE III 46: CENTRAGE DE LA ROUE	104
FIGURE III 47: CONCENTRICITE DES RIVETS DE ROUE.....	104
FIGURE III 48: DEMI ASSEMBLAGE FINI.....	105
FIGURE III 49: ANGLE LIMITE DE LA ROUE DROITE	105
FIGURE III 50: ANGLE LIMITE DE LA ROUE GAUCHE.....	106
FIGURE III 51: ANGLE LIMITE DE LA PLAQUE DE BASE	106
FIGURE III 52: ASSEMBLAGE DES LOQUETS AVEC LA TIGE.....	107
FIGURE III 53: CONCENTRICITE AVEC LE SUPPROT DE LOQUET	107
FIGURE III 54: CONCENTRICITE DU RIVET	108
FIGURE III 55: COÏNCIDENCE DU RIVET.....	108

FIGURE III 56: SOUS ASSEMBLAGE DE SUPPROT DE LOQUET	109
FIGURE III 57: CONCENTRICITE AVEC LES BRAS FIXES	109
FIGURE III 58: COÏNCIDENCE AVEC LES BRAS FIXES	110
FIGURE III 59: FIXATION DES DEUX COTES	110
FIGURE III 60: PREPARATION DES DEUX PIECES	111
FIGURE III 61: FIXATION DE LA TETE DE TIGE.....	111
FIGURE III 62: COÏNCIDENCE DU RIVET	112
FIGURE III 63: CONCENTRICITE DU RIVET	112
FIGURE III 64: CONCENTRICITE AVEC LES BRAS MOBILES.....	113
FIGURE III 65: CENTRAGE DE LA TIGE AVEC LES BRAS MOBILES	113
FIGURE III 66: INTRODUCTION DE LA PIOGNEE MOBILE	114
FIGURE III 67: COÏNCIDENCE DES DEUX SURFACES	114
FIGURE III 68: COÏNCIDENCE DES DEUX POINTS.....	115
FIGURE III 69: CONCENTRICITE AVEC LES BRAS MOBILES.....	115
FIGURE III 70: CONCENTRICITE DU VIS AVEC LA POIGNEE MOBILE.....	116
FIGURE III 71: COÏNCIDENCE AVEC LA PIOGNEE MOBILE.....	116
FIGURE III 72: ASSEMBLAGE DES VIS DE POIGNEE	117
FIGURE III 73: COÏNCIDENCE AVEC LE BRAS MOBILE.....	117
FIGURE III 74: CONCENTRICITE AVEC LE BRAS MOBILE	118
FIGURE III 75: CENTRAGE DES 3 PARTIES DE LA POIGNEE	118
FIGURE III 76: INTRODUCTION DES RIVETS.....	119
FIGURE III 77: PARTIE SUPERIEURE DU CHARIOT.....	119
FIGURE III 78: ASSEMBLER LES DEUX PARTIES DE L'ASSEMBLAGE	120
FIGURE III 79: CONTRAINTE TANGENTIELLE DU LOQUET	120
FIGURE III 80: LIGNE CACHEE VISIBLE	121
FIGURE III 81: DISTANCE LIMITE DU BRAS MOBILE	121
FIGURE III 82: DISTANCE LIMITE DU BRAS MOBILE	122
FIGURE III 83 : L'ASSEMBLAGE AVEC TOUTE CES CONTRAINTES.....	122
FIGURE III 84: ANIMATION DE LA VUE ECLATEE.....	123
FIGURE III 85: VUE ECLATEE DU CHARIOT	123
FIGURE III 86: ANIMATION AVANT OUVERTURE	124
FIGURE III 87: ANIMATION APRES OUVERTURE.....	124

Chapitre IV

FIGURE IV 1: FORME DE L'ENREGISTREMENT	129
FIGURE IV 2: PROJET DE SIMULATION.....	129
FIGURE IV 3: MAILLAGE	130
FIGURE IV 4: FIXATION DU CHARIOT.....	131
FIGURE IV 5: APPLIQUATION DE LA FORCE SUR LA COQUE	132
FIGURE IV 6: APPLICATION DE LA FORCE SUR LA PLAQUE	132
FIGURE IV 7: PROGRESSION.....	133
FIGURE IV 8: DEPLACEMENT TOTAL 1	133
FIGURE IV 9: DEPLACEMENT TOTAL 2.....	134
FIGURE IV 10: DETAILS DE DEPLACEMENT TOTAL.....	134
FIGURE IV 11: DEFORMATION EQUIVALENTE 2	135
FIGURE IV 12: DEFORMATION EQUIVALENTE 1	135
FIGURE IV 13: DETAILS DE DEFORMATION EQUIVALENTE	136
FIGURE IV 14: DEFORMATION PRINCIPALE.....	136
FIGURE IV 15: DETAILS DE LA DEFORMATION PRINCIPALE.....	137
FIGURE IV 16: CONTRAINTE EQUIVALENTE 1.....	138

FIGURE IV 17: CONTRAINTE EQUIVALENTE 2.....	138
FIGURE IV 18: DETAILS DE CONTRAINTE EQUIVALENTE.....	139
FIGURE IV 19 COEFFICIENT DE SECURITE	140
FIGURE IV 20: DETAILS DE COEFFICIENT DE SECURITE	140
FIGURE IV 21: FIXATIONS DE 45° - 150KG	141
FIGURE IV 22: APPLICATION DE LA FORCE 1	142
FIGURE IV 23: APPLICATION DE LA FORCE 2	142
FIGURE IV 24: DEPLACEMENT TOTAL 1	143
FIGURE IV 25: DEPLACEMENT TOTAL 2.....	143
FIGURE IV 26: DETAILS DE DEPLACEMENT	144
FIGURE IV 27: DEFORMATION EQUIVALENTE 2	145
FIGURE IV 28: DEFORMATION EQUIVALENTE 1	145
FIGURE IV 29: DETAILS DE DEFORMATION EQUIVALENTE	146
FIGURE IV 30: DEFORMATION PRINCIPALE.....	146
FIGURE IV 31: DETAILS DE DEFORMATION PRINCIPALE	147
FIGURE IV 32: CONTRAINTE EQUIVALENTE.....	147
FIGURE IV 33: DETAILS DE CONTRAINTE.....	148
FIGURE IV 34: COEFFICIENT DE SECURITE	148
FIGURE IV 35: DETAILS DE COEFFICIENT DE SECURITE	149
FIGURE IV 36: FIXATIONS DE 60°- 80KG	149
FIGURE IV 37: FORCE SUR LA COQUE	150
FIGURE IV 38: FORCE SUR LA PLAQUE DE BASE.....	150
FIGURE IV 39: DEPLACEMENT TOTAL 2.....	151
FIGURE IV 40: DEPLACEMENT TOTAL 1	151
FIGURE IV 41: DETAILS DE DEPLACEMENT TOTAL.....	152
FIGURE IV 42: DEFORMATION EQUIVALENTE	152
FIGURE IV 43: DETAILS DE DEFORMATION EQUIVALENTE	153
FIGURE IV 44: DEFORMATION EQUIVALENTE 2	153
FIGURE IV 45: DEFORMATION PRINCIPALE.....	154
FIGURE IV 46: DETAILS DE DEFORMATION PRINCIPALE.....	154
FIGURE IV 47: CONTRAINTE EQUIVALENTE 1.....	155
FIGURE IV 48: CONTRAINTE EQUIVALENTE 2.....	155
FIGURE IV 49: DETAILS DE CONTRAINTE EQUIVALENTE.....	156
FIGURE IV 50: COEFFICIENT DE SECURITE	156
FIGURE IV 51: DETAILS DE COEFFICIENT DE SECURITE	157
FIGURE IV 52: FIXATIONS DE 60° - 150KG	157
FIGURE IV 53: FORCE SUR LA PLAQUE DE BASE.....	158
FIGURE IV 54: FORCE APPLIQUEE SUR LA COQUE.....	158
FIGURE IV 55: DEPLACEMENT TOTAL 1.....	158
FIGURE IV 56: DEPLACEMENT TOTAL 2.....	159
FIGURE IV 57: DETAILS DE DEPLACEMENT TOTAL.....	159
FIGURE IV 58: DEFORMATION EQUIVALENTE 1	160
FIGURE IV 59: DEFORMATION EQUIVALENTE 2	160
FIGURE IV 60: DETAILS DE DEFORMATIONS EQUIVALENTE.....	161
FIGURE IV 61: DEFORMATION PRINCIPALE.....	161
FIGURE IV 62: DETAILS DE DEFORMATION PRINCIPALE.....	162
FIGURE IV 63: CONTRAINTE EQUIVALENTE.....	162
FIGURE IV 64: DETAILS DE CONTRAINTE EQUIVALENTE.....	163
FIGURE IV 65: COEFFICIENT DE SECURITE	163
FIGURE IV 66: DETAILS DE COEFFICIENT DE SECURITE	164

Liste des tableaux

Chapitre III

TABLEAU III 1: LES ETAPES DE CREATION DE LA COQUE	57
TABLEAU III 2: LES DIFFERENTES PIECES	73

Chapitre IV

TABLEAU IV 1: RESULTAT DE SIMULATION	165
--	-----

Liste des symboles

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

CAD : Computer Aided Drawings

2D : 2 Dimensions

3D : 3 Dimensions

CNC : Computer Numerical Control, (Commande Numérique par Ordinateur)

Introduction générale

La manutention est une activité essentielle dans l'industrie et dans de nombreux autres secteurs, qui consiste à déplacer des matériaux ou des produits d'un endroit à un autre. Elle peut être effectuée manuellement ou à l'aide de machines, telles que des chariots de manutention ou des convoyeurs. Une bonne gestion de la manutention peut avoir un impact significatif sur la productivité, la sécurité et les coûts d'une entreprise.

Dans le domaine de la conception de produits, la rétro conception est une technique qui consiste à analyser un objet existant pour en comprendre la structure et les fonctionnalités afin de pouvoir le reproduire ou le modifier. Elle est souvent utilisée pour améliorer la conception de produits existants ou pour créer des pièces de rechange. Le logiciel de CAO SolidWorks est largement utilisé pour la rétro conception, car il permet de créer des modèles 3D précis à partir de pièces existantes.

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur la rétro conception d'un chariot de manutention à l'aide du logiciel de CAO SolidWorks pour créer les différents composants qui le constituent puis les assembler pour l'animation et en dernier lieu on va utiliser le logiciel Ansys Workbench version Mechanical pour faire la simulation en statique.

Pour remplir cet objectif, ce mémoire est composé de quatre chapitres (plus une annexe).

Le chapitre 1 est une étude bibliographique de la manutention, chariots de manutention et les types de diables pliants connus sur le marché.

Au chapitre 2 on va parler de la CAO, la conception et la rétro conception sur SolidWorks. Les applications intégrées à SolidWorks telles que : SolidWorks Motion. On va voir aussi le logiciel Ansys Workbench, ses utilisations, ses versions intégrées précisément la version Ansys Mechanical, et la différence et les points en commun entre les deux logiciels.

Le chapitre 3 est consacré à la conception des différents composants du diable et son assemblage puis son animation

Enfin le chapitre 4 est réservé à l'utilisation de structure statique, intégré à la version Ansys Mechanical du logiciel Ansys Workbench pour faire la Simulation sous différentes conditions.

Une annexe comportant les dessins de définition des différentes pièces et le dessin d'ensemble du diable pliant sera rajoutée à la fin.

Chapitre I :

Recherche bibliographique sur la manutention et les chariots de manutention

1. Introduction

La manutention est une activité essentielle dans de nombreux secteurs industriels et logistiques. Elle nécessite l'utilisation d'équipements de manutention appropriés pour garantir la sécurité et l'efficacité des opérations de levage et de transport de charges.

Parmi les équipements de manutention, les chariots de manutention occupent une place importante. Ils sont utilisés pour déplacer des charges sur des palettes ou dans des conteneurs. Les chariots élévateurs, les transpalettes et les gerbeurs sont les types de chariots de manutention les plus couramment utilisés. Ils sont disponibles avec différentes capacités de charge, hauteurs de levage et tailles de fourches pour s'adapter à différents types de charges.

Dans ce chapitre on va parler de la manutention et ses différents équipements. Divers types de chariots de manutention seront cités d'une manière générale, en spécifiant les chariots pliants appelés les diables pliants

2. Définition

La manutention est l'ensemble des opérations liées à la manipulation et au déplacement de charges, qu'elles soient légères ou lourdes, en vue de leur transport, leur stockage ou leur mise à disposition. Elle peut être manuelle ou mécanique, et implique souvent l'utilisation d'outils, d'équipements ou de machines spécifiques.

Les opérations de manutention doivent être réalisées avec prudence et en respectant les règles de sécurité, afin de prévenir les risques d'accidents, de blessures ou de maladies professionnelles. Il est important de porter une attention particulière aux charges manipulées, en évaluant leur poids, leur forme, leur stabilité et leur fragilité.

3. Equipements de manutention

Les principaux équipements de manutention comprennent les transpalettes, les chariots élévateurs, les gerbeurs, les palans, les ponts roulants, les convoyeurs, les diables et les Rolls. Ces équipements peuvent être manuels, électriques, hydrauliques ou pneumatiques, et doivent être utilisés par des opérateurs formés et compétents.

Ils sont un ensemble d'outils, d'appareils et de machines qui permettent de manipuler, transporter et stocker des charges de différentes tailles et formes. Voici une liste non exhaustive des principaux équipements de manutention : (1)

3.1. Chariots élévateurs

Ce sont des engins motorisés qui permettent de soulever et de déplacer des charges lourdes sur des palettes. Il existe différents types de chariots élévateurs, tels que les chariots frontaux, les chariots latéraux, les chariots télescopiques, etc... La Figure I.1 montre un exemple d'un chariot élévateur motorisé :



Figure I 1: Chariot élévateur motorisé (2)

3.2. Transpalette

Ce sont des équipements manuels ou électriques qui permettent de déplacer des charges sur des palettes sans les soulever. Ils sont utilisés pour des charges légères ou moyennes, la figure suivante nous montre un transpalette électrique fonctionnel.



Figure I 2: Transpalette électrique (3)

3.3. Gerbeurs

Ce sont des équipements motorisés qui permettent de soulever et de transporter des charges sur des palettes, mais également de les stocker en hauteur. Ils sont utilisés pour des charges légères ou moyennes.



Figure I 3: Un gerbeur (4)

3.4. Ponts roulants

Les ponts roulants sont des équipements de manutention qui permettent de déplacer des charges lourdes en hauteur, grâce à une poutre de levage suspendue à des rails. Ils sont utilisés dans les sites de production industrielle pour déplacer des charges de grandes dimensions.

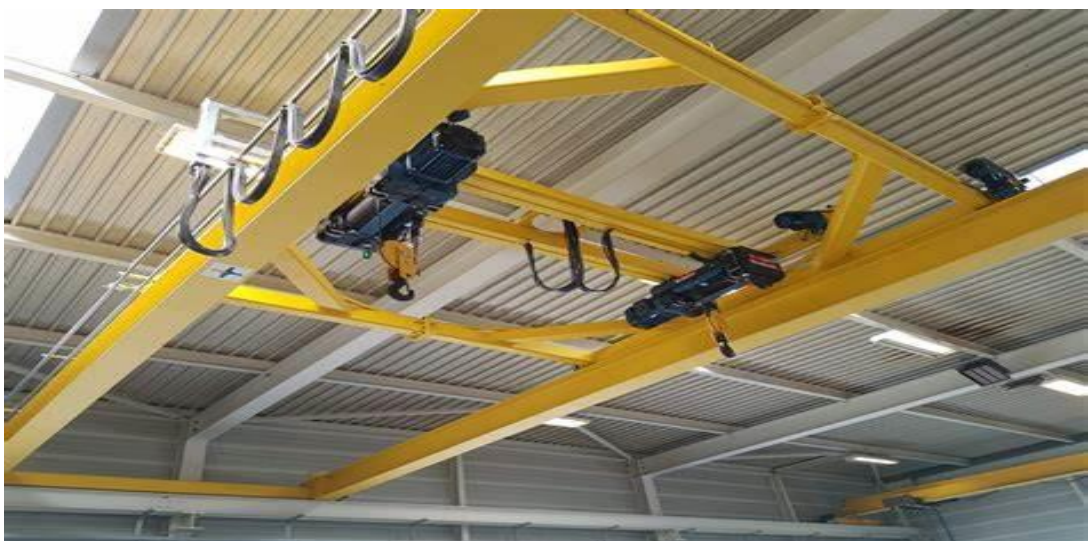


Figure I 4: Pont roulant (5)

3.5. Rolls

Les Rolls sont des équipements qui permettent de transporter des charges lourdes en les faisant rouler sur des rouleaux. Ils sont utilisés pour des charges lourdes et volumineuses, notamment dans les entrepôts.



Figure I 5: Un Roll (24)

3.6. Palans

Il en existe 2 types :

3.6.1. Palans manuels

Un palan manuel est un dispositif mécanique utilisé pour soulever des charges lourdes en utilisant une chaîne (Figure I.6) ou un câble enroulé autour d'un tambour. Il est généralement actionné à la main en utilisant une manivelle ou un levier. Les palans manuels sont souvent utilisés dans les ateliers, les entrepôts et les chantiers de construction pour soulever et déplacer des charges qui sont trop lourdes pour être levées manuellement.



Figure I 6: Palans manuels (6)

3.6.2. Palans Electriques

Ils sont actionnés par un moteur électrique. Les palans électriques sont plus efficaces pour les charges plus lourdes, car ils permettent de soulever plus rapidement et plus facilement les charges.



Figure I 7: Palan électrique (7)

3.7. Convoyeurs

Les convoyeurs sont des équipements qui permettent de transporter des charges sur une ligne de production. Ils sont utilisés pour des charges légères ou moyennes, la Figure I. 8 montre un convoyeur fonctionnel.



Figure I 8: Convoyeur (8)

Remarque : Il est important de choisir le bon équipement de manutention en fonction de la taille, du poids, de la forme et de la fragilité de la charge à manipuler. Il est également essentiel

de former les opérateurs à l'utilisation de ces équipements pour garantir leur sécurité et leur efficacité.

4. Chariot de manutention

Les chariots de manutention permettent d'optimiser le transport des produits et des marchandises. Déplacer des charges facilement dans les bureaux, transporter les produits dans les entrepôts, distribuer et faciliter l'accès aux outils et aux matières premières dans les ateliers et les usines. On trouve des chariots de manutention adaptées à toutes les utilisations et tous les environnements même les plus spécifiques. Ces équipements sont ergonomiques et permettent de réduire les accidents du travail et les troubles musculo-squelettiques (TMS).

4.1. Type de chariots

Il existe plusieurs types de chariots de manutention manuels, chacun étant conçu pour répondre à des besoins spécifiques. Voici quelques exemples :

4.1.1. Chariots à plateforme

Les chariots à plateforme sont des équipements de manutention qui sont utilisés pour transporter des charges lourdes ou encombrantes sur de courtes distances. Il existe plusieurs types de chariots à plateforme, chacun conçu pour répondre à des besoins spécifiques.



Figure I 9: Chariot à plateforme (9)

4.1.2. Chariots à dossier

Les chariots à dossier sont des équipements de manutention qui sont utilisés pour transporter des charges fragiles ou instables sur de courtes distances. Ils sont équipés d'un dossier qui aide à maintenir la charge en place et à la stabiliser pendant le transport. Il existe plusieurs types de chariots à dossier, chacun conçu pour répondre à des besoins spécifiques



Figure I 10: Chariot a dossier (10)

4.1.3. Chariots à benne basculante

Les chariots à benne basculante sont des équipements de manutention qui sont utilisés pour transporter des charges en vrac ou des déchets sur de courtes distances. Ils sont équipés d'une benne qui peut être inclinée pour vider la charge. Il existe plusieurs types de chariots à benne basculante, chacun conçu pour répondre à des besoins spécifiques. Voici quelques exemples :

Chariots à benne basculante manuels

Chariots à benne basculante électriques

Chariots à benne basculante à commande hydraulique

Chariots à benne basculante à roulettes

Chariots à benne basculante à timon



Figure I 11: Chariot à benne basculante (11)

4.1.4. Chariots à plateaux

— Ces chariots ont des plateaux qui peuvent être empilés les uns sur les autres pour transporter plusieurs charges en même temps. Ils sont souvent utilisés dans les entrepôts ou les usines pour transporter des pièces détachées ou des produits finis.



Figure I 12: Chariot à plateaux (12)

4.1.5. Chariots à timon

Ce sont des équipements de manutention qui sont utilisés pour transporter des charges sur de courtes distances. Ils sont équipés d'un timon qui permet à l'utilisateur de les tirer derrière lui. Il existe plusieurs types de chariots à timon, chacun conçu pour répondre à des besoins spécifiques.



Figure I 13: Chariot à timon (13)

4.1.6. Chariots pliables

Ces chariots sont des équipements de manutention qui peuvent être pliés pour faciliter leur rangement et leur transport lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Ils sont souvent utilisés dans les entrepôts, les magasins ou lors de déplacements pour transporter des charges légères à moyennes sur de courtes distances.



Figure I 14: Chariot pliable (14)

5. Diabes pliants

5.1. Définition

Ce sont des chariots à main polyvalents qui sont utilisés pour transporter des charges lourdes ou volumineuses dans une variété d'environnements, tels que les entrepôts, les usines, les magasins, les bureaux, les hôpitaux, les écoles et les aéroports. Ces diables sont conçus pour être pliés lorsqu'ils ne sont pas utilisés, ce qui les rend faciles à ranger et à transporter. Ils sont également faciles à manipuler, car ils sont équipés de roues qui facilitent le déplacement de la charge.

Les diables pliants sont disponibles dans une variété de tailles et de modèles, chacun étant conçu pour répondre à des besoins spécifiques.

Les diables pliants sont un outil essentiel dans de nombreux environnements de travail. Dans les entrepôts et les usines, ils sont utilisés pour déplacer des palettes et des caisses de marchandises d'un endroit à un autre. Dans les magasins de détail, ils sont utilisés pour transporter des marchandises vers les rayons et les arrière-boutiques. Dans les hôpitaux et les écoles, des fournitures et des équipements médicaux. Dans les aéroports, ils sont utilisés pour transporter des bagages et des colis.

Ils sont également utiles pour les particuliers lors de déménagements ou de rénovations. Ils permettent de transporter facilement des meubles, des appareils électroménagers et d'autres objets lourds et encombrants. Ces derniers peuvent également être utilisés pour transporter des objets lors de déplacements ou de voyages, car ils sont faciles à ranger et à transporter dans le coffre d'une voiture ou dans la soute d'un avion.

5.2. Type de diable pliant

5.2.1. Diabes pliants à bouteilles

Ils sont utilisés pour transporter des bouteilles de gaz, comme celles utilisés pour la soudure ou pour les barbecues. Ces diables sont conçus pour maintenir les bouteilles en position verticale pendant le transport, afin de minimiser les risques de fuite ou de dommage.



Figure I 15: Diable à bouteille (15)

5.2.2. Diabes pliants à escaliers

Ils sont équipés de roues spéciales qui facilitent la montée et la descente d'escaliers. Ces diables sont utiles pour transporter des charges lourdes dans des bâtiments sans ascenseur ou dans des lieux qui nécessitent de monter ou descendre des escaliers. Voici les informations techniques :

- Capacité de charge : jusqu'à 150 kg
- Matériau : acier
- Roues : 3 roues en caoutchouc de 13 cm de diamètre
- Poignée : poignée télescopique réglable en hauteur et poignée supplémentaire pour monter les escaliers
- Plate-forme : plate-forme en acier de 35 x 25 cm
- Poids : environ 7 kg



Figure I 16: Diable à escalier (16)

5.2.3. Diabes pliants en acier

Ils sont robustes et durables, offrant une capacité de charge élevée et une longue durée de vie. Cependant, l'acier est également lourd et peut rouiller s'il est exposé à l'humidité.

Voici les informations techniques :

- Capacité de charge : jusqu'à 150 kg
- Matériau : acier
- Roues : 2 roues en caoutchouc de 20 cm de diamètre
- Poignée : poignée télescopique réglable en hauteur
- Plate-forme : plate-forme en acier de 35 x 25 cm
- Poids : environ 6 kg.



Figure I 17: Diable en acier (17)

5.2.4. Diabes pliants en aluminium

Ils sont légers et résistants à la corrosion, ce qui les rend idéaux pour une utilisation en extérieur. Cependant, l'aluminium est plus cher que l'acier et a une capacité de charge inférieure. Voici les informations techniques :

- Capacité de charge : jusqu'à 80 kg
- Matériau : aluminium
- Roues : 2 roues en caoutchouc de 13 cm de diamètre
- Poignée : poignée télescopique réglable en hauteur
- Plate-forme : plate-forme en aluminium de 38 x 28 cm

- Poids total : environ 3 kg



Figure I 18: Diable en aluminium
(18)

5.2.5. Diabes pliants en plastique

Ils sont légers et économiques, mais ont une capacité de charge limitée et ne sont pas aussi durables que les diables en acier ou en aluminium. Voici les informations techniques :

- Capacité de charge : jusqu'à 50 kg
- Matériau : plastique
- Roues : 2 roues en plastique de 10 cm de diamètre
- Poignée : poignée pliante en plastique
- Plate-forme : plate-forme en plastique de 38 x 28 cm
- Poids : environ 2 kg



Figure I 19: Diable en plastique (19)

5.2.6. Diable pliant à bavette

Un diable pliant à bavette est un type de chariot de manutention qui est équipé d'une bavette rabattable à l'arrière pour faciliter le transport de charges plus grandes. Il est également

Chapitre I : Recherche bibliographique sur la manutention et les chariots de manutention

pliable pour faciliter le stockage et le transport lorsqu'il n'est pas utilisé. Voici les informations techniques :

- Capacité de charge : jusqu'à 150 kg
- Matériau : acier
- Roues : 2 roues en caoutchouc de 20 cm de diamètre
- Poignée : poignée télescopique réglable en hauteur
- Plate-forme : plate-forme en acier de 35 x 25 cm avec une bavette rabattable de 30 cm
- Poids : environ 7 kg.



Figure I 20: Diabie à bavette (20)

5.2.7. Diabie pliant à plate-forme extra-large

Un diabie pliant à plate-forme extra-large est un type de chariot de manutention qui est équipé d'une plate-forme plus grande que la moyenne. Cela permet de transporter des charges plus lourdes et plus volumineuses en toute sécurité et avec plus de stabilité. Voici les informations techniques :

- Capacité de charge : jusqu'à 200 kg
- Matériau : acier
- Roues : 2 roues en caoutchouc de 20 cm de diamètre
- Poignée : poignée télescopique réglable en hauteur
- Plate-forme : plate-forme en acier extra-large de 60 x 40 cm

- Poids : environ 12 kg



Figure I 21: Diable extra-large (25)

6. Conclusion

La manutention est une activité complexe qui nécessite une planification minutieuse, des équipements appropriés et une formation adéquate des opérateurs. Les chariots de manutention sont un outil essentiel pour déplacer des charges en toute sécurité et efficacement.

Dans ce chapitre on a vu différents types de chariot de manutention et leurs différents usages et importance dans l'industrie et la vie personnelle . On a aussi spécifié les différents types du diable pliant en précisant les paramètres techniques et la composition des différentes pièces, le poids et le matériau utilisé.

Chapitre II :
Présentation du logiciel de
CAO
- SolidWorks –
Et de simulation
-Ansys-

1. Introduction

SolidWorks est un logiciel de CAO 3D qui est largement utilisé dans l'industrie pour la conception de produits mécaniques, électriques et électroniques. Il offre une gamme complète d'outils de modélisation 3D qui permettent aux ingénieurs et aux concepteurs de créer des modèles de pièces, d'assemblages et de dessins détaillés. Le logiciel permet également de simuler le comportement des pièces et des assemblages dans des conditions spécifiques à l'aide de la simulation. Cela permet aux utilisateurs d'optimiser les performances et la fiabilité des produits avant leur fabrication.

L'animation est un domaine dans lequel SolidWorks accède. Le logiciel permet de créer des animations de pièces et d'assemblages en mouvement pour visualiser leur fonctionnement. Les animations peuvent être utilisées pour présenter des conceptions à des clients ou pour créer des manuels d'utilisation et de maintenance pour les produits.

Ansys Simulation est un puissant logiciel utilisé pour la simulation et l'analyse en ingénierie. Il offre une gamme complète de fonctionnalités de simulation pour simuler et analyser divers phénomènes physiques tels que la mécanique des structures, la dynamique des fluides, l'électromagnétisme, etc.

Dans ce chapitre on va définir la CAO tout en parlant de ses domaines d'utilisation ainsi que ses avantages. Le logiciel de CAO (conception assistée par ordinateur), SolidWorks, son histoire, ses fonctionnalités, ses performances et utilisation seront détaillés par la suite. On jettera un coup d'œil ensuite sur un complément de SolidWorks qui est SolidWorks Motion. Enfin on va parler du logiciel Ansys et spécialement de Ansys mechanical.

2. Dessin Assisté par Ordinateur

2.1. Définition

Le DAO est l'acronyme de Dessin Assisté par Ordinateur, qui désigne l'utilisation de logiciels informatiques pour créer des dessins techniques en deux ou trois dimensions.

Il est utilisé dans de nombreux domaines, notamment l'ingénierie, l'architecture, la conception de produits et la fabrication. Les dessins créés avec le DAO sont souvent utilisés pour la fabrication de pièces, l'assemblage de produits, la construction de bâtiments et l'aménagement d'espaces intérieurs et extérieurs.

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

Le DAO offre de nombreux avantages par rapport au dessin manuel, notamment la possibilité de modifier facilement les dessins, de copier et de réutiliser des éléments de dessin, et de stocker les dessins numériquement pour une utilisation future.

Les logiciels de DAO permettent de créer des dessins en utilisant des outils de dessin standard tels que des lignes, des cercles, des arcs et des courbes, ainsi que des outils de mesure et de précision pour garantir l'exactitude des dessins.

3. Conception assistée par ordinateur



Figure II 1: Conception assistée par ordinateur (21)

3.1. Définition

La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) est un processus de création, de modification et d'analyse de dessins ou de modèles en 2D ou 3D à l'aide de logiciels spécialisés. La CAO est utilisée dans de nombreux domaines, notamment l'ingénierie, l'architecture, la conception de produits, la fabrication et la construction.

CAO ou Conception Assistée par Ordinateur est la création ou modélisation géométrique d'objet (en 3D), dans l'espace. Une fois le modèle conçu on peut utiliser les outils d'analyse (calculs, analyse statique, dynamique, simulation, animation ...), pour tester sa performance et présenter sa fonctionnalité. En DAO/CAO le matériel de dessin traditionnel (crayons, papier, équerre, rapporteur, règles, té, etc...) est remplacé par une station de travail

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

formée par : l'ordinateur, le moyen de repérage (souris), traceur (ou imprimante) et enfin le logiciel de DAO/CAO.

On trouve sur le marché informatique un nombre très important de divers logiciels de CAO chacun spécifique à des fonctionnalités différentes et dédié à des métiers différents. On peut citer:

AUTOCAD, **SOLIDWORKS**, CATIA, PROENGINEER, SOLIDCONCEPT, TOPSOLID, SOLIDEDGE, MICROSTATION, ...

3.2. Industries impliquées dans les domaines de la CAO

La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) est utilisée dans de nombreuses industries pour la conception et la fabrication de produits, de bâtiments et d'infrastructures. Voici quelques exemples d'industries impliquées dans les domaines de la CAO :

3.2.1. Industrie de l'ingénierie

Elle est utilisée pour la conception et la fabrication de pièces mécaniques, de circuits électroniques, de structures d'aéronefs et de véhicules, et pour la planification de projets d'ingénierie.

3.2.2. Industrie de la construction

La CAO est utilisée pour la conception, la planification et la modélisation de bâtiments et d'infrastructures, tels que des ponts, des routes, des tunnels et des barrages.

3.2.3. Industrie de l'architecture

Elle est utilisée pour la conception et la modélisation de bâtiments, de maisons et de structures urbaines.

3.2.4. Industrie de la fabrication

La CAO est largement utilisée pour la conception et la modélisation de produits, tels que des machines-outils, des équipements de production, des appareils électroniques et des instruments de précision.

3.2.5. Industrie de la mode

Pour la conception de vêtements, de chaussures et d'accessoires

. D'autres domaines utilisent la CAO tels que l'architecture de paysage extérieur, l'ameublement, la chaudronnerie, ...etc.

3.3. Outils de CAO

Les logiciels de CAO offrent une gamme complète d'outils de dessin et de modélisation, tels que : des lignes, des arcs, des cercles, des surfaces et des solides, ainsi que des fonctionnalités avancées telles que la conception paramétrique, la gestion des versions, la collaboration et le partage de fichiers.

La CAO a révolutionné la conception et la fabrication de produits en permettant aux ingénieurs et aux concepteurs de créer des modèles numériques de produits avant leur fabrication physique. Cela permet de réduire les coûts et le temps de développement, d'améliorer la qualité des produits et d'optimiser leur performance et leur fiabilité.

La FAO utilisée pour générer des trajectoires d'outil permettant aux machines-outils de transformer les conceptions en pièces physiques. Les applications de CFAO permettent de concevoir des produits et de planifier les processus de fabrication, notamment l'usinage CNC. La CAO est très répandue en mécanique particulièrement pour la conception de pièces mécaniques et assemblages complexes et leur simulation. En électronique elle permet la modélisation de produits électroniques tels que les micro-processeurs et les circuits électroniques et simuler leur fonctionnement.

3.4. Importance et objective de la CAO

L'objectif principal de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) est d'améliorer le processus de conception et de fabrication de produits en utilisant des outils informatiques pour créer des modèles numériques en 2D ou en 3D. Les modèles numériques peuvent être utilisés pour visualiser, simuler et tester des conceptions avant leur fabrication, ce qui permet de réduire les coûts et le temps de développement et permet d'optimiser les performances et la durabilité des produits.

3.4.1. L'importance de la CAO

✓ Amélioration de la précision : Les outils de CAO permettent de créer des modèles numériques précis des produits, ce qui élimine les erreurs de conception et améliore la qualité des produits.

✓ Réduction des coûts et du temps de développement : La CAO permet de simuler les conceptions et de tester leur fonctionnement avant leur fabrication, ce qui réduit les coûts de développement et de fabrication.

- ✓ Amélioration de la communication : La CAO permet de visualiser les conceptions en 2D et en 3D, ce qui facilite la communication entre les membres de l'équipe de conception et les clients.
- ✓ Personnalisation des produits : La CAO permet de créer des modèles numériques personnalisés pour répondre aux besoins spécifiques des clients ou des utilisateurs.
- ✓ Amélioration de la productivité : La CAO permet de créer des modèles numériques réutilisables, ce qui améliore l'efficacité et la productivité de la conception.

4. Présentation de SolidWorks

4.1. Histoire

SolidWorks est un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) créé par la société américaine SolidWorks Corporation en 1993. L'entreprise a été fondée par Jon Hirschtick, qui avait une expérience en ingénierie et en informatique.

Le premier produit de la société était SolidWorks 95, qui a été lancé en 1995 et a été le premier logiciel de CAO à utiliser la modélisation solide paramétrique.

Au fil du temps, SolidWorks est devenu un logiciel de CAO populaire dans l'industrie, avec des fonctionnalités telles que la simulation, l'analyse, la gestion de données et la collaboration. En 1997, SolidWorks Corporation a été acquise par Dassault Systèmes, une société française de logiciels de CAO et de PLM (Gestion du Cycle de Vie des Produits).

Depuis lors, il a continué à évoluer, avec des versions mises à jour régulièrement pour inclure de nouvelles fonctionnalités et des améliorations de performances. Le logiciel est utilisé par des millions de concepteurs, d'ingénieurs et de fabricants dans le monde entier pour créer des produits dans une variété d'industries, notamment l'aérospatiale, l'automobile, l'électronique, la santé et bien d'autres encore. Aujourd'hui, ce dernier reste l'un des logiciels de CAO les plus populaires et les plus utilisés dans l'industrie.



Figure II 2: Logo de SolidWorks (22)

4.2. Performances et utilisation de SolidWorks

SolidWorks est un logiciel de CAO performant qui permet de concevoir diverses pièces volumiques, surfaciques et en plastique, des tuyaux et des câbles électriques, de la tôlerie ainsi que des pièces mécano-soudées. En plus de l'assemblage et des mises en plan ; il comprend de nombreux modules qui permettent d'effectuer une analyse des contraintes, de simuler le mouvement des pièces par l'animation, de réaliser une nomenclature parfaitement détaillée ou encore de coter les différentes conceptions.

SolidWorks est un outil de conception défini comme étant un modelleur volumique (géométrique), paramétrique, basé sur des fonctions et associatif :

4.2.1. Modèle géométrique

Permet de créer un modèle géométrique d'une pièce ou assemblage

4.2.2. Paramétrique

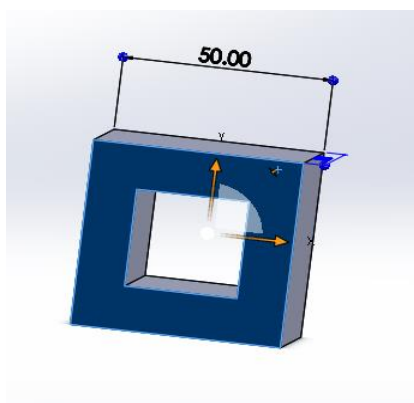
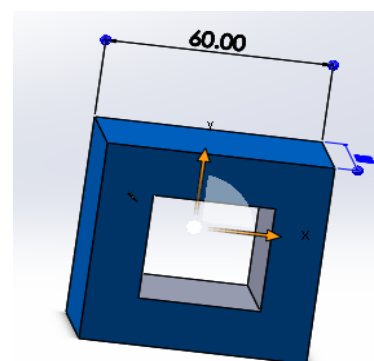


Figure II 3: a) Esquisse avant modification



b) Esquisse après modification

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

4.2.3. Basé sur des fonctions

Dont les fonctions esquissées et les fonctions appliquées.

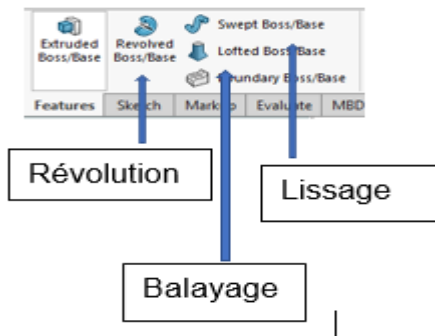
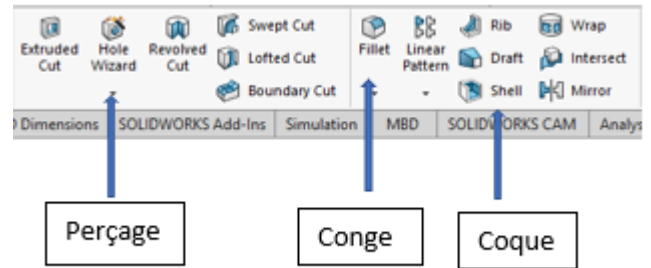


Figure II 4: a) Fonctions esquissées



b) Fonctions appliquées

4.2.4. Associatif

SolidWorks génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base en relation permanente entre eux (les changements introduits dans le modèle (pièce) sont automatiquement reflétés dans les mises en plan ou les assemblages qui lui sont associés et vis-versa).

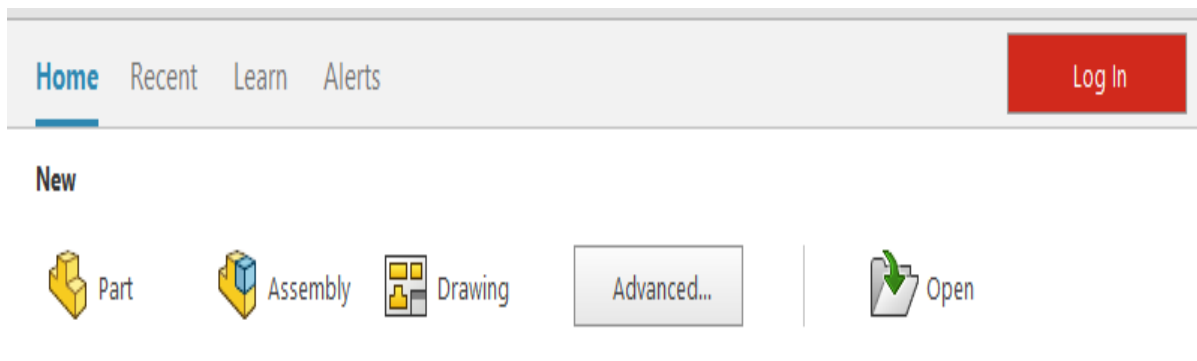


Figure II 5: Les 3 types de fichier de SolidWorks

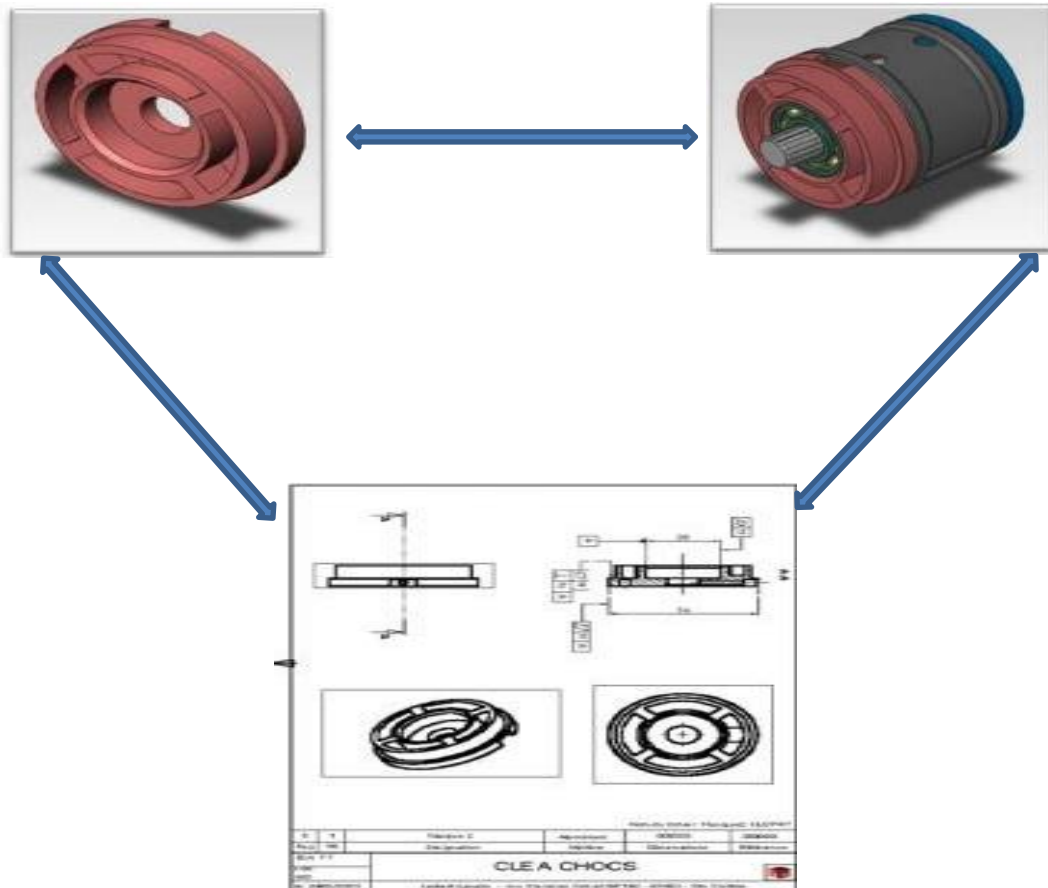


Figure II 6: Associativité entre les fichiers de SolidWorks

5. SolidWorks Motion

SolidWorks Motion est un module de simulation de mouvement intégré au logiciel de CAO SolidWorks. Il permet aux utilisateurs de simuler et de valider le mouvement des pièces et des assemblages dans un environnement virtuel avant la fabrication physique.

SolidWorks Motion est utilisé dans de nombreux secteurs, notamment l'automobile, l'aérospatiale, la construction navale et l'industrie manufacturière. Il permet aux ingénieurs et aux concepteurs de concevoir des produits plus efficaces et plus sûrs en évaluant leur comportement avant leur mise en production.

5.1. Type de simulation de mouvement

Il existe deux types de simulation de mouvement dans SolidWorks Motion : la simulation cinématique et la simulation dynamique.

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

5.1.1. Simulation cinématique

La simulation cinématique permet de simuler le mouvement des pièces et des assemblages sans prendre en compte les forces appliquées. Elle permet de déterminer les trajectoires et les vitesses de chaque pièce dans un système mécanique donné. Cette simulation est utile pour valider la géométrie et le mouvement d'un assemblage, et pour optimiser les mouvements.

5.1.2. Simulation dynamique

La simulation dynamique permet de simuler le mouvement des pièces et des assemblages en prenant en compte les forces appliquées, comme la gravité, les forces de frottement, les forces de contact et les forces de ressort. Elle permet de déterminer les forces et les moments appliqués à chaque pièce et de calculer les accélérations et les vitesses en fonction du temps. Cette simulation est utilisée pour valider la performance d'un système mécanique, pour optimiser la conception et pour éviter les défaillances potentielles.

En plus de ces deux types de simulation, SolidWorks Motion offre également des options avancées de simulation, telles que la simulation de contacts multiples, la simulation de corps rigides et flexibles, la simulation de mouvement contrôlé par moteur, la simulation de cinématique inverse, etc. Ces options permettent aux ingénieurs et concepteurs de simuler des systèmes mécaniques complexes avec précision et efficacité.

SolidWorks offre également la possibilité d'enregistrer l'animation sous forme de fichiers vidéo ou GIF pour une utilisation future ou pour une présentation à des clients ou à des collègues.

6. Ansys simulation



Figure II 7: Logo ANSYS (23)

6.1. Définition

ANSYS est un logiciel de simulation numérique qui permet de modéliser et d'analyser des systèmes complexes dans le domaine de l'ingénierie. Il offre une large gamme

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

de fonctionnalités pour simuler différents phénomènes physiques, tels que la mécanique des structures, la thermodynamique, les fluides, l'électromagnétisme, l'optique, etc.

Il est largement utilisé dans divers secteurs de l'industrie, notamment dans l'aérospatiale, l'automobile, l'énergie, l'électronique, la fabrication, la défense, la recherche et développement, et bien d'autres encore. Les ingénieurs peuvent utiliser ANSYS pour optimiser la conception de produits et améliorer les performances.

Grâce à ses capacités de simulation avancées, il permet de visualiser et d'analyser le comportement des produits sous différentes conditions de fonctionnement, ce qui permet d'identifier les problèmes potentiels et de trouver des solutions avant la fabrication du produit final. Ce dernier est donc un outil indispensable pour les ingénieurs qui souhaitent concevoir des produits de qualité supérieure tout en réduisant les risques et les coûts de développement.

Ansys est disponible en plusieurs versions, chacune offrant des fonctionnalités et des capacités différentes, notamment Ansys Mechanical, Ansys Fluent, Ansys CFX, Ansys Maxwell, Ansys HFSS et Ansys LS-DYNA. Chaque version est conçue pour résoudre des problèmes spécifiques dans différents domaines de l'ingénierie.

6.2. Ansys Workbench



Figure II 8: Logo ANSYS Workbench (29)

C'est une plateforme intégrée de simulation numérique qui permet d'utiliser plusieurs logiciels Ansys différents pour résoudre différents types de problèmes d'ingénierie. Cette plateforme offre une interface graphique conviviale pour la création de modèles, la définition des charges et des conditions aux limites, la résolution des problèmes et l'analyse des résultats.

Ansys Workbench permet de regrouper plusieurs logiciels Ansys, tels que Ansys Mechanical, Ansys Fluent, Ansys CFX, Ansys Maxwell, Ansys HFSS et Ansys LS-DYNA,

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

dans une seule interface utilisateur. Cette intégration permet aux utilisateurs de travailler plus efficacement en utilisant plusieurs logiciels Ansys pour résoudre différents types de problèmes d'ingénierie.

Il dispose également d'un ensemble complet d'outils de collaboration qui permettent aux utilisateurs de partager des modèles de simulation, des résultats et des notes avec des membres de l'équipe. Les modèles de simulation peuvent être partagés avec d'autres utilisateurs Ansys à travers le monde, ce qui facilite la collaboration entre les équipes de conception et d'ingénierie.

6.3. Ansys Mechanical

Ansys Mechanical est une version du logiciel Ansys qui se concentre sur la résolution de problèmes de mécanique des structures. Ce logiciel est utilisé pour simuler et analyser le comportement des structures sous diverses conditions de charge et d'environnement.

Il utilise la méthode des éléments finis pour résoudre les problèmes de mécanique des structures. Cette méthode consiste à diviser une structure en petits éléments pour lesquels les équations de comportement peuvent être résolues numériquement. Ensuite, les résultats de chaque élément sont combinés pour obtenir une solution globale du problème.

Ce dernier est capable de simuler une grande variété de problèmes de mécanique des structures, tels que la statique linéaire et non-linéaire, la dynamique, la fatigue, la rupture, la thermomécanique, le contact et bien d'autres encore. Il est également capable de simuler des matériaux non-linéaires et des comportements complexes tels que la plasticité et la viscoélasticité.

- Structures statiques

Ansys Mechanical peut être utilisé pour résoudre des problèmes de structures statiques en déterminant les forces et les déformations dans une structure sous l'effet de charges appliquées. Les étapes générales pour résoudre un problème de structure statique incluent la modélisation de la structure, la définition des charges, l'analyse de la structure, et la visualisation des résultats.

7. Rétro-Conception

La rétro conception ou la rétro-ingénierie (ou reverse engineering) est la technique de reproduire un produit réel (concret), une pièce ou tout autre objet physique sous la forme

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

d'un modèle numérique CAO 3D (virtuel), sans accès aux plans ou aux modèles de conception d'origine. Ce processus est souvent utilisé pour reproduire des pièces obsolètes, pour améliorer des produits existants ou pour comprendre la conception d'un produit concurrent. C'est l'inverse de la conception, qui à partir d'un objet virtuel (le modèle CAO) on aboutit à l'objet concret réel réalisé.

Elle peut être utilisée dans de nombreux domaines, tels que l'ingénierie, la fabrication, l'architecture, la médecine dentaire et la joaillerie.

La rétro conception peut être numérique ou manuelle, selon les moyens de conception.

7.1. Rétro conception numérique

La rétro conception numérique passe par plusieurs étapes :

Phase 1 : L'acquisition des données numériques 3D.

En digitalisant la surface de la pièce, par numérisation avec contact (palpage) ou numérisation sans contact (utilisation de scanner3D...), on va acquérir des points 3D appelés nuage de points.

Phase 2 : Traitement et alignement des données obtenues.

Dans cette phase le nuage de points est traité par réduction des points bruits (parasites), lissage des points du nuage et création du maillage polygonale (conversion du nuage de points en modèle polygonal)

Phase 3 : Rétro conception.

La dernière étape de la rétro conception consiste à générer sur le modèle polygonal un réseau de courbes géométriques afin de reconstruire les surfaces épousant la pièce numérisée (reconstruction de surface).

Exemple d'un scanner 3D pour la rétro conception



Figure II 9: Scanner 3D (26)

7.2. Rétro conception manuelle

Souvent par manque de moyens, tel qu'un scanner 3D par exemple, on est amené à faire de la rétro conception manuelle pour concevoir un modèle dont on a besoin. Pour cela on utilise des moyens de mesure (métrologiques) très simples tels que : le mètre ruban, pied à coulisse, ...etc.



Figure II 10: Le mètre ruban (27)



Figure II 11: Pied à coulisse numérique. (28)

7.3. But de la rétro conception

La rétro conception est souvent utilisée pour la création de pièces de rechange pour des équipements obsolètes ou pour la restauration de pièces historiques. Elle peut également être utilisée pour améliorer la conception d'un produit existant en identifiant les faiblesses et en proposant des améliorations.

Elle est souvent utilisée pour plusieurs raisons, comme :

- Pas de plans et pas de modèle CAO,
- Le modèle originel de CAO n'est pas suffisant pour soutenir les procédés de fabrication courante.
- Besoins d'un produit dont le fabricant originel n'existe plus ou ne fabrique plus le produit,
- Conservation du patrimoine historique, culturel et archéologique (rétro conception de statuettes, sites archéologiques...),
- Manque de pièces additionnelles (pièces de rechange),
- Compréhension des processus de conception d'un produit concurrent et analyse de ses fonctionnalités.
- Amélioration de la performance et/ou les fonctionnalités de produit.

8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait le tour sur les principes fondamentaux de la conception assistée par ordinateur (CAO) et les domaines d'utilisation. Ensuite nous avons présenté SolidWorks, un logiciel de CAO largement utilisé dans l'industrie, en explorant ses fonctionnalités clés telles que la modélisation 3D paramétrique, la gestion des pièces, les assemblages, et les mises en plan.

SolidWorks Motion permet aux concepteurs et ingénieurs d'améliorer leur productivité et réduire les erreurs de conception (interférence entre pièces par exemple), en simulant l'animation et l'étude de mouvement de leurs produits.

Chapitre II : Présentation du logiciel de CAO -SolidWorks- et de simulation - Ansys-

Nous avons parlé aussi de la simulation numérique, mettant en évidence les méthodes de simulation disponibles, avec ANSYS Simulation et leur importance dans l'analyse du comportement et des performances des modèles virtuels.

En dernier lieu nous avons donné les deux différentes méthodes de rétro conception et son but dans l'industrie.

Chapitre III :
Conception, assemblage et
animation du chariot de
levage

1. Introduction

En utilisant SolidWorks pour la rétro conception et l'assemblage, les ingénieurs peuvent créer des modèles précis et fonctionnels de produits existants ou de nouveaux produits. Cela peut aider à améliorer la qualité et l'efficacité de la conception et à accélérer le processus de développement de produits.

Dans ce chapitre on va voir la création des pièces du chariot de levage connu sous le nom de diable pliant, et l'assemblage fonctionnel de ses différents composants pour une meilleure rétro conception.

Ensuite on va voir l'animation de sa vue éclatée et de son mécanisme d'ouverture et fermeture des roues et de la plaque.

2. Présentation du diable pliant

Les deux images suivantes montrent le diable pliant à rétro concevoir, avec ses différents composants :

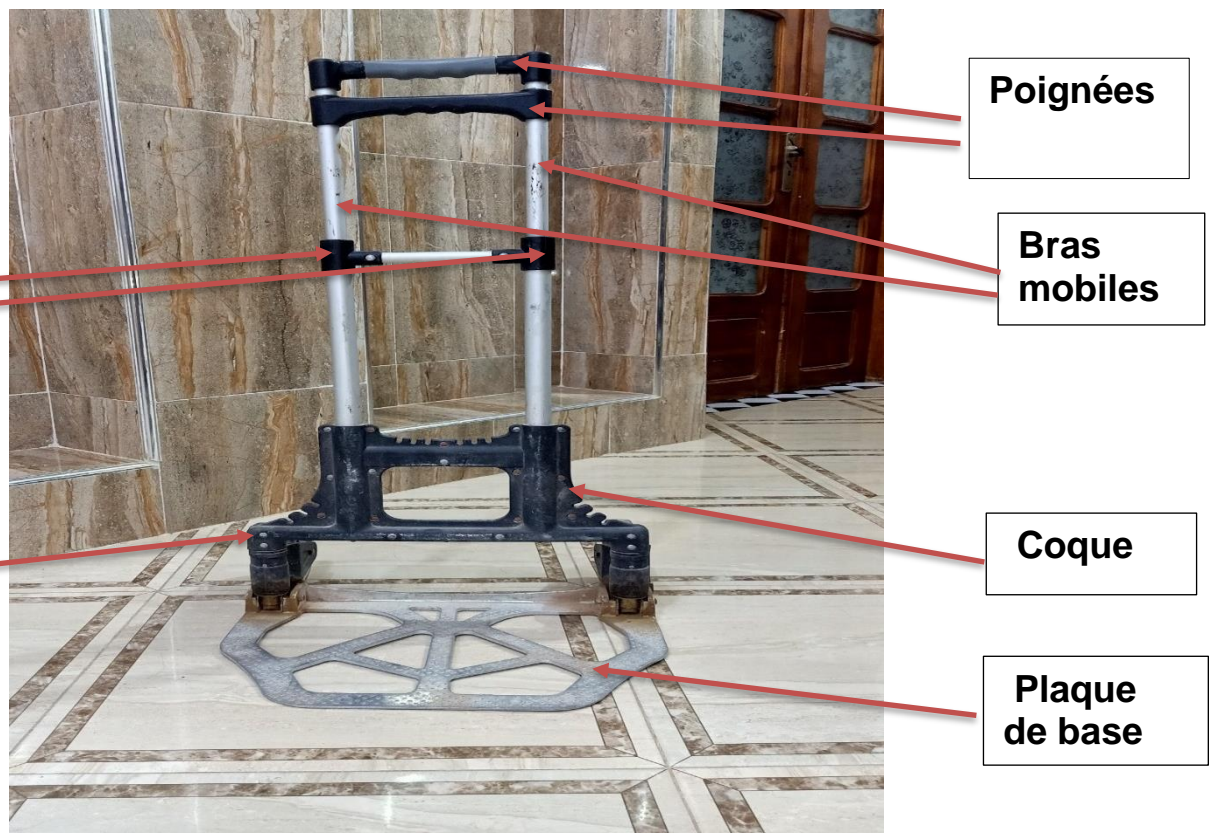


Figure III 1: Composants du Diable pliant en aluminium

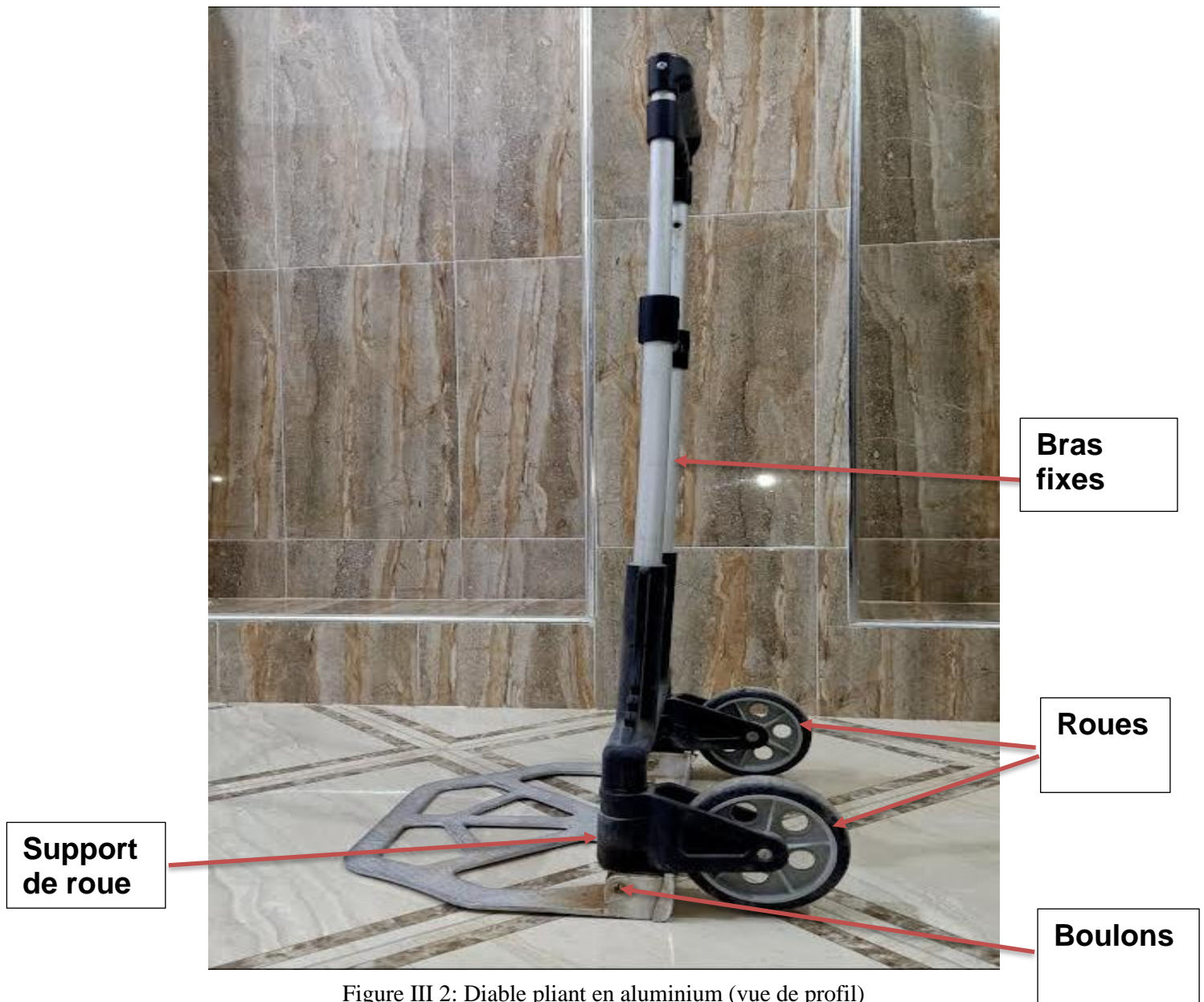


Figure III 2: Diable pliant en aluminium (vue de profil)

➤ Composants

Un diable pliant est un objet constitué de plusieurs composants qui peuvent varier selon le modèle et le fabricant. Cependant, voici une liste générale de composants que l'on peut retrouver sur un diable pliant :

- ✚ Les poignées : la poignée est l'élément que l'utilisateur saisit pour déplacer le diable.
 - ✓ Poignée fixe
 - ✓ Poignée mobile

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

✚ Les roues : les roues permettent au diable de rouler et de se déplacer facilement. Elles sont généralement en caoutchouc ou en PVC.

✚ Les axes des roues : les axes sont les tiges qui maintiennent les roues en place. Ils peuvent être en acier ou en plastique.

✚ Les loquets à ressort : les loquets maintiennent les bras de support en position lorsque le diable est utilisé. Ils sont généralement en aluminium pour offrir une résistance et une légèreté maximum.

✚ Les supports de loquets : ils sont fixés avec les bras fixes

✚ La tige entre support de loquet : elle est munie de trous pour permettre l'entrée et la sortie du loquet à ressort.

✚ La plaque de base : la plaque de base est la partie plate du diable sur laquelle on place la charge à transporter.

✚ Les bras mobiles : ce sont des tiges qui permettent grâce à des trous de régler la hauteur du diable, et soutiennent la charge à transporter en fonction de la taille de l'utilisateur.

✚ Les bras fixes : permettent aux bras mobiles de se replier pour que le diable puisse être rangé facilement.

✚ Les vis et les écrous : les vis et les écrous maintiennent la base avec les deux axes de roues. Et aussi permettent l'assemblage des deux parties de la poignée mobile.

✚ Tige et Tête de tige télescopique : c'est une tige à l'intérieur des bras mobiles qui permet d'ajuster la hauteur de la poignée en fonction de la taille de l'utilisateur ou de la charge à transporter.

✚ Les cylindres à ressort : ce sont des cylindres qui permettent le mouvement des roues avec la plaque de base.

✚ Pièce de base : c'est un rectangle muni d'un chemin pour faciliter le déplacement du cylindre à ressort.

✚ Cylindre de déplacement : il permet le déplacement du cylindre à ressort avec la base.

✚ Les rivets : ils permettent d'assembler les différentes composantes du chariot ensemble.

✚ La coque : c'est la pièce de base qui assemble presque tous les composants du chariot.

✚ Les rondelles : ils sont généralement utilisés pour séparer deux pièces et minimiser les frottements.

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

✚ Circlips : c'est la pièce principale dans le maintien du cylindre de déplacement avec la pièce de base.


Remarque : Cependant, il est important de noter que les composants peuvent varier selon les modèles et les fabricants de diables pliants, et il peut également y avoir des composants supplémentaires ou différents en fonction des besoins et des utilisations spécifiques du diable.

3. Conception des pièces du lève charge

Pour rétro-concevoir le lève charge manuel, on doit d'abord concevoir ses différentes pièces en utilisant le logiciel de conception assistée par ordinateur SolidWorks.

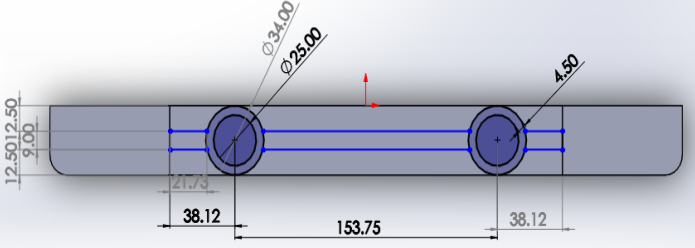
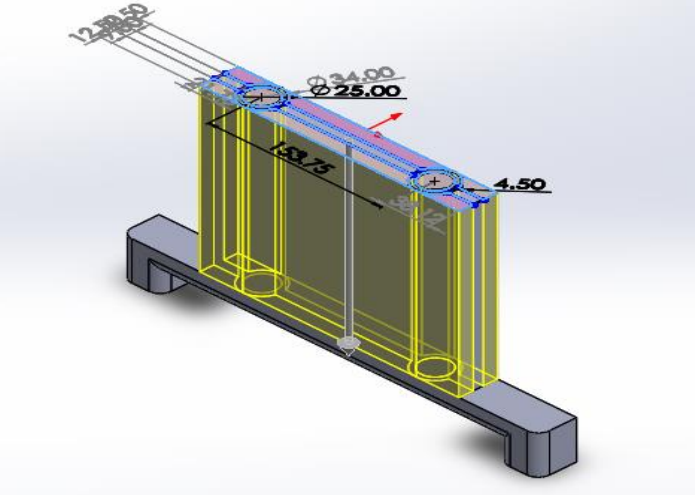
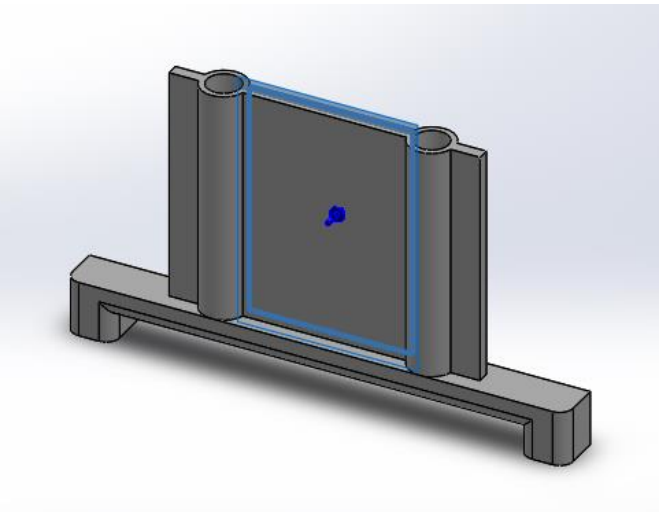
➤ La coque

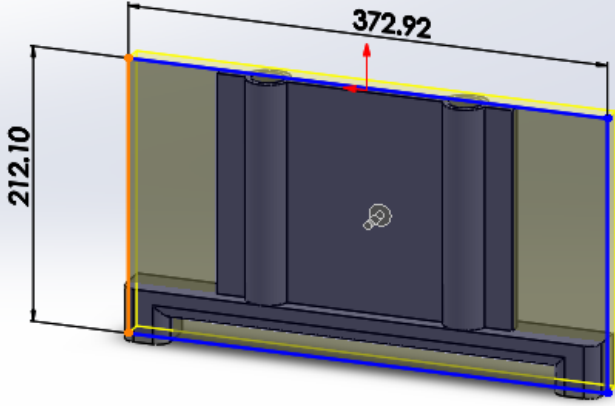
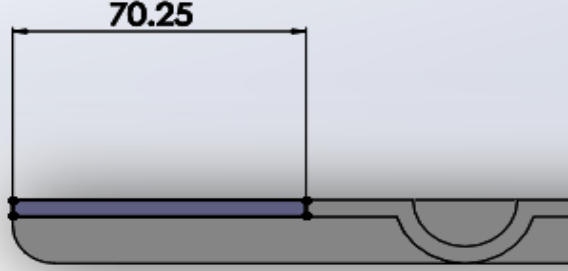
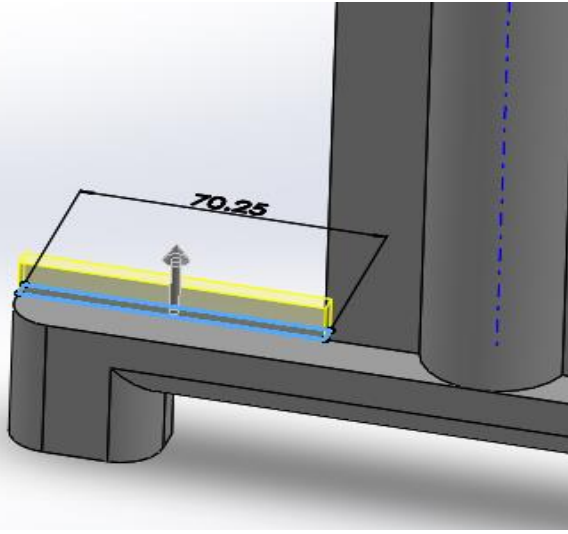
Tableau III 1: Les étapes de création de la coque

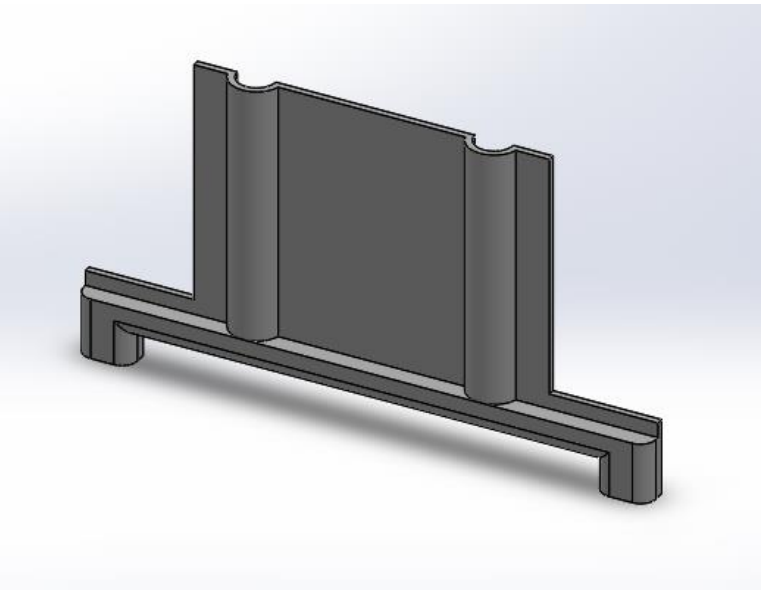
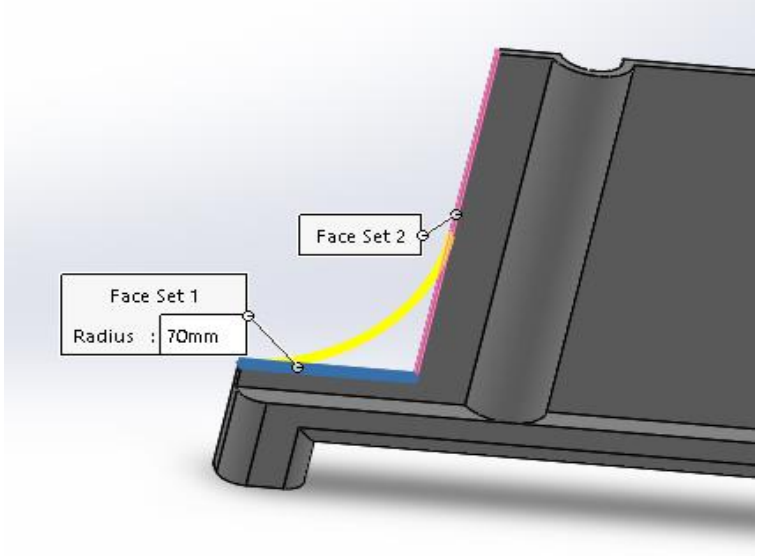
La pièce réelle	On va essayer de créer cette pièce nommée (coque)	
------------------------	---	---

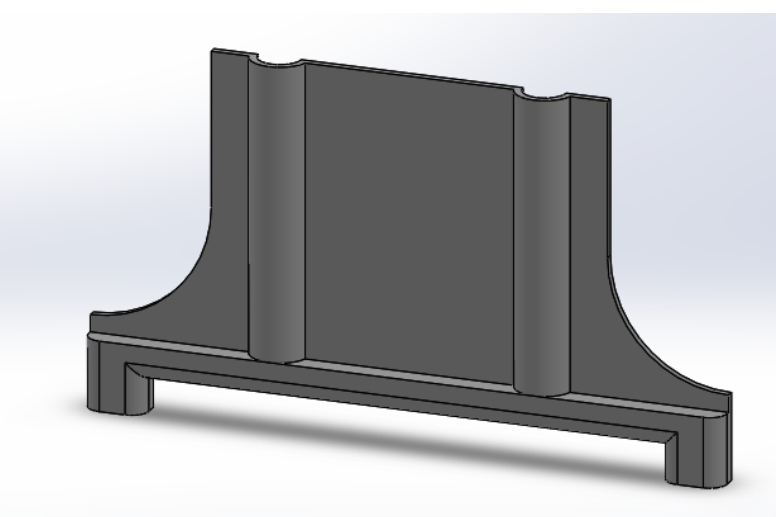
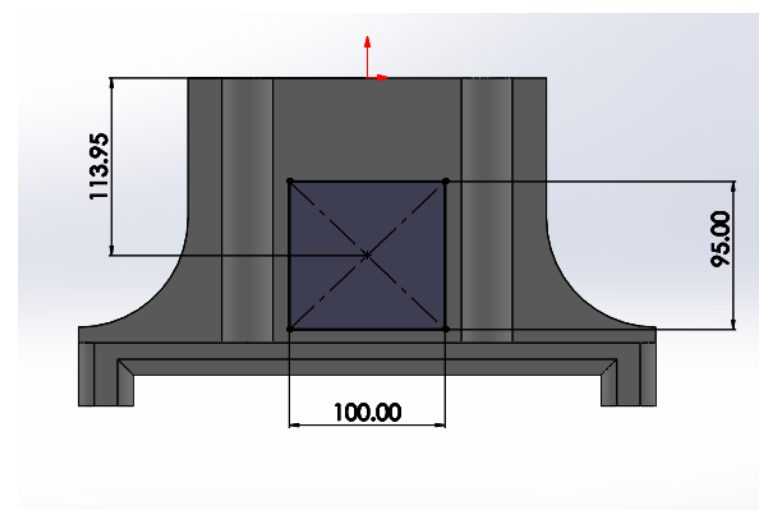
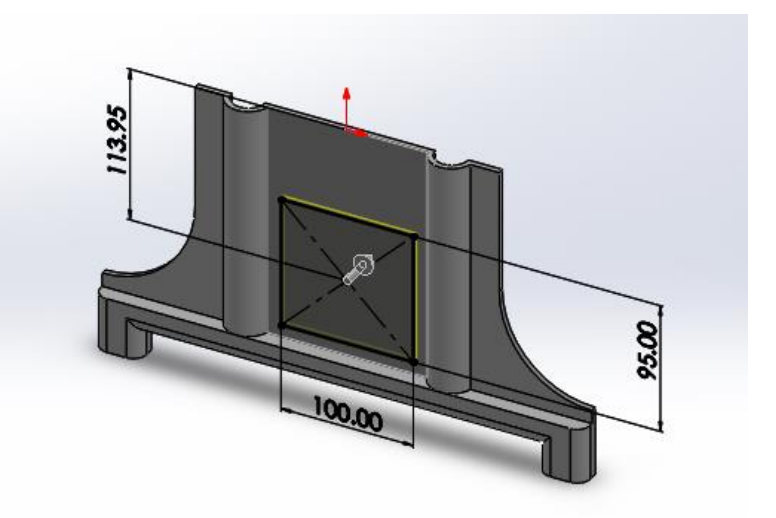
<p>Esquisse</p>	<p>On commence par former des lignes avec les dimensions réelles comme montré dans la figure en face :</p>	
<p>Bossage extrudé</p>	<p>Ensuite on va créer un bossage de 34 mm</p>	
<p>Congé</p>	<p>On va mettre un congé au bas du bossage pour une meilleur vue</p>	

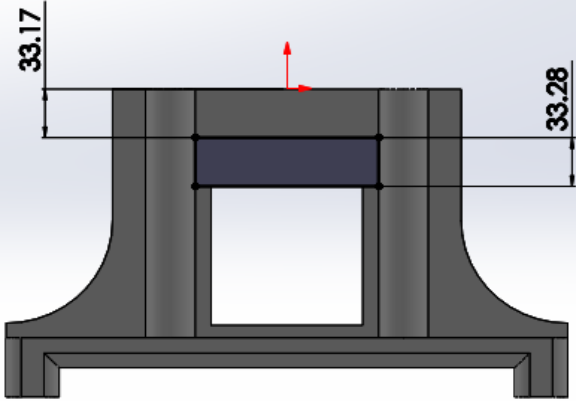
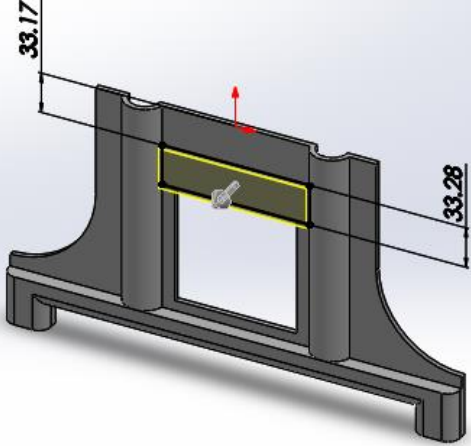
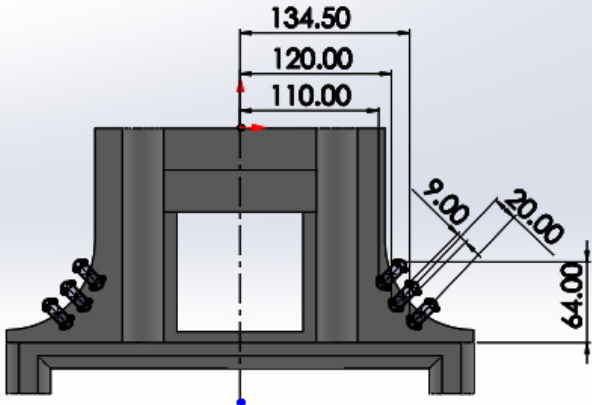
Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

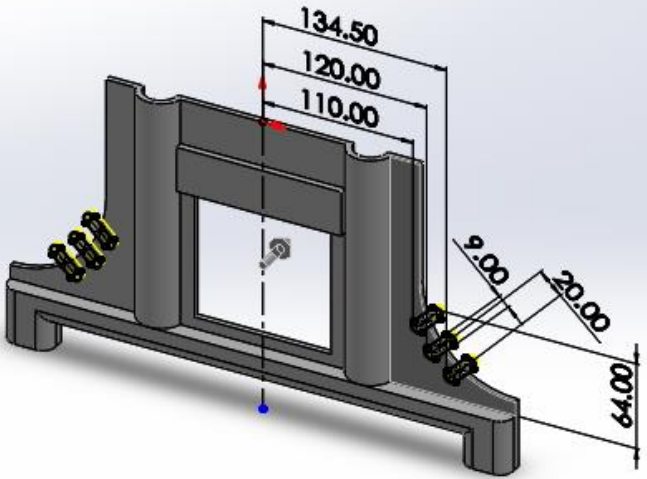
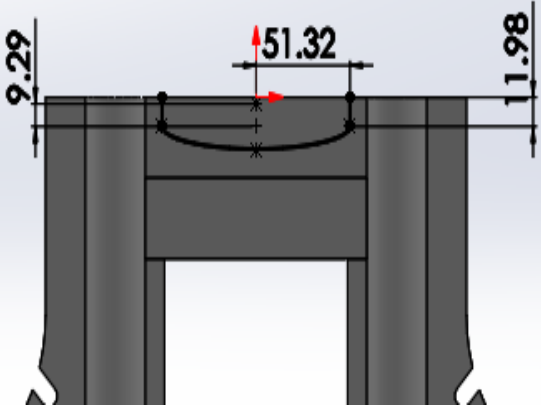
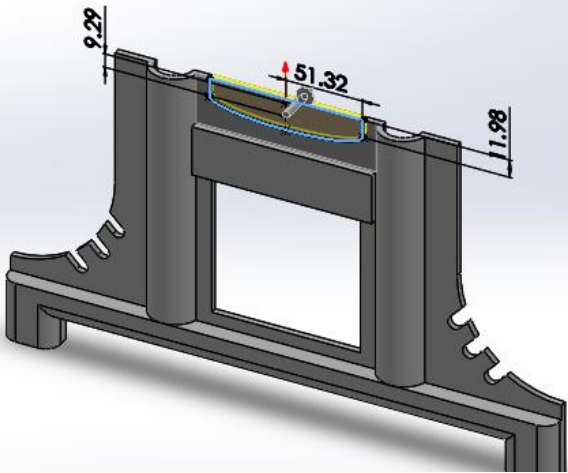
<p>Esquisse</p>	<p>On va créer deux cercles de chaque côté avec les dimensions données dans la figure</p>	
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>On va enlever de la matière autour des cercles créés précédemment jusqu'à la prochaine surface</p>	
<p>Plan de coupe</p>	<p>On va créer un plan au milieu de la pièce pour la couper en deux</p>	

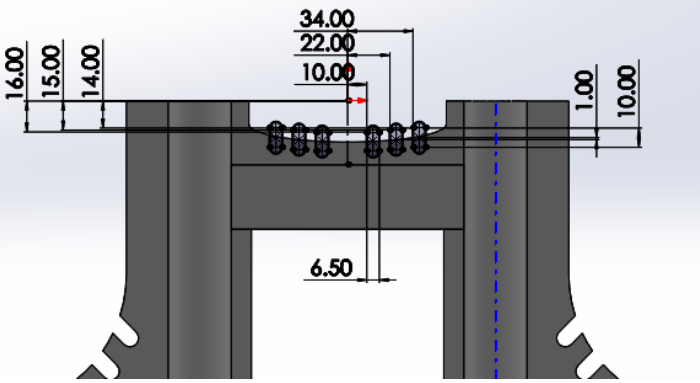
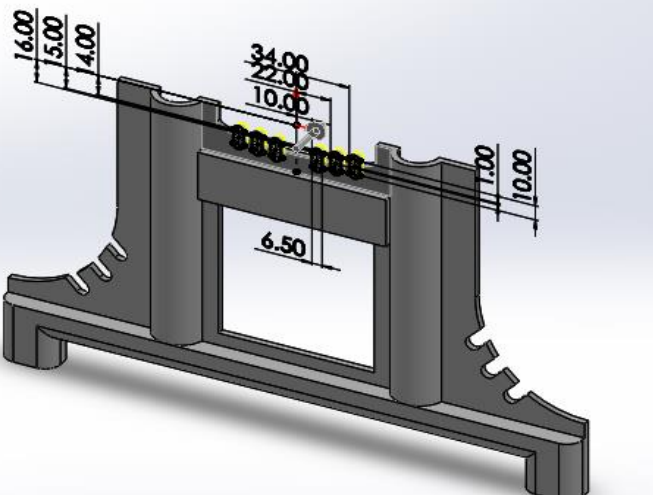
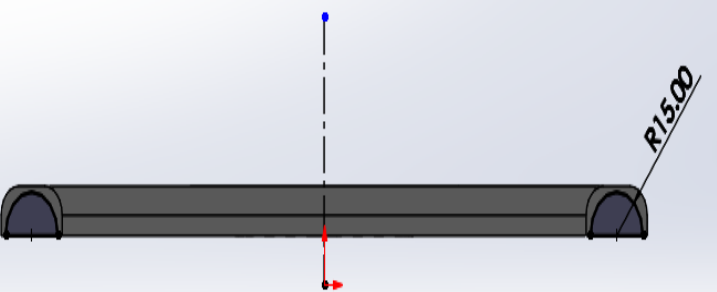
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>On enlève ensuite la moitié de la pièce avec un enlèvement de matière complète dans la direction mentionnée</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>On va ensuite créer un rectangle sur chaque coté</p>	
<p>Bossage extrudé</p>	<p>On va extruder de 10 mm le rectangle créé précédemment</p>	

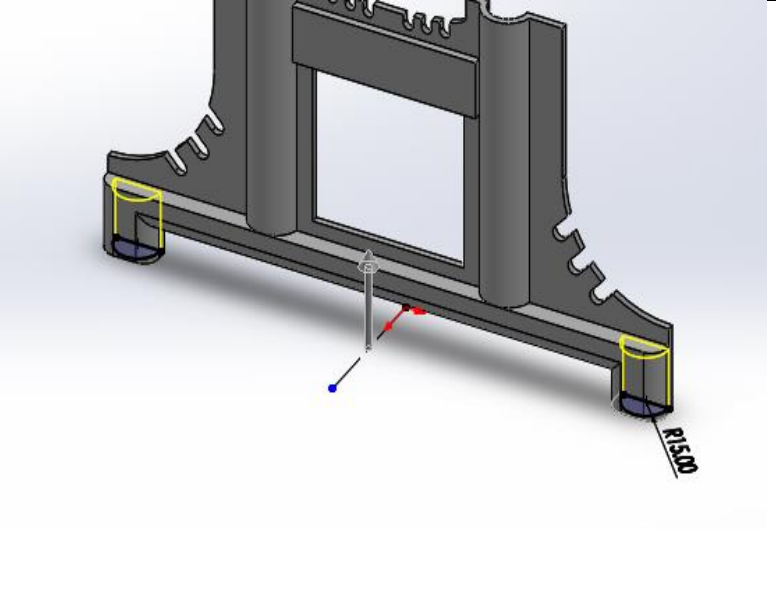
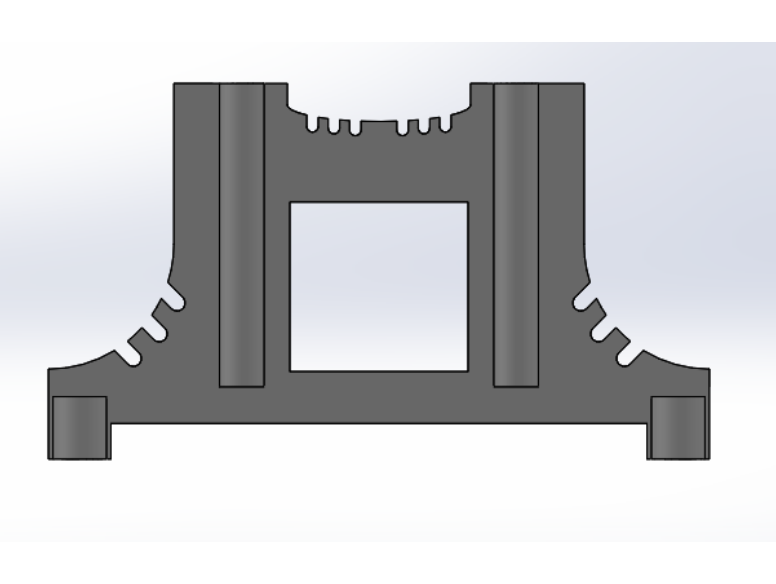
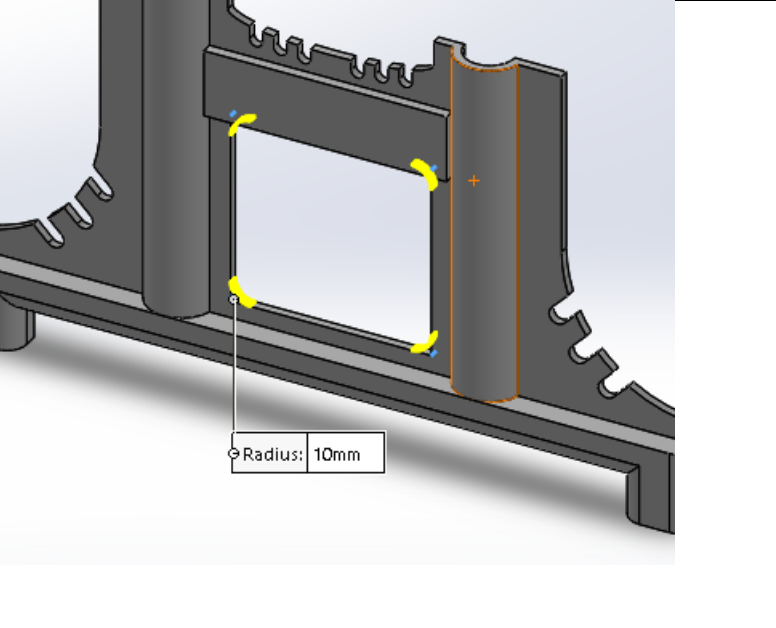
<p>Résultat</p>	<p>Résultat des fonctions utilisées précédemment</p>	
<p>Congé</p>	<p>Puis faire un congé de R70mm. On va faire la même chose de l'autre côté</p>	

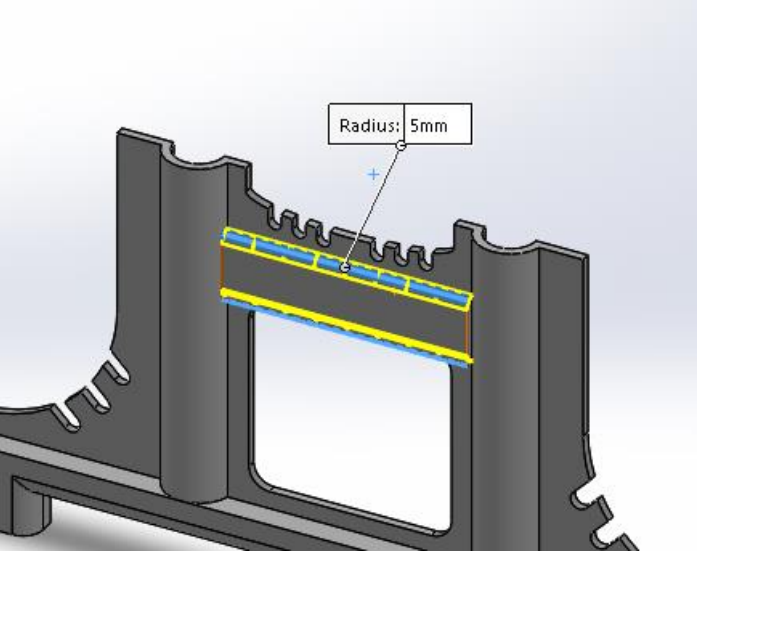
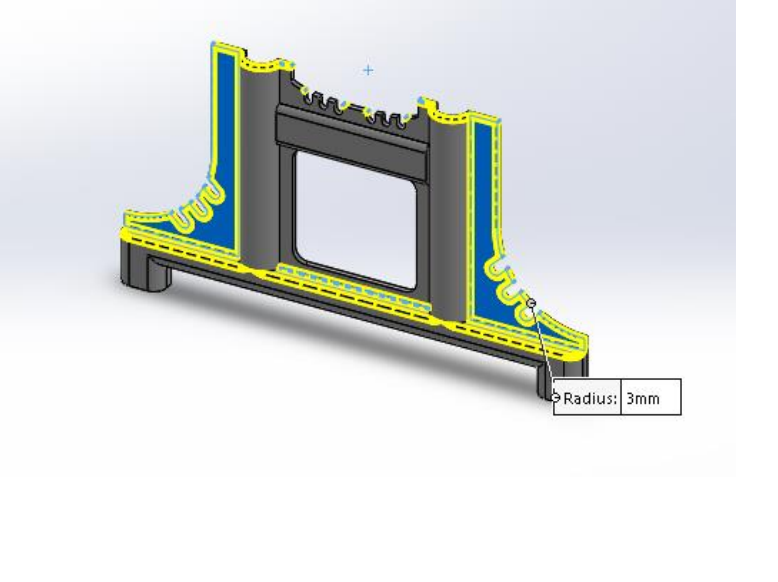
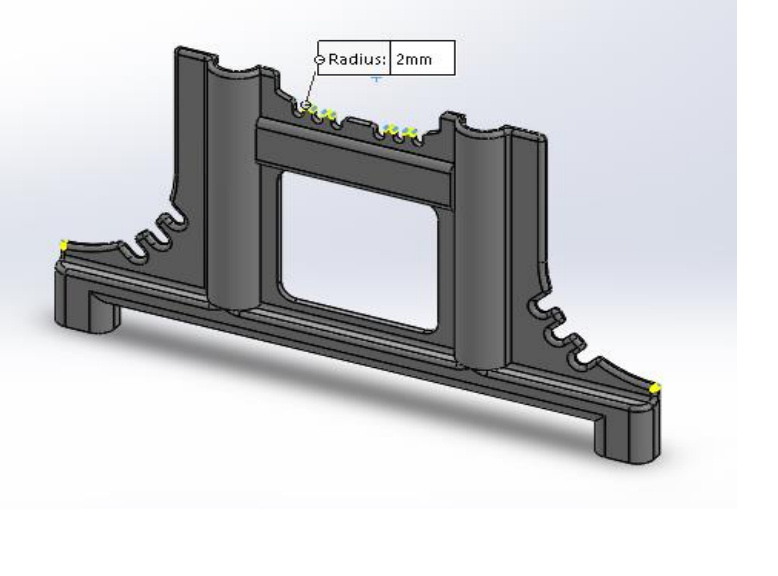
<p>Résultat</p>	<p>Voici le résultat des deux côtés</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>On crée un rectangle de dimensions réelles au milieu de la pièce</p>	
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>On va enlever de la matière dans la direction souhaitée avec « through all »</p>	

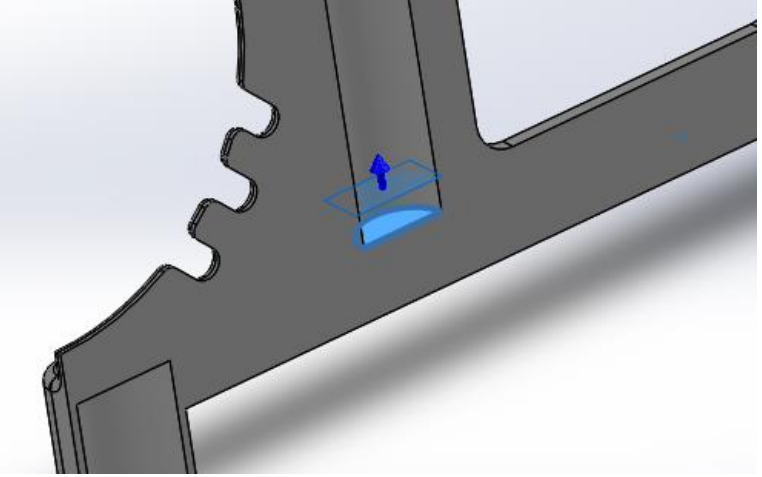
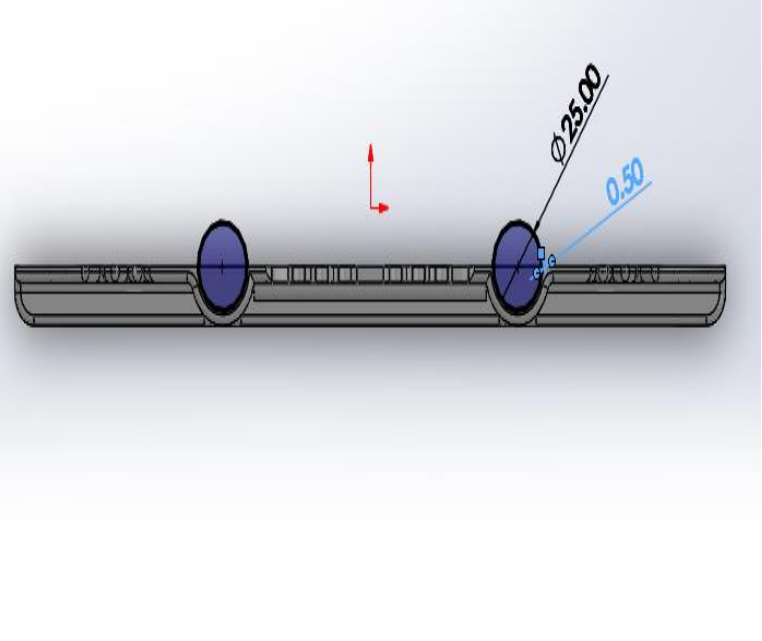
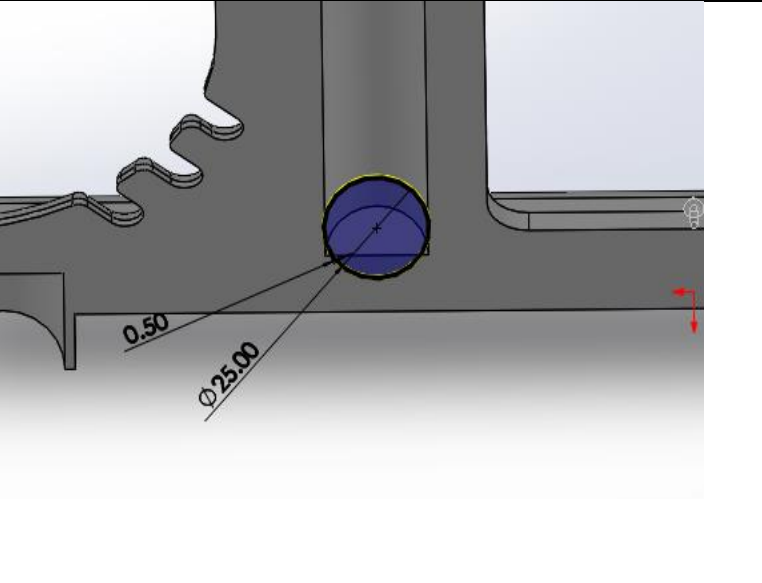
<p>Esquisse</p>	<p>On crée un rectangle de dimension réelle au-dessus du rectangle précédent</p>	
<p>Bossage extrudé</p>	<p>Ensuit un bossage de 5.35mm dans la direction donnée dans la figure</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>On a créé une esquisse de (contrepoint straight slot) avec les dimensions montrées dans la figure</p>	

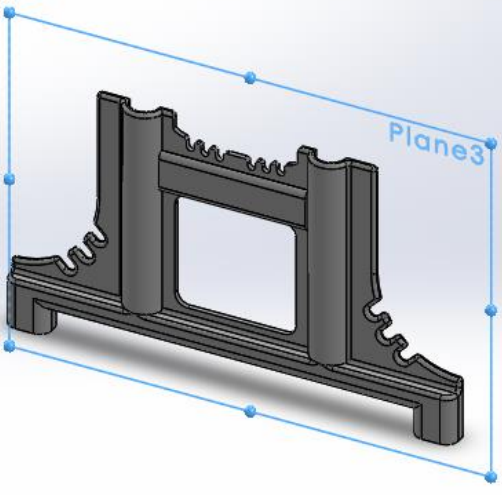
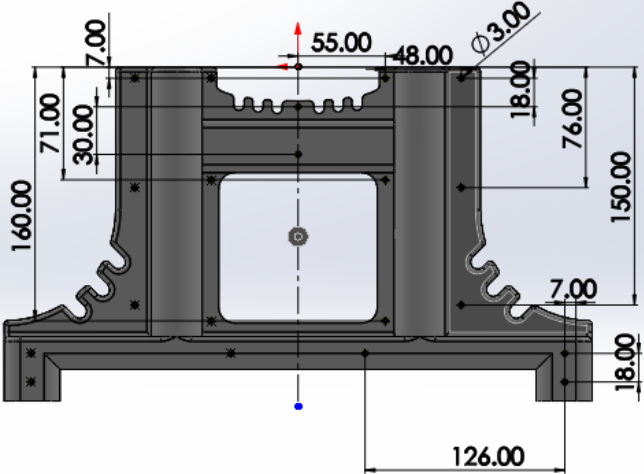
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Sélectionner une fonction d'enlèvement de matière (Through all)</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>On a créé deux lignes puis une ellipse ensuite on a effacé une partie avec trime entités pour arriver à cette forme avec les dimensions données dans la figure ci-contre</p>	
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Sélectionner fonction enlèvement de matière (Through all)</p>	

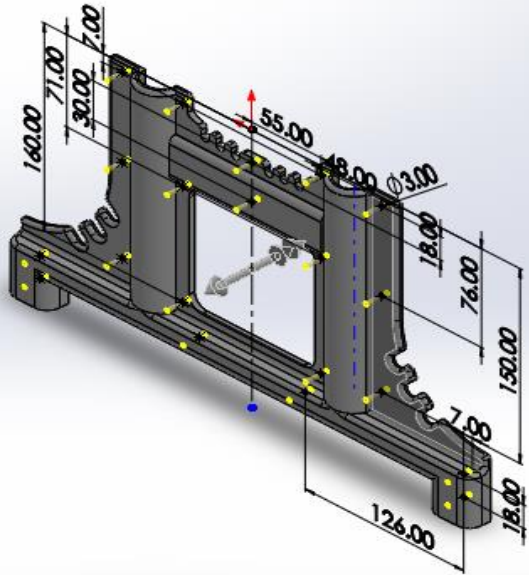
<p>Esquisse</p>	<p>On a créé une esquisse de (contrepoint straight slot) avec les dimensions montrées dans la figure</p>	
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Puis sélectionner une fonction d'enlèvement de matière (Through all)</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>On va créer un demi-cercle puis on utilise la fonction miroir par rapport à l'axe de milieu pour créer un autre cercle symétrique de R15mm</p>	

<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Après on va faire Enlèvement de matière de 35mm pour créer des trous pour fixer les axes de roues</p>	 <p>A 3D CAD model of a carriage frame. Two yellow cylindrical volumes are shown being removed from the bottom rail, one on each side. A vertical axis with a red arrow and a blue dot is positioned between the two removal volumes. The text 'R1500' is visible on the right side of the model.</p>
<p>Résultat</p>	<p>Résultat des fonctions utilisées précédemment</p>	 <p>A 3D CAD model of the carriage frame showing the result of the material removal operations. The two cylindrical volumes have been removed, leaving two rectangular holes in the bottom rail. The rest of the frame is shown in a dark gray color.</p>
<p>Congé</p>	<p>Congés de 10mm</p>	 <p>A 3D CAD model of the carriage frame with fillets applied to the corners. Yellow arrows point to the corners where the fillets are being applied. A callout box at the bottom center indicates 'Radius: 10mm'.</p>

<p>Congé</p>	<p>Congé de 5mm</p>	
<p>Congé</p>	<p>Congé de 3 mm</p>	
<p>Congé</p>	<p>Congé de 2mm</p>	

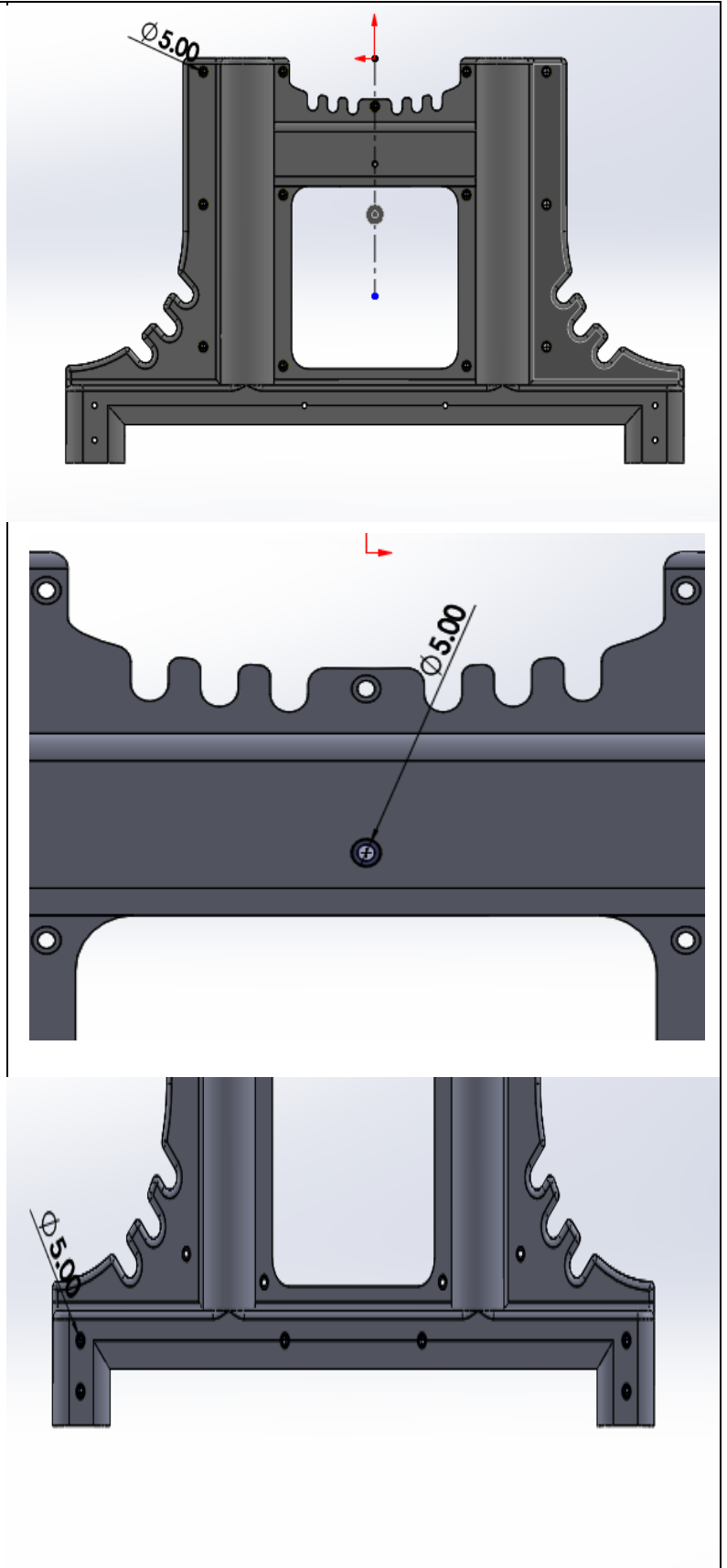
<p>Plan</p>	<p>Créer un plan dans les trous pour les bras fixes</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>Créer deux cercles de 25mm de diamètre et 0.5mm de distance entre eux de chaque côté comme la figure nous montre</p>	
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Enlèvement de matière de 0.5mm</p>	

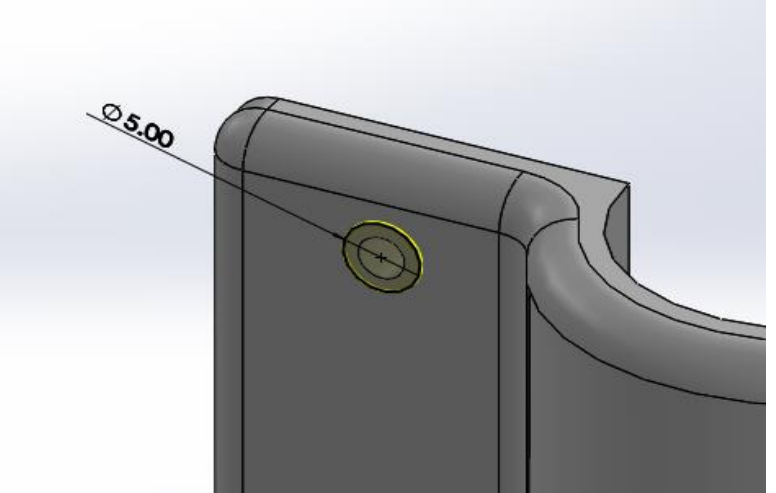
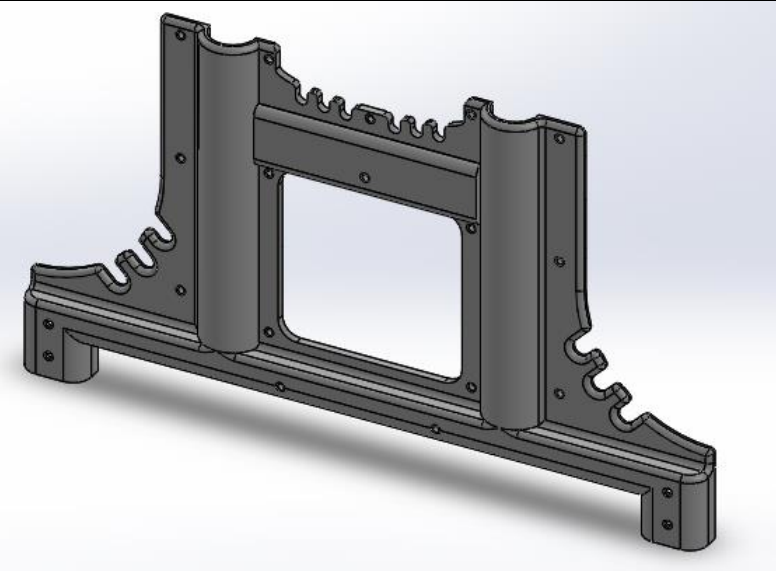
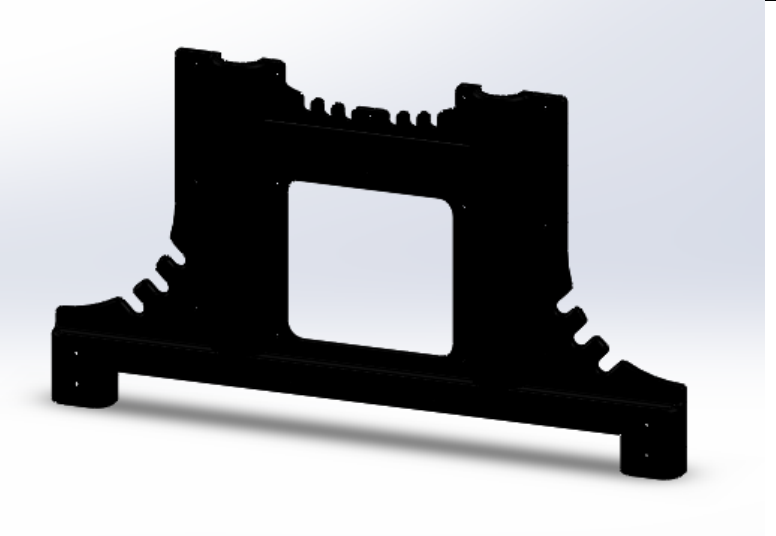
<p>Plan</p>	<p>Créer un plan parallèle à la face de la coque</p>	
<p>Esquisse</p>	<p>Créer des cercles pour les trous de rivets dans le plan précède avec les dimension indiquées</p>	

<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Ensuite on va créer des trous à travers tout</p>	 <p>The image shows a 3D CAD model of a mechanical component, likely a part of a crane trolley. The model is rendered in a light gray color. It features a complex shape with a central vertical section and a horizontal base. Several dimensions are indicated with black lines and numerical values: 160.00 (total height), 71.00 (height of the upper section), 30.00 (width of the upper section), 7.00 (thickness of the upper section), 55.00 (width of the central vertical section), 48.00 (width of the lower section), 18.00 (width of the base), 76.00 (height of the base), 150.00 (total width), 7.00 (thickness of the base), 126.00 (width of the base), and 18.00 (width of the base). A red arrow points to a feature on the top surface, and a blue dot is located on the base. Yellow dots are scattered across the model, indicating the locations of features to be created or removed.</p>
---	---	---

Esquisse

Ensuite on va créer des cercles plus grands que les précédents



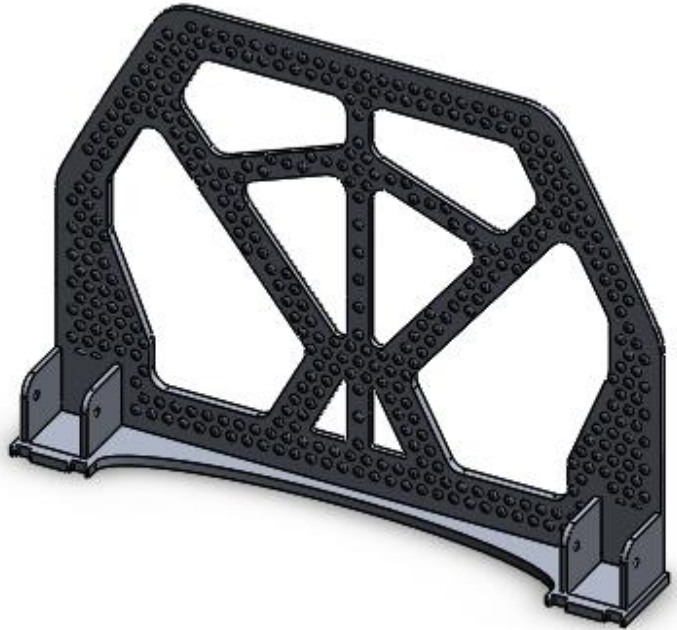
<p>Enlèvement de matière</p>	<p>Enlèvement de matière dans tout les cercles créés précédemment de 0.5mm</p>	
<p>Résultat</p>	<p>Résultat de toutes les fonctions utilisées</p>	
<p>Pièce finie</p>	<p>Pièce finie avec apparence</p>	

➤ Les autres pièces du chariot

Tableau III 2: Les différentes pièces

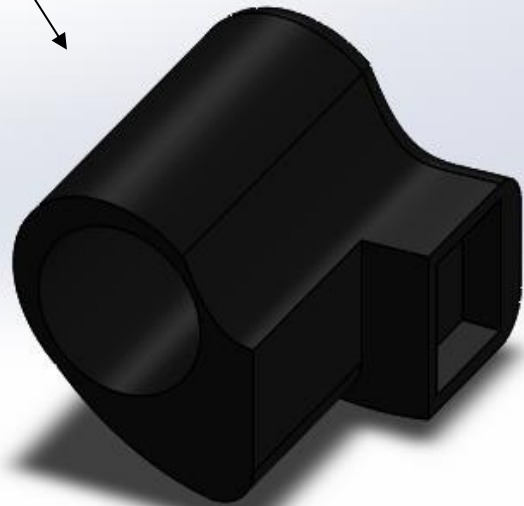
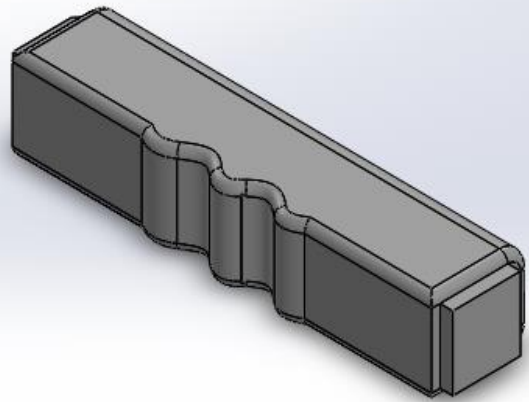
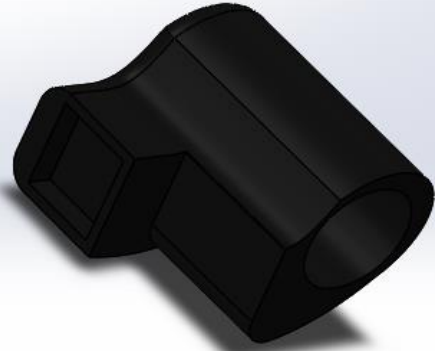


La plaque de base



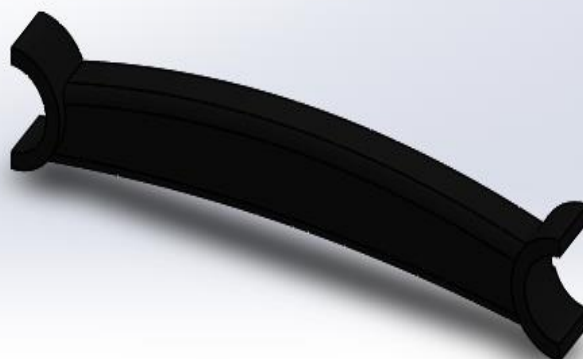
Poignée fixe

La poignée fixe se compose de trois parties



Poignée mobile

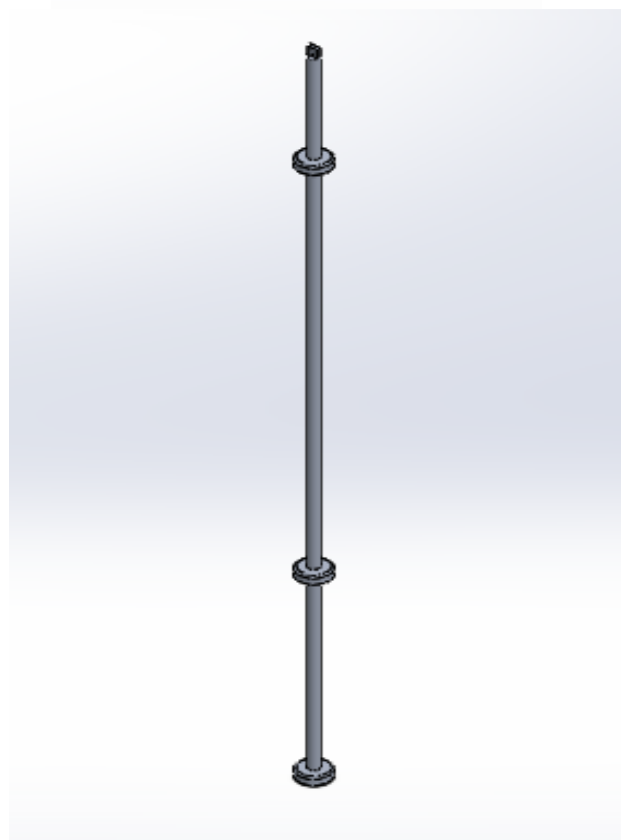
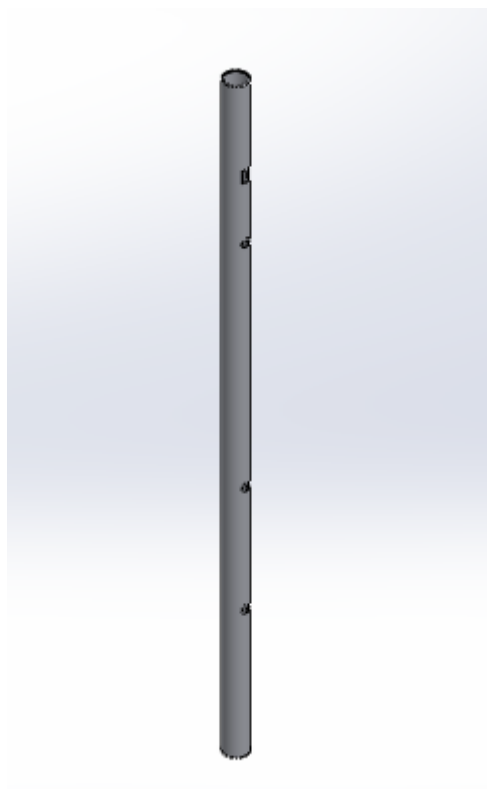
Elle se compose de deux parties



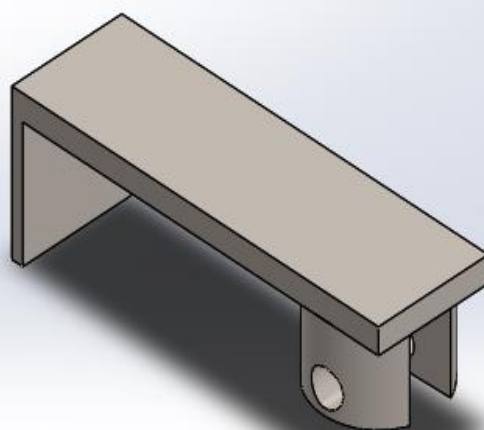


Tige télescopique

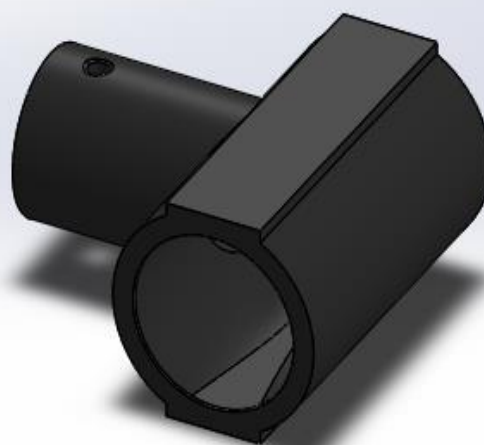
Les bras mobiles



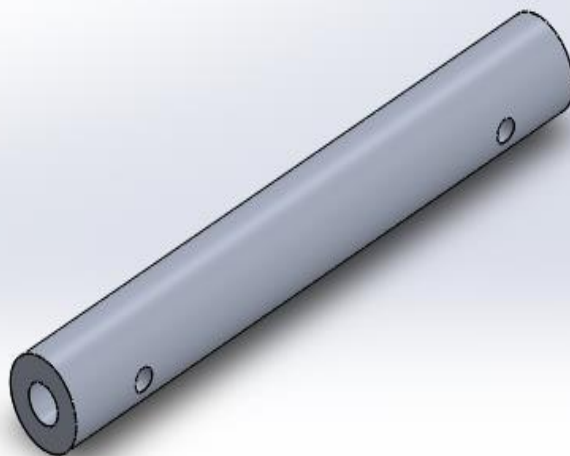
Tête de tige



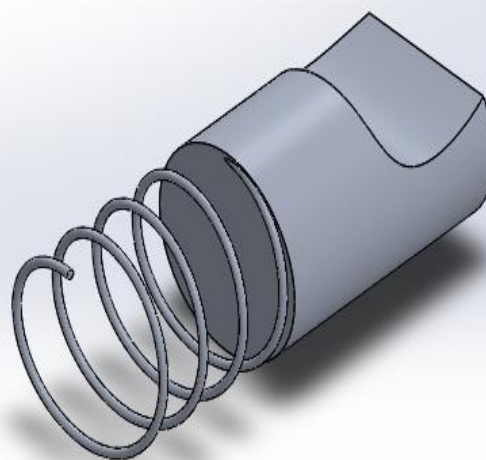
Support de loquet

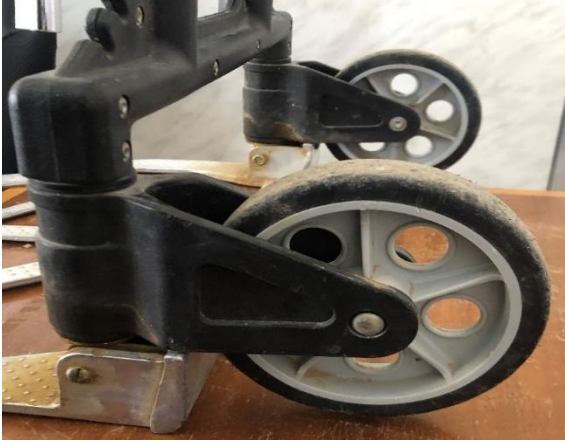


Tige entre support de loquet



Loquet à ressort



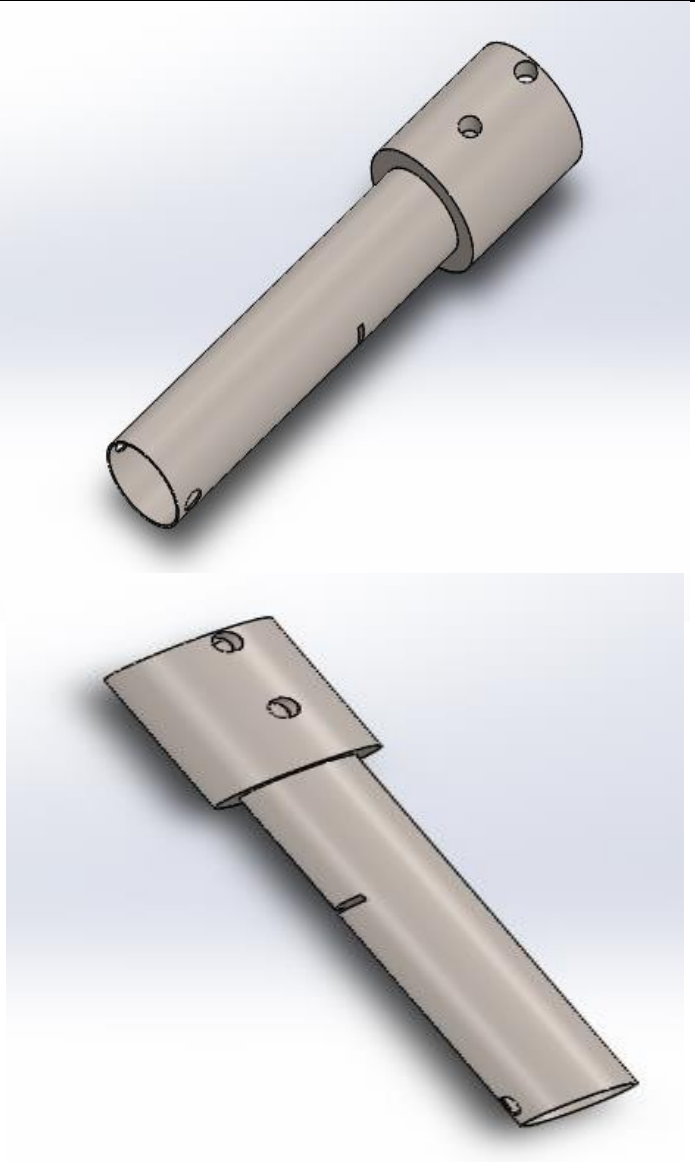


Support de roue



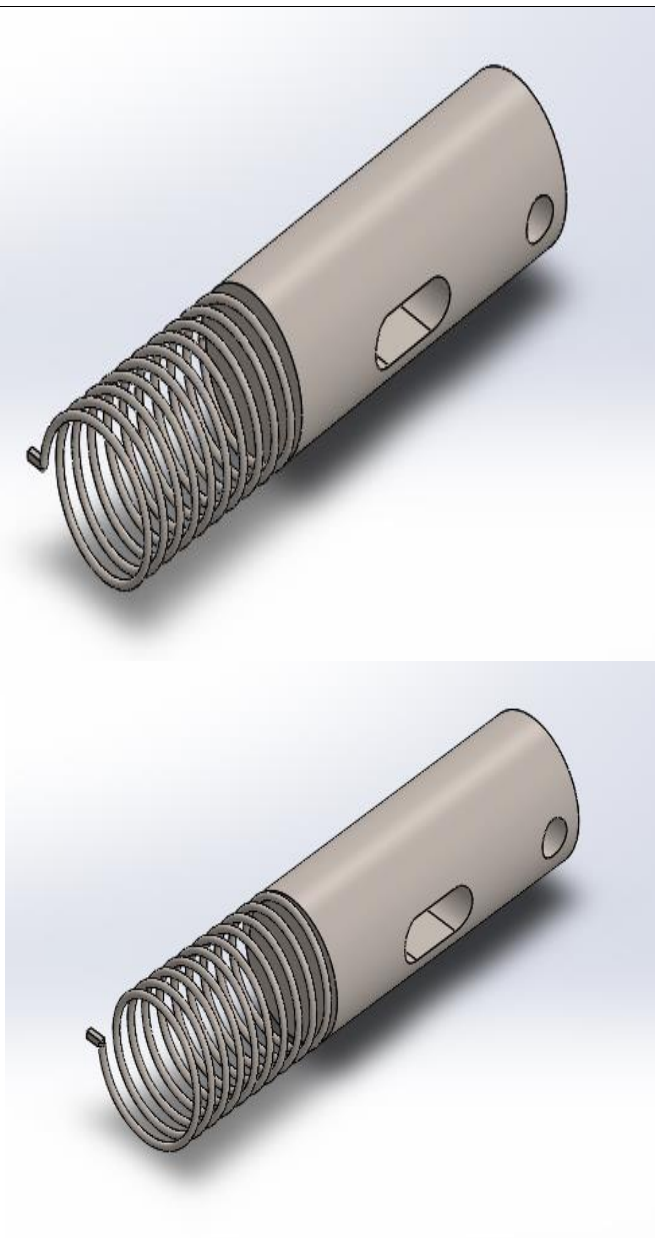
Les axes des roues

On a deux axes l'un pour la roue de droite et l'autre pour la gauche

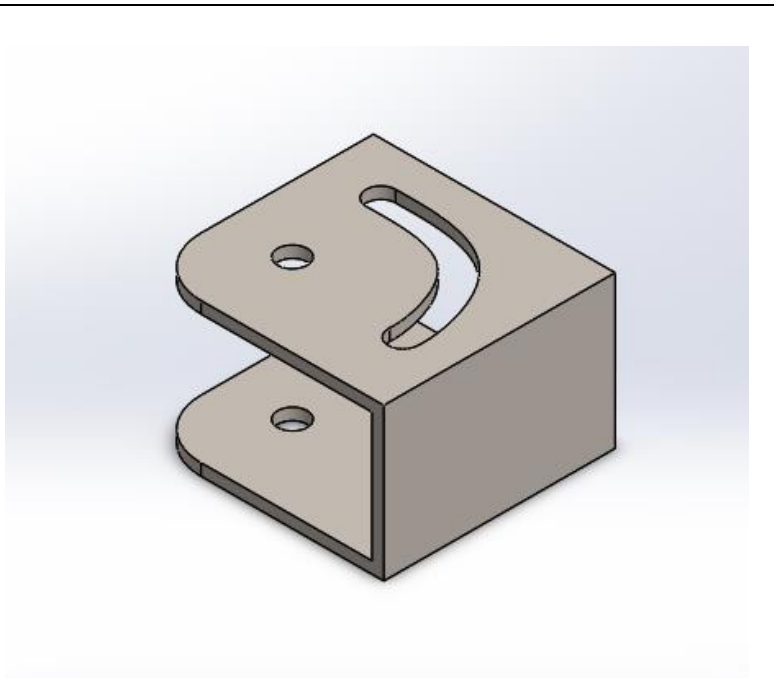


Les cylindres à ressorts

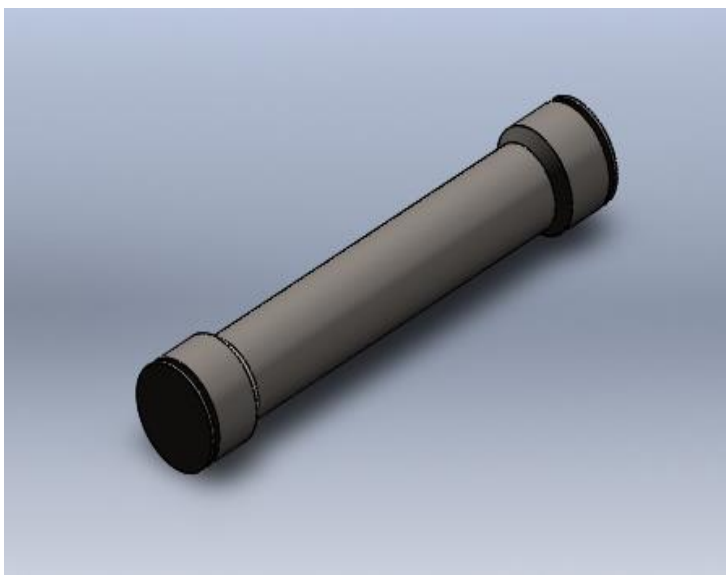
La même chose pour les cylindres à ressorts :
deux pour les deux cotés



Pièce de base



Cylindre de déplacement



4. Assemblage des pièces

➤ Assemblage avec les contraintes

Les fonctions qui donnent une relation géométrique (tangence, symétrie, rainure, vis-écrou ...etc.) entre deux parties de deux pièces sont ce que l'on appelle des contraintes. Dans SolidWorks il existe 3 types de contraintes :

Les contraintes standards (coïncidence, perpendicularité, blocage ...),

Les contraintes avancées (symétrique, glissière, angles limites ...)

Les contraintes mécaniques (cames, engrenage, hélicoïdale ...).

-
- On commence d'abord par coïncider les deux faces de la coque et du bras fixe par contrainte standard de coïncidence des deux faces parallèles
-

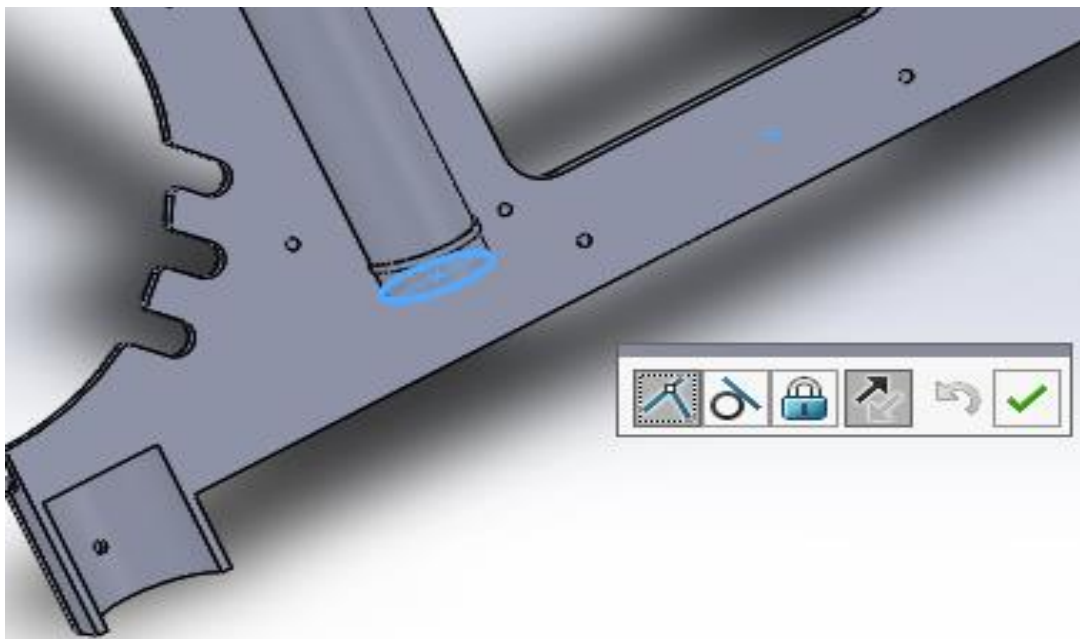


Figure III 3: Coïncidence des deux faces

- Ensuite on va appliquer une contrainte de concentricité entre les deux cylindres
-

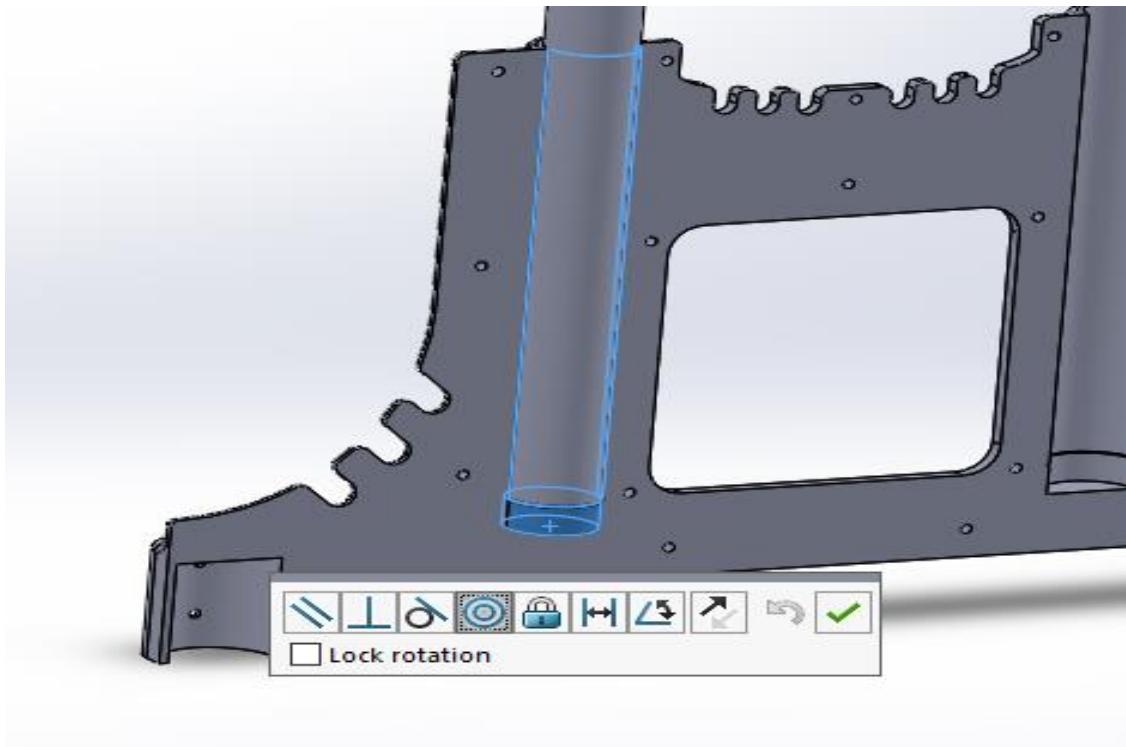


Figure III 4: Concentricité des deux cylindres

- Ensuite on va faire la même chose avec l'autre bras fixe

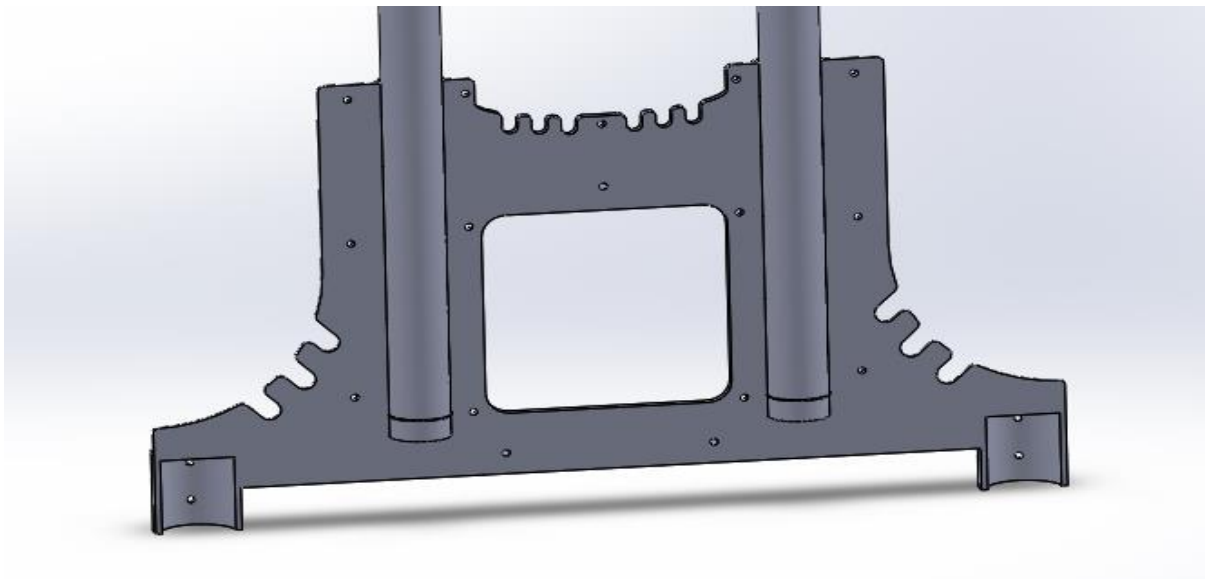


Figure III 5: Assemblage des deux bras fixes

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Après on va assembler les deux moitiés de la coque avec une contrainte de coïncidence

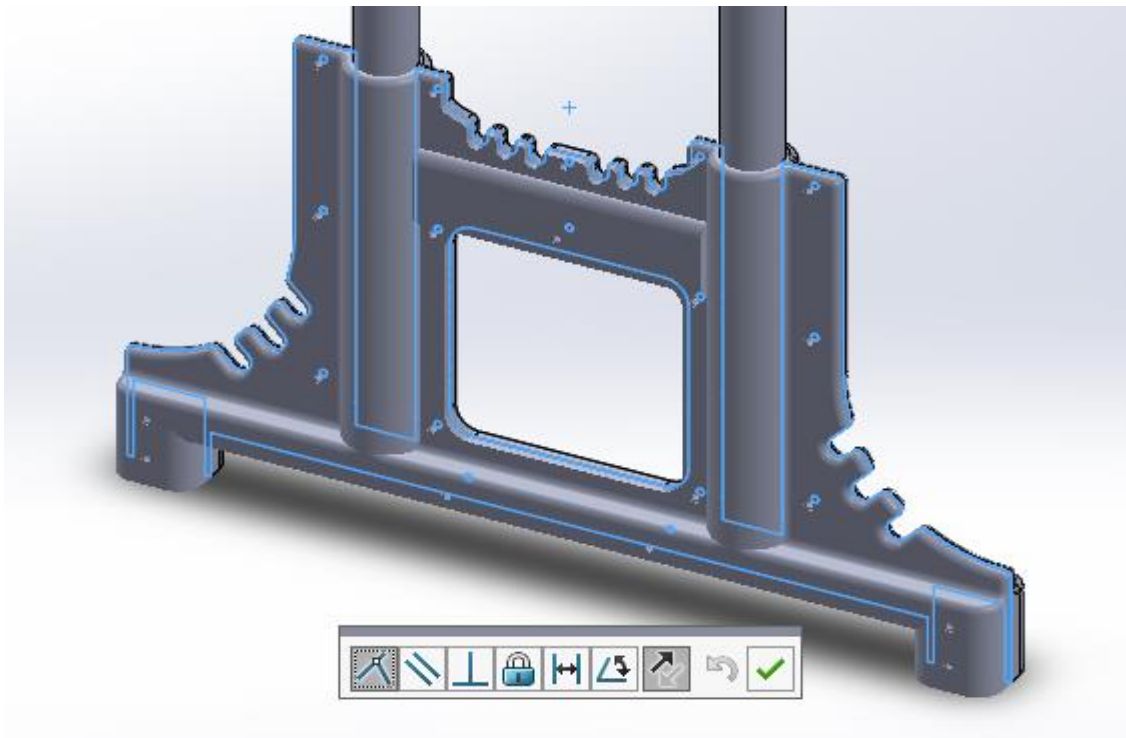


Figure III 6: Coïncidence des deux face de la coque

- Après ça on va coïncider les deux côtés pour fixer la coque

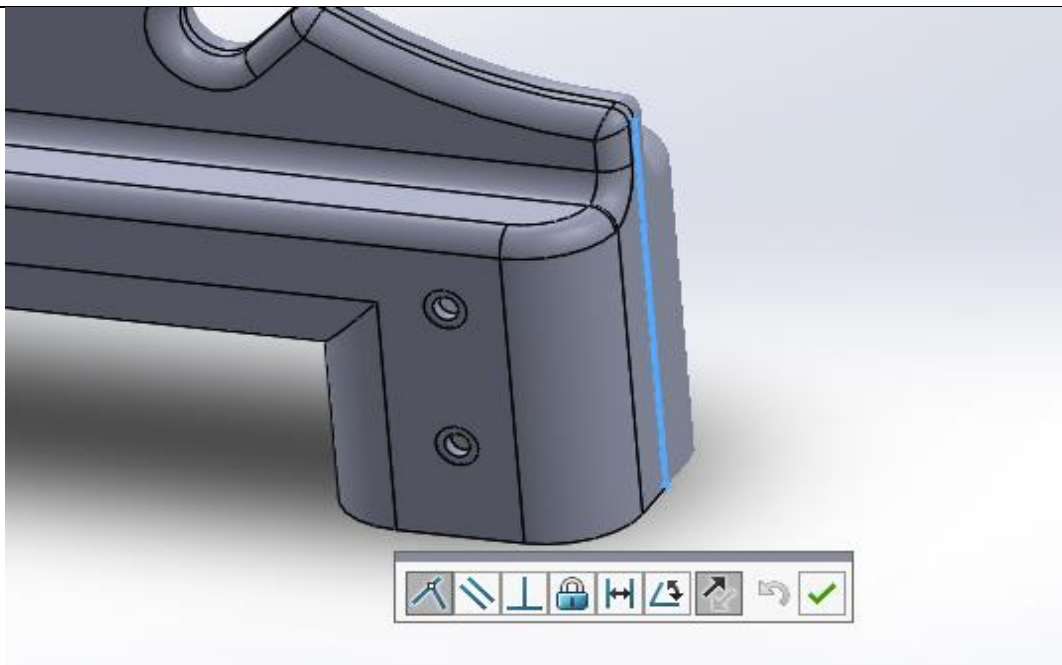


Figure III 7: Coïncidence des deux arrêtes de la coque

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- La même chose de l'autre côté

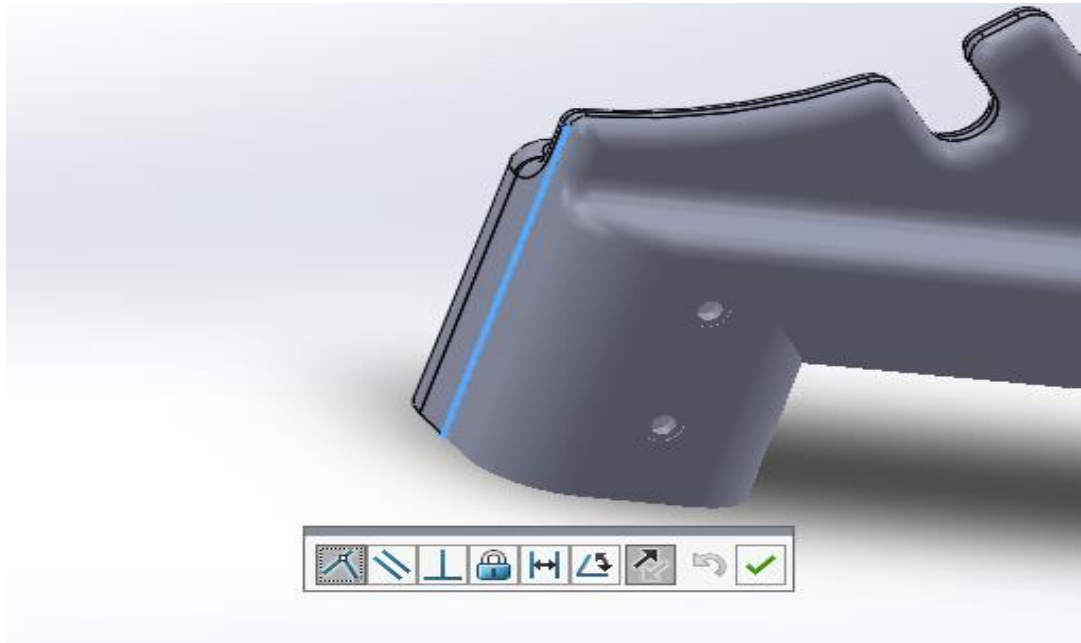


Figure III 8: Assemblage de l'autre côté

- On va appliquer les rivets de la coque avec une concentricité avec le cylindre et les trous

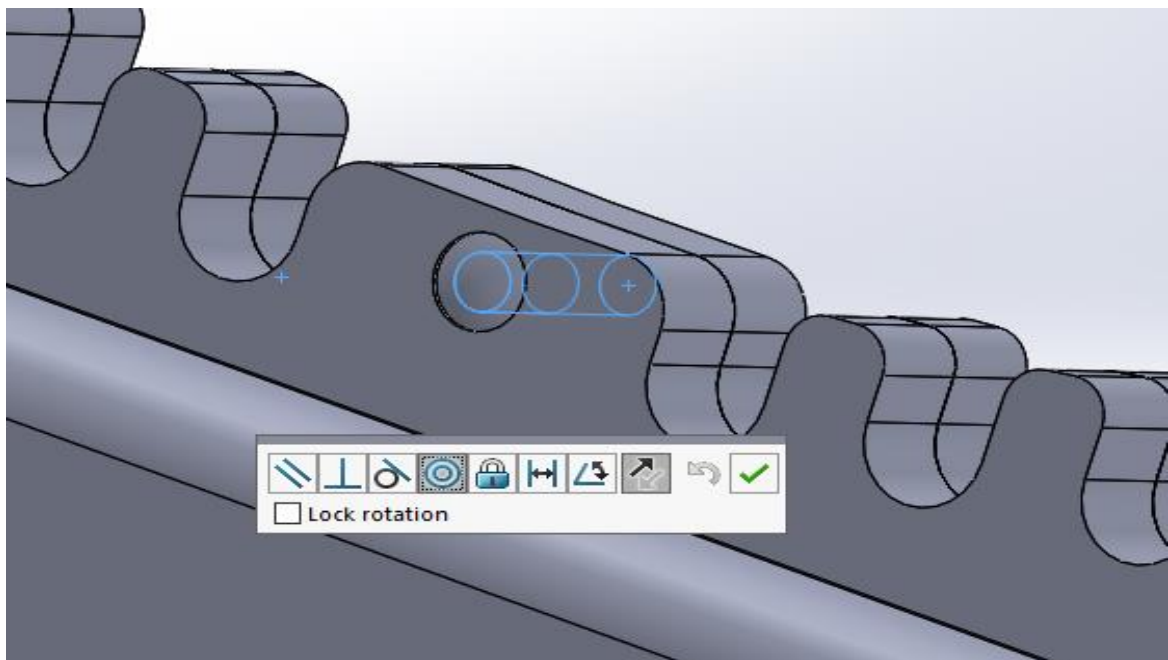


Figure III 9: Concentricité du rivet

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- En suite pour le même rivet on applique une contrainte de coïncidence avec la face de la coque et le contour du rivet

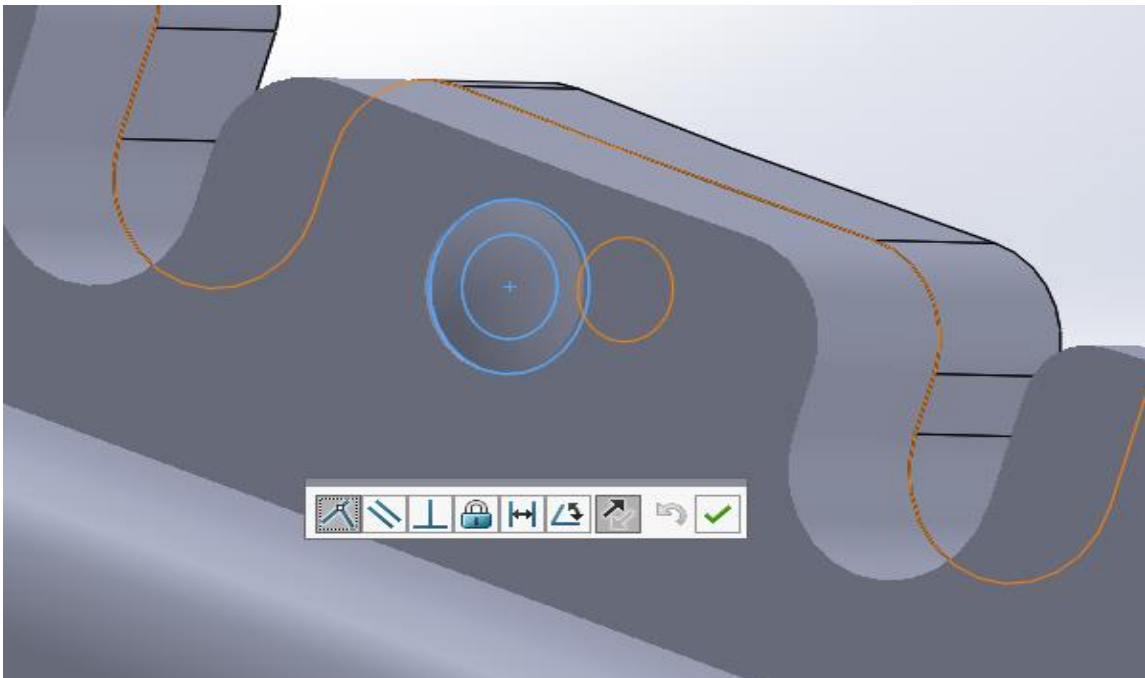


Figure III 10: Coïncidence du rivet

- En outre dans l'autre côté du rivet on va appliquer une contrainte de concentricité de la tête du rivet avec son cylindre

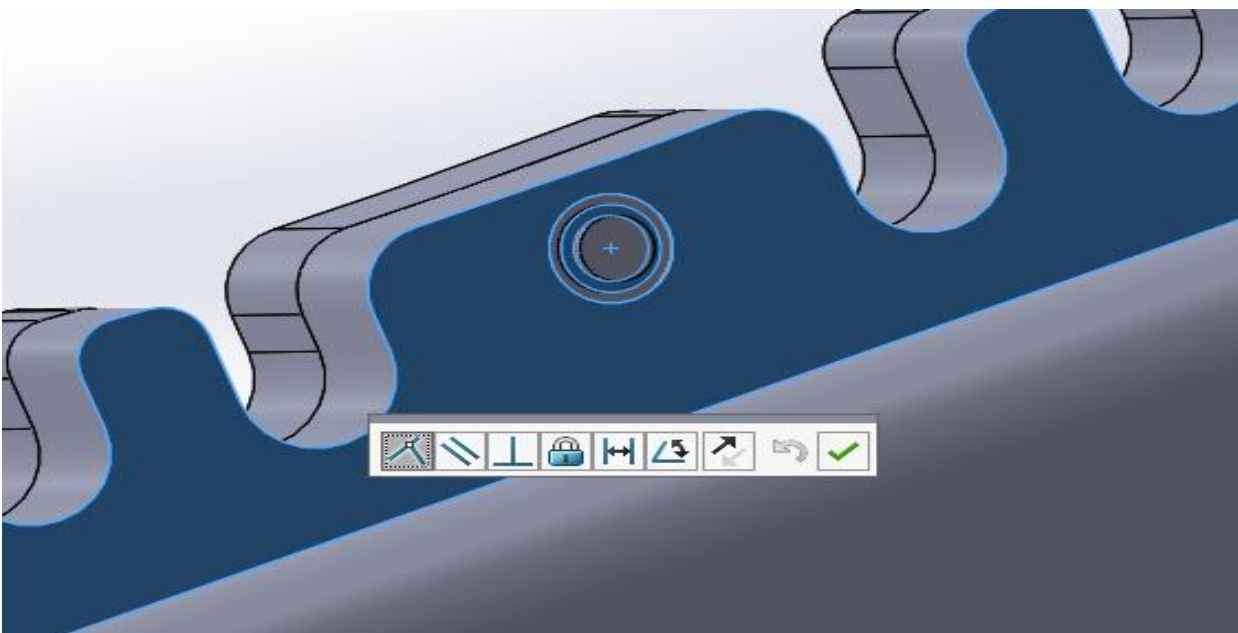


Figure III 11: Concentricité de la tête de rivet

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Puis une coïncidence avec la face de la coque et le contour de la tête de rivet

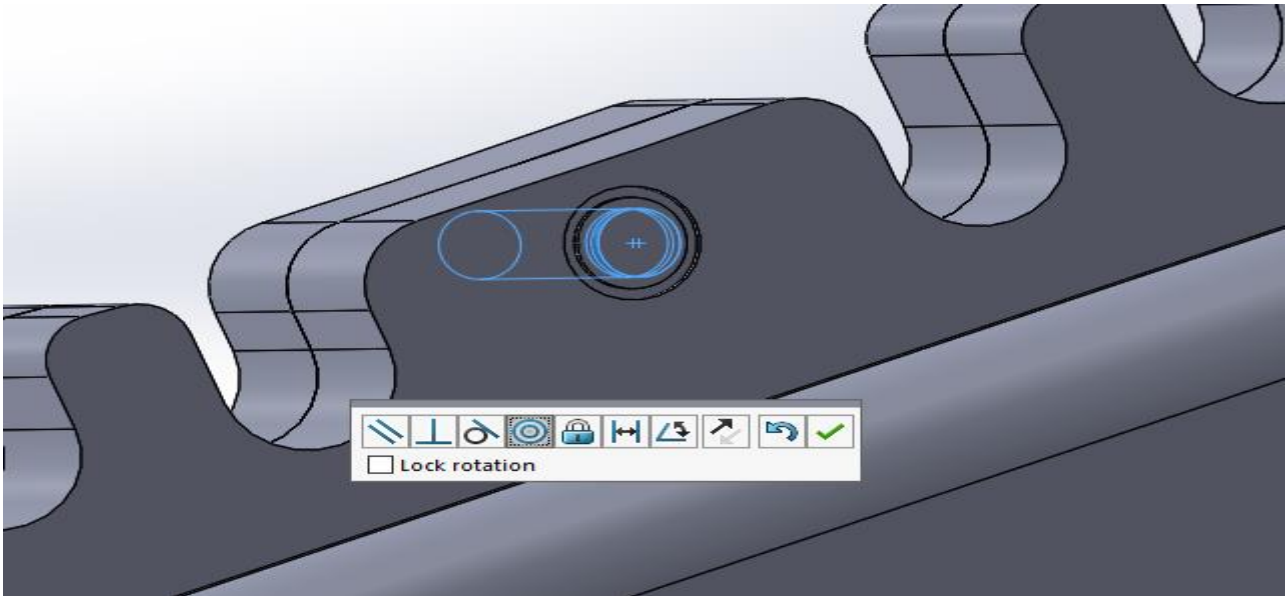


Figure III 12: Coïncidence de la tête de rivet

- Appliquer les mêmes contraintes pour tous les rivets et têtes de rivets de la coque

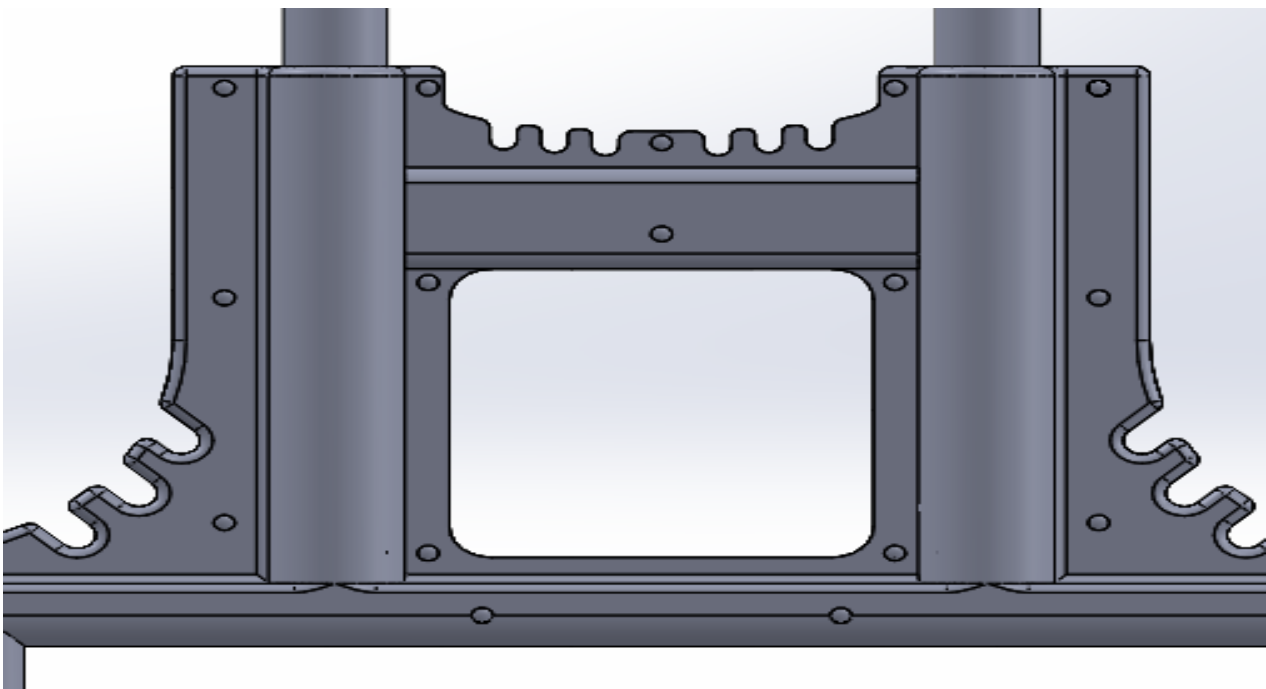


Figure III 13: Assemblage de tous les rivets de la coque

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- On va introduire ensuite les axes de roues avec une concentricité entre les deux cylindres

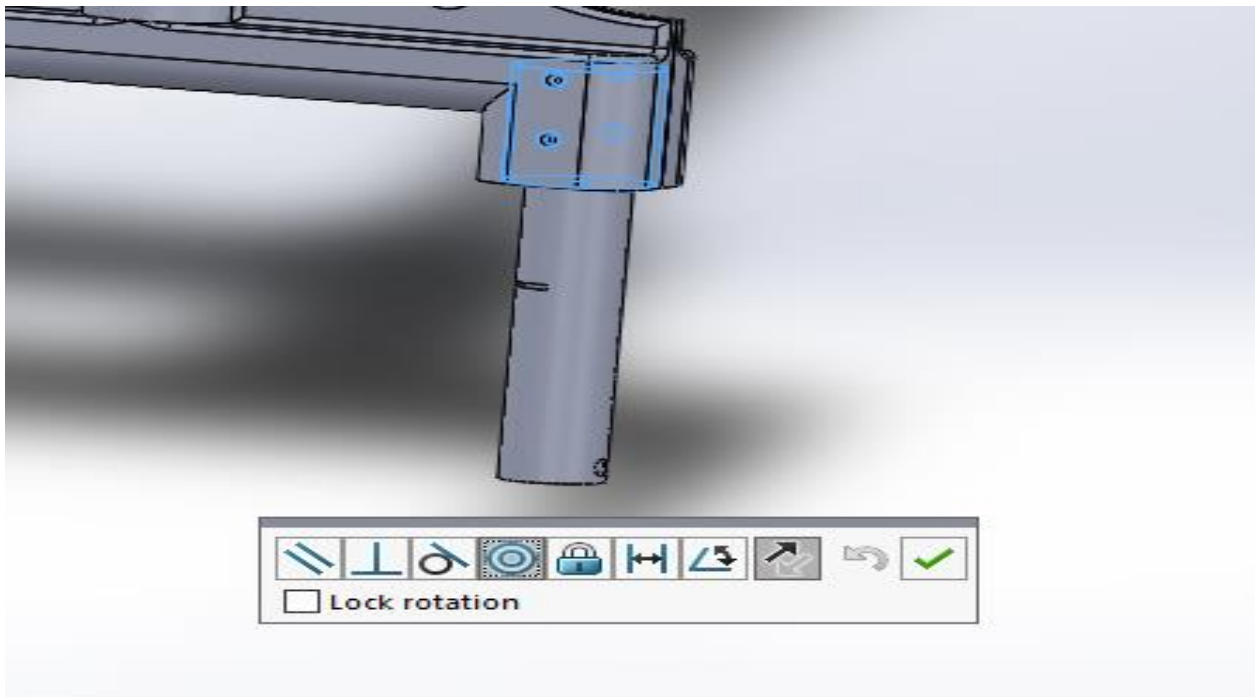


Figure III 14: Concentricité de l'axe de roue

- Pour le même axe on ajoute une contrainte de coïncidence pour le fixer avec la coque

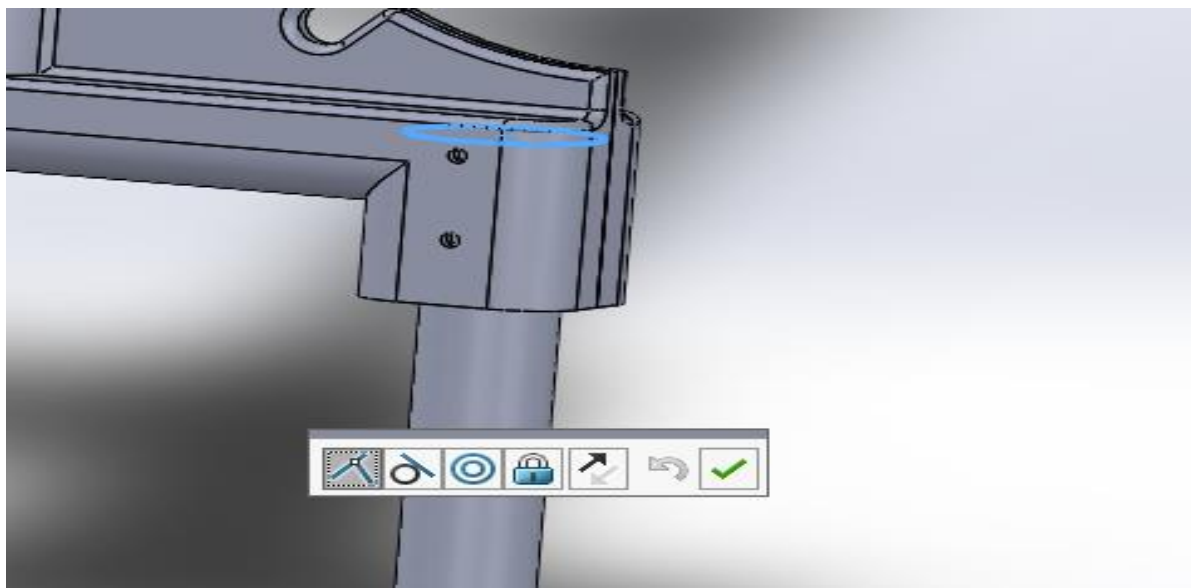


Figure III 15: Coïncidence de l'axe de roue

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- On introduit ensuite le cylindre à ressort avec une concentricité avec le cylindre intérieur de l'axe de roue

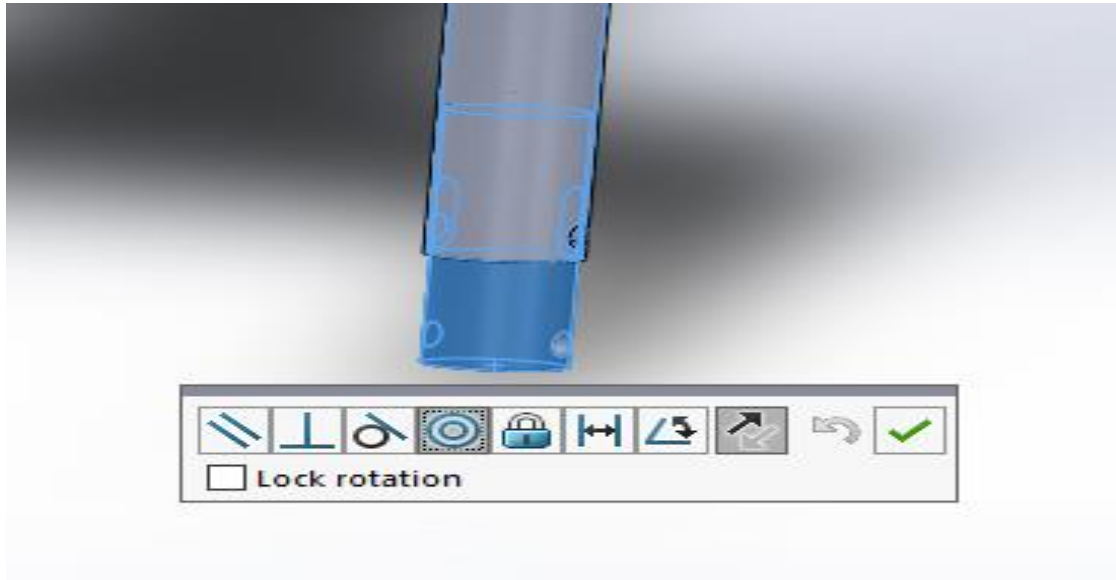


Figure III 16: Concentricité du cylindre à ressort

- Ajouter ensuite les rivets et les têtes de rivets pour une fixation optimale

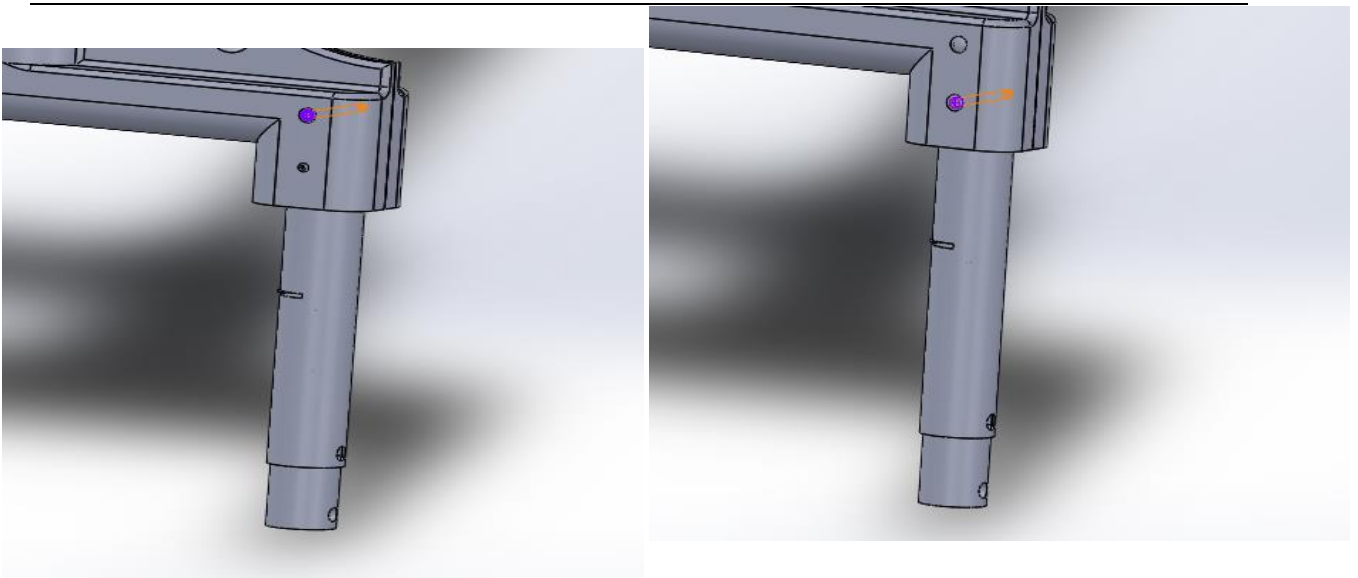


Figure III 17: Assemblage final des deux rivets de fixation

- Fixation des axes de roues avec la coque des deux côtés



Figure III 18: Assemblage des axes de roue

- Introduire ensuite les supports de roues avec la contrainte montrée dans la figure ci-dessous

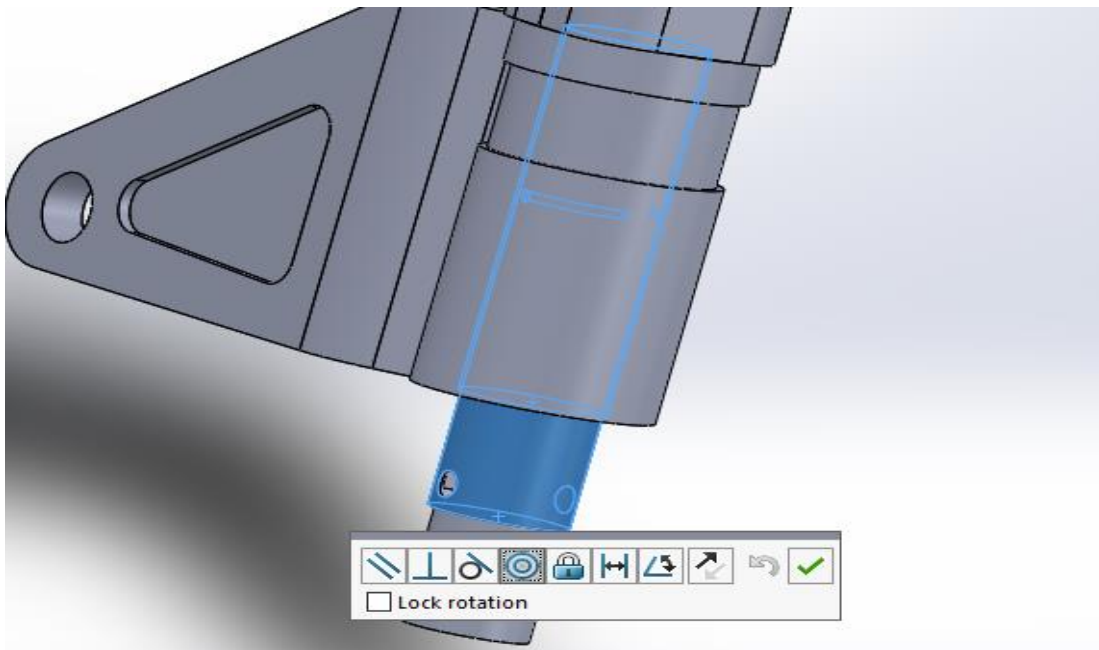


Figure III 19: Concontricité avec l'axe des roues

- Après on rajoute une coïncidence avec la coque des deux surfaces parallèles

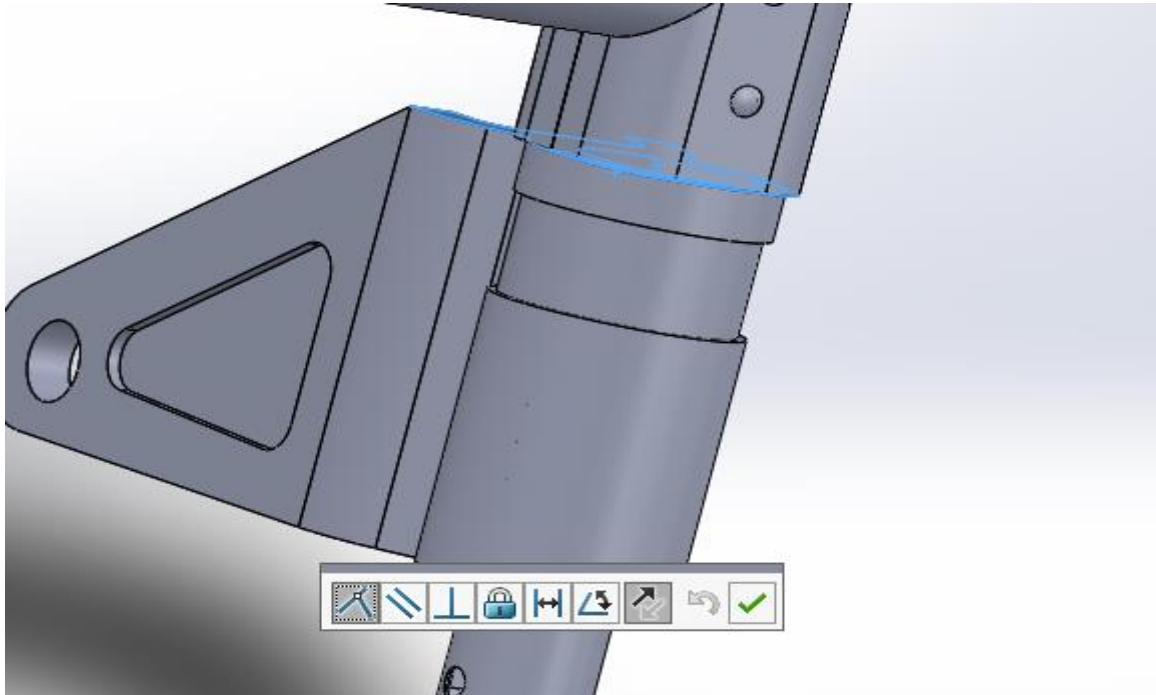


Figure III 20: Coïncidence avec la coque

- Faire la même chose de l'autre côté avec le support de roue

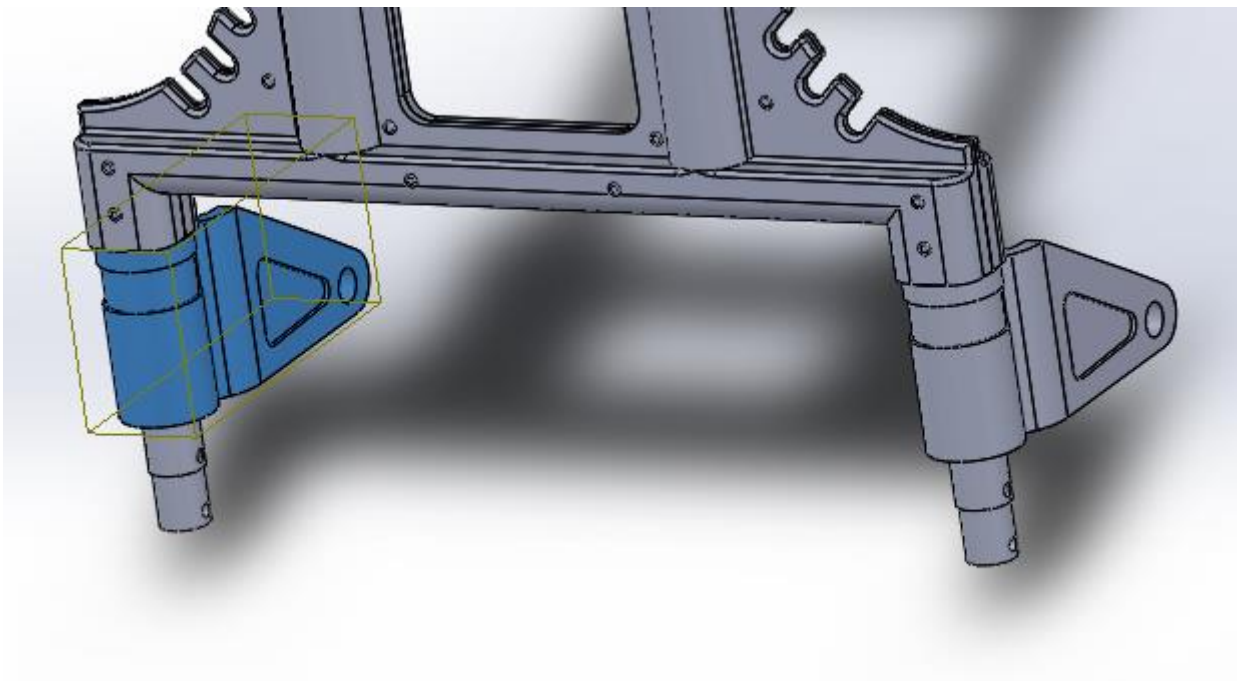


Figure III 21: Assemblage des deux côtés

- Introduire dans l'assemblage une autre pièce nommée rondelle avec une concentricité avec l'axe de roue

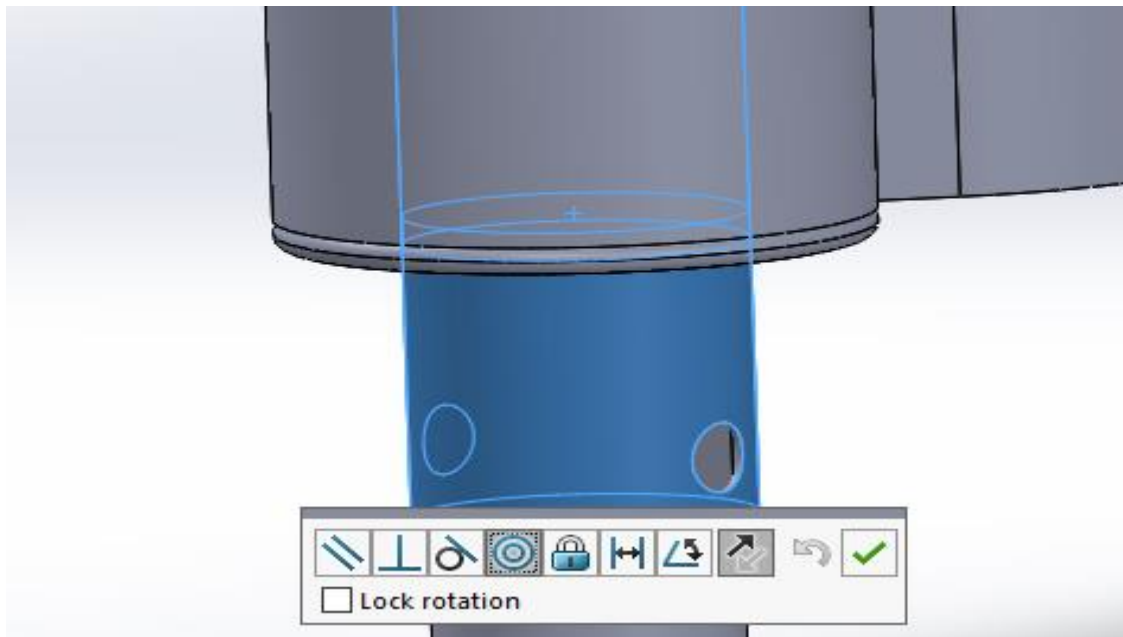


Figure III 22: Insertion de la rondelle

- Et une coïncidence avec le support de roue

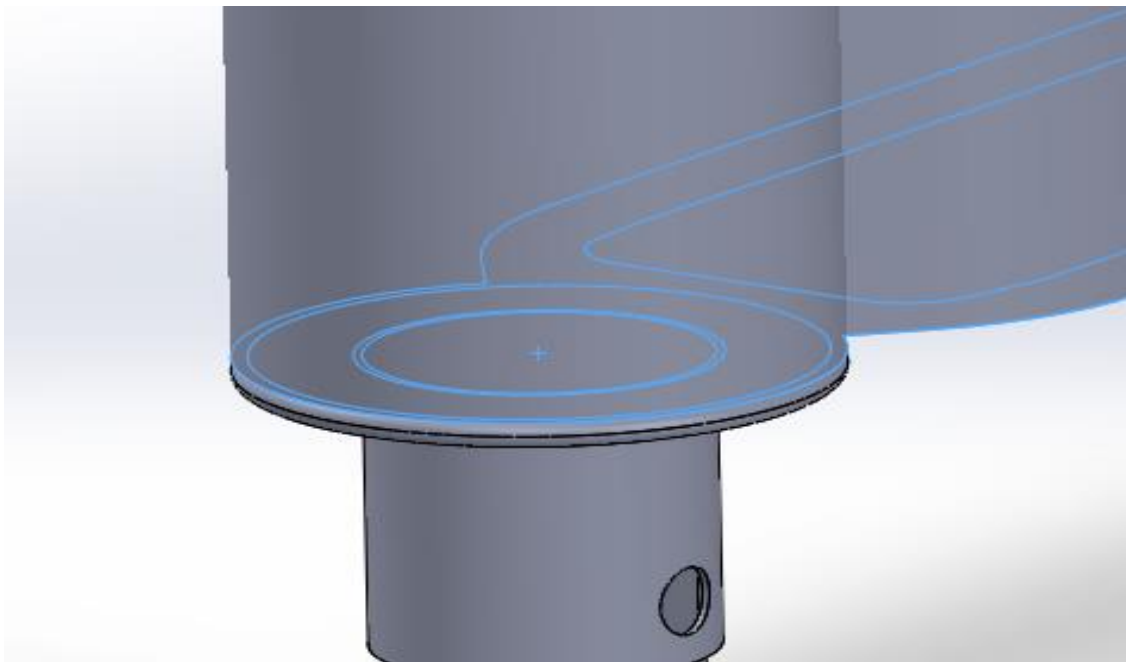


Figure III 23: Coïncidence avec le support de roue

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Résultat après l'assemblage des rondelles

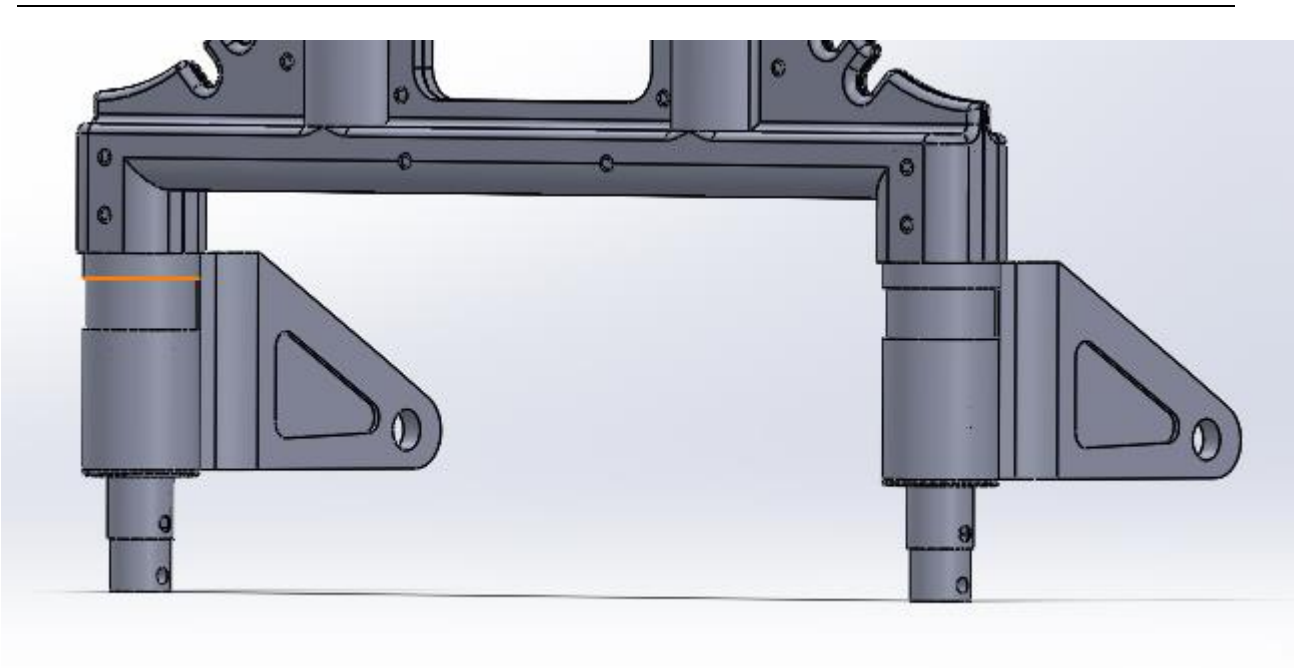


Figure III 24: Assemblage des deux rondelles

- On ajoute ensuite une pièce très importante pour le fonctionnement du mécanisme d'ouverture et fermeture de la plaque de base

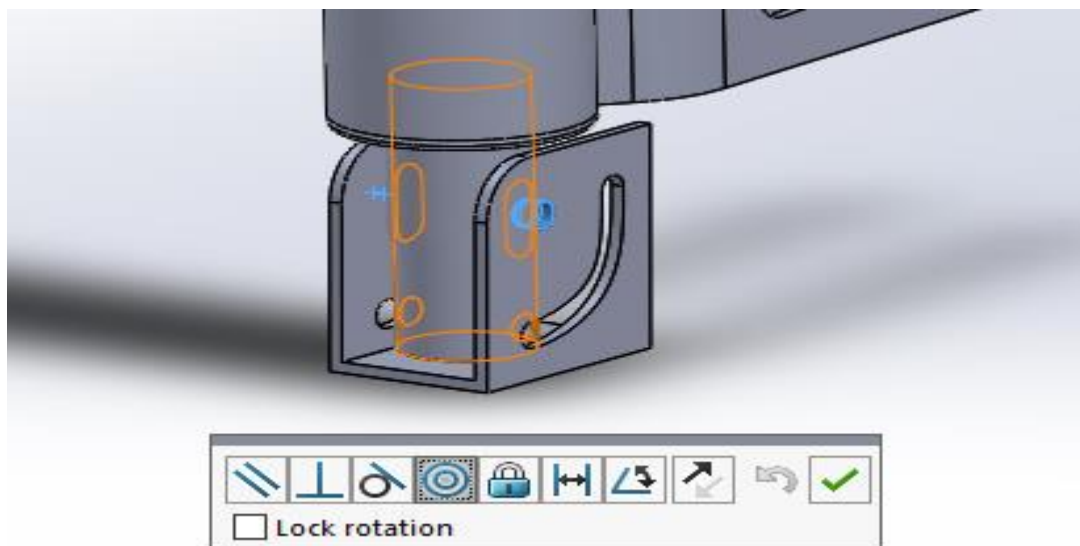


Figure III 25: Concentricité de la pièce de base

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- On va ensuite rajouter une contrainte avancée de largeur centrée pour contrer la pièce avec l'axe de roue

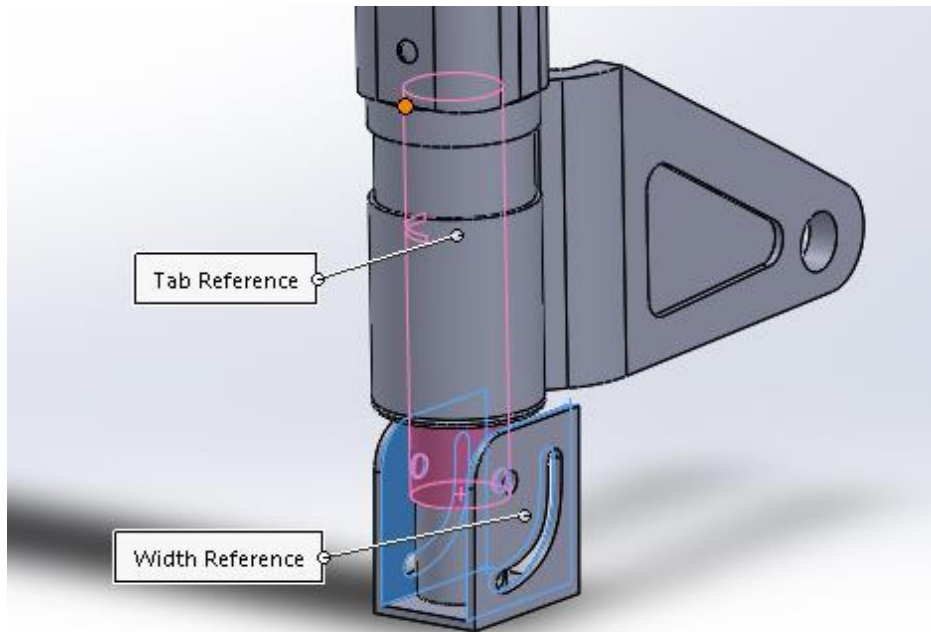


Figure III 26 : Centrage de la pièce de base

- Faire la même chose des deux côtés

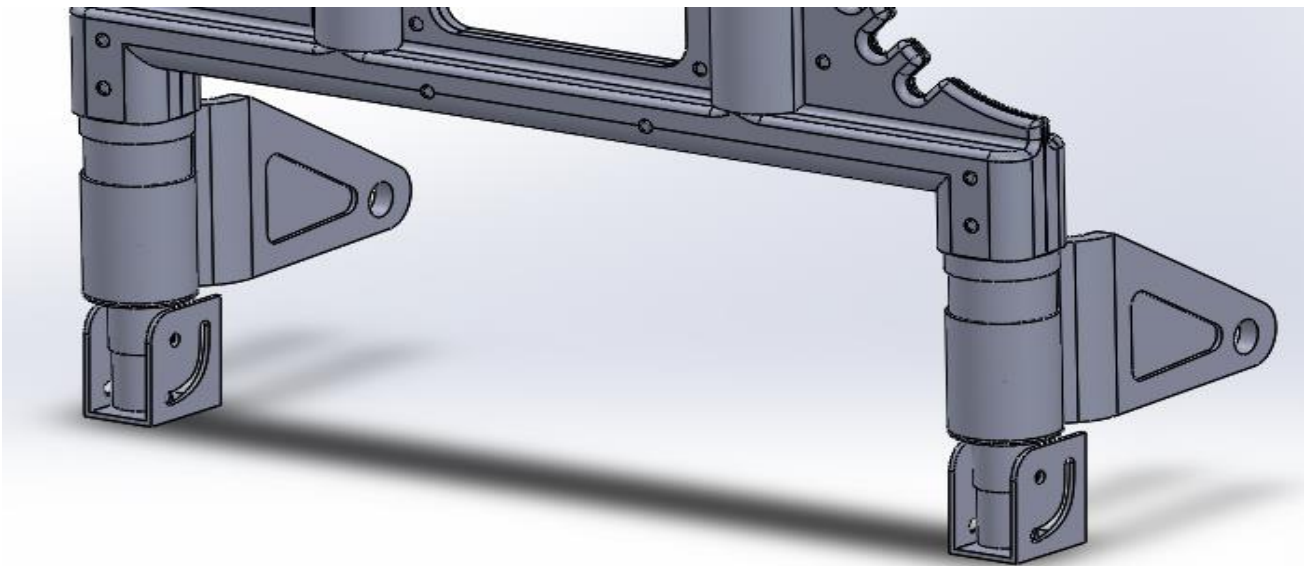


Figure III 27: Assemblage des deux pièces

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- On ajoute ensuite une pièce nommée cylindre de déplacement qui permet le glissement du cylindre à ressort dans la pièce de base comme montré ci-dessous dans la (Figure III.28)

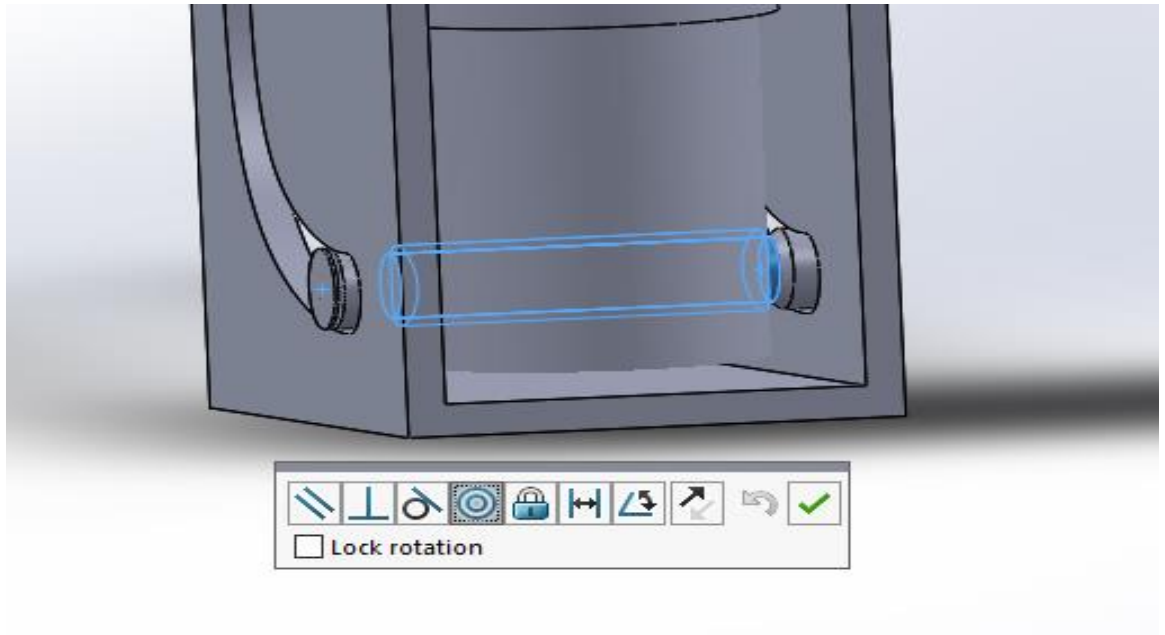


Figure III 28: Introduction de la pièce

- Les trois figures ci-dessous montre les 3 différentes contraintes appliquées pour fixer les circlips

- Contrainte de concentricité avec la pièce de base

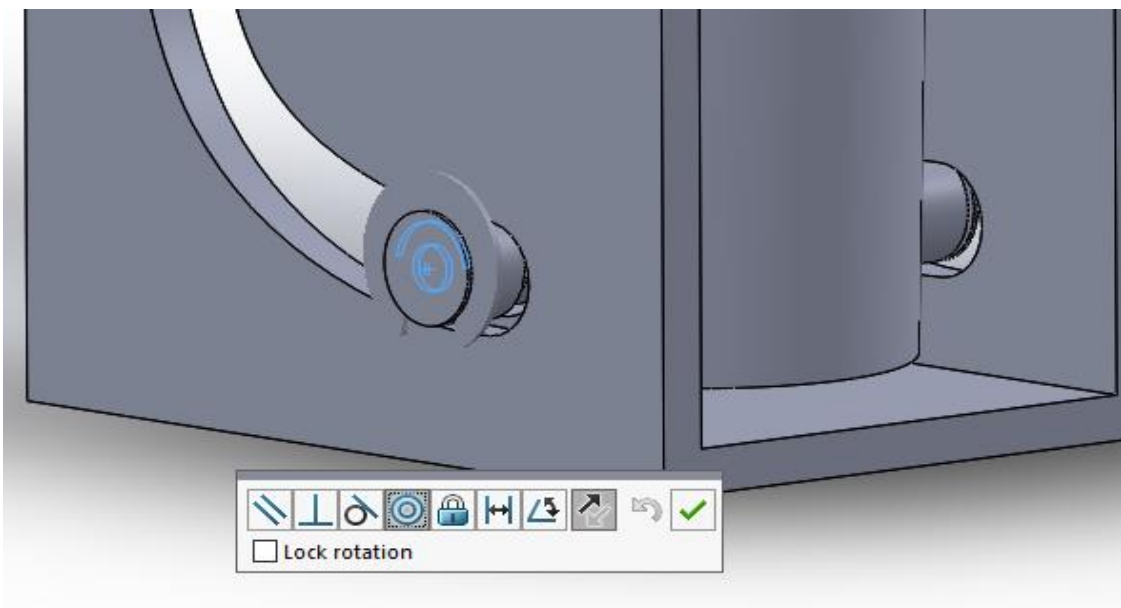


Figure III 29: Concentricité du circlips

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Coïncidence avec la face intérieure de la pièce de base

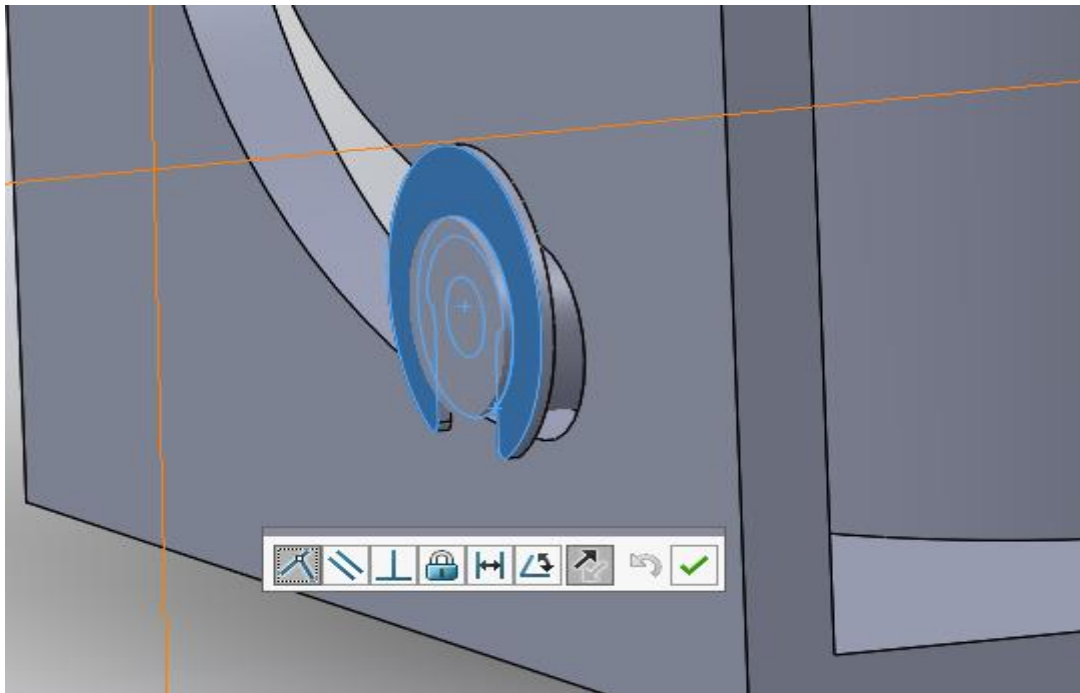


Figure III 30 : Coïncidence du circlips

- Enfin une coïncidence avec la face de la pièce de base comme le montre la figure suivante :

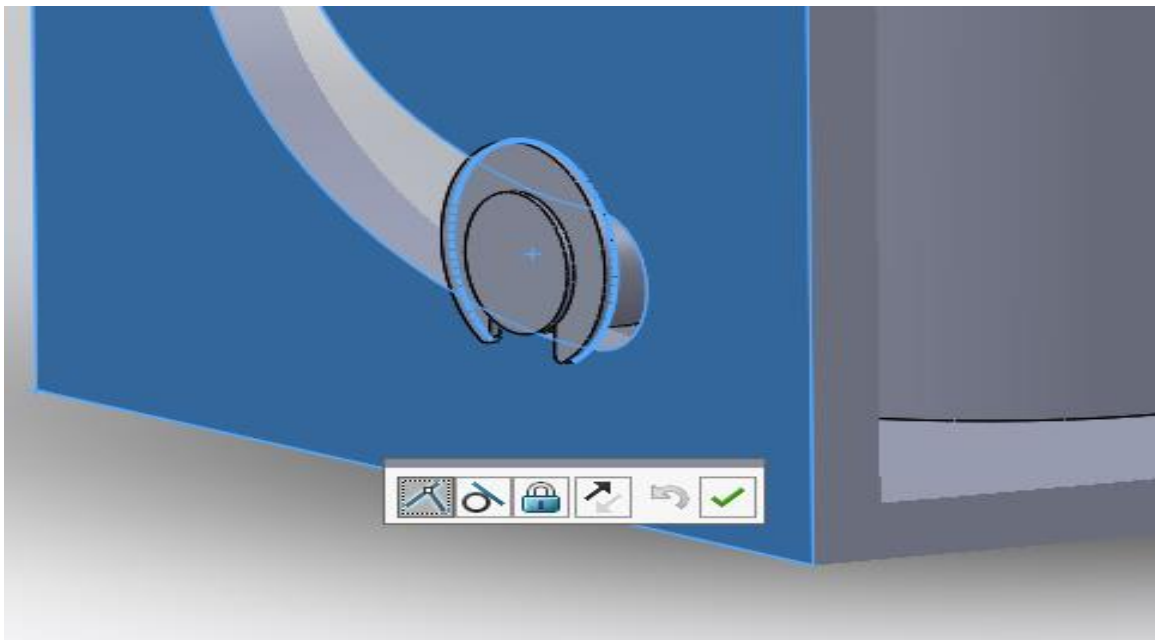


Figure III 31: Coïncidence avec la face de la pièce de base

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Les mêmes contraintes de l'autre côté avec un autre circlips

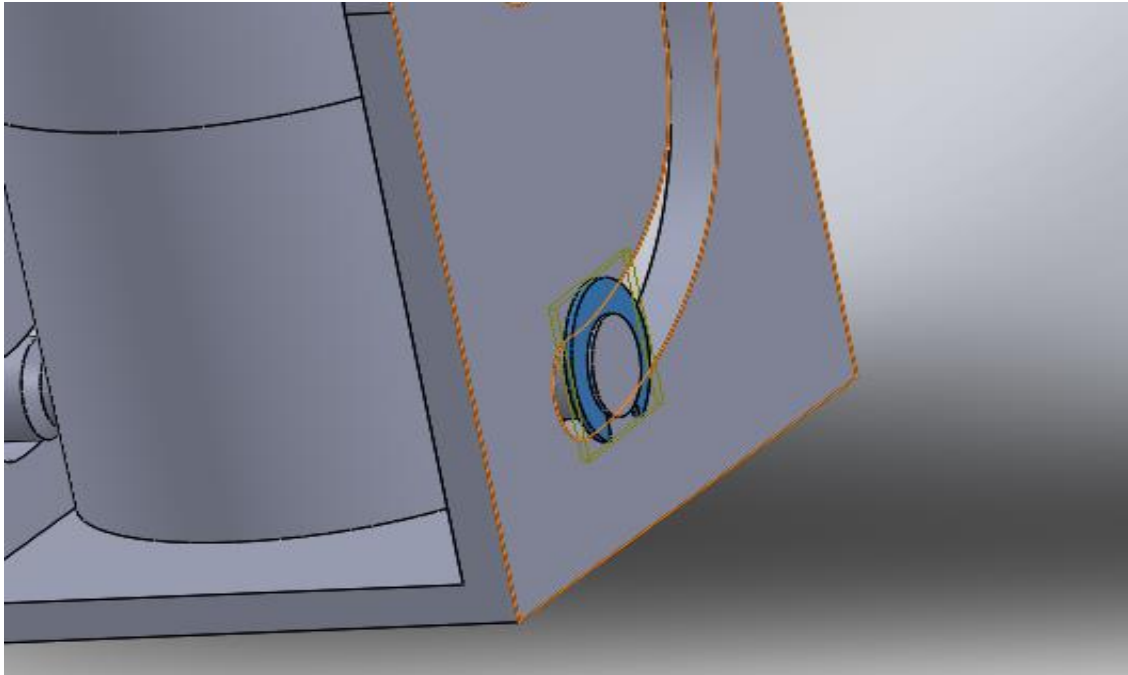


Figure III 32: Résultat de l'autre coté

- Résultat d'un seul coté

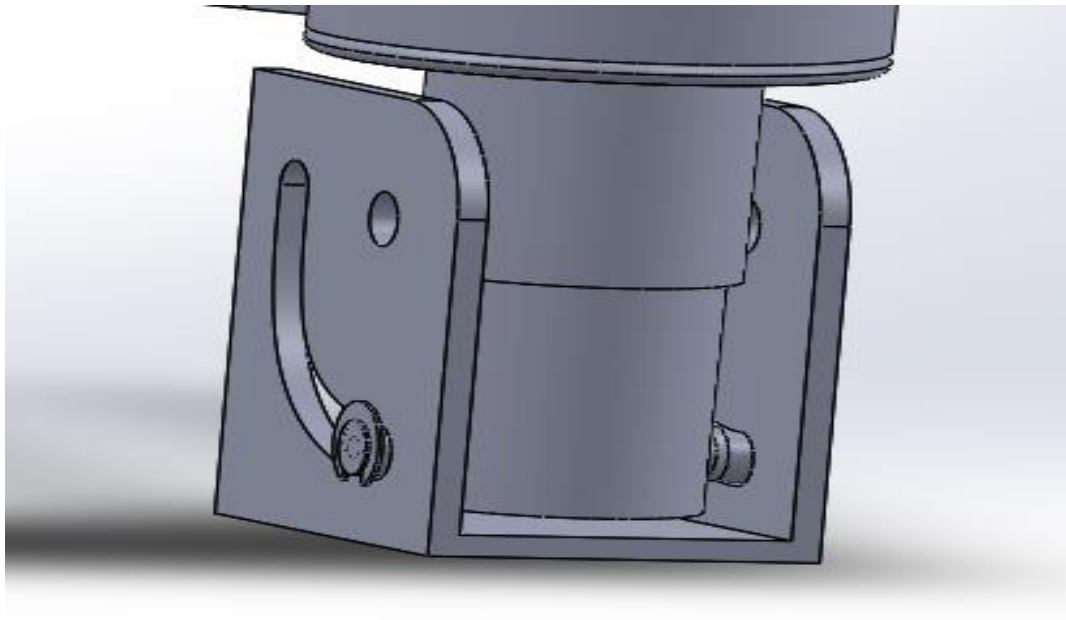


Figure III 33: Résultat d'un coté

- Dans cette étape on introduit la plaque de base, comme montré dans la prochaine figure, avec une coïncidence avec la pièce de base.

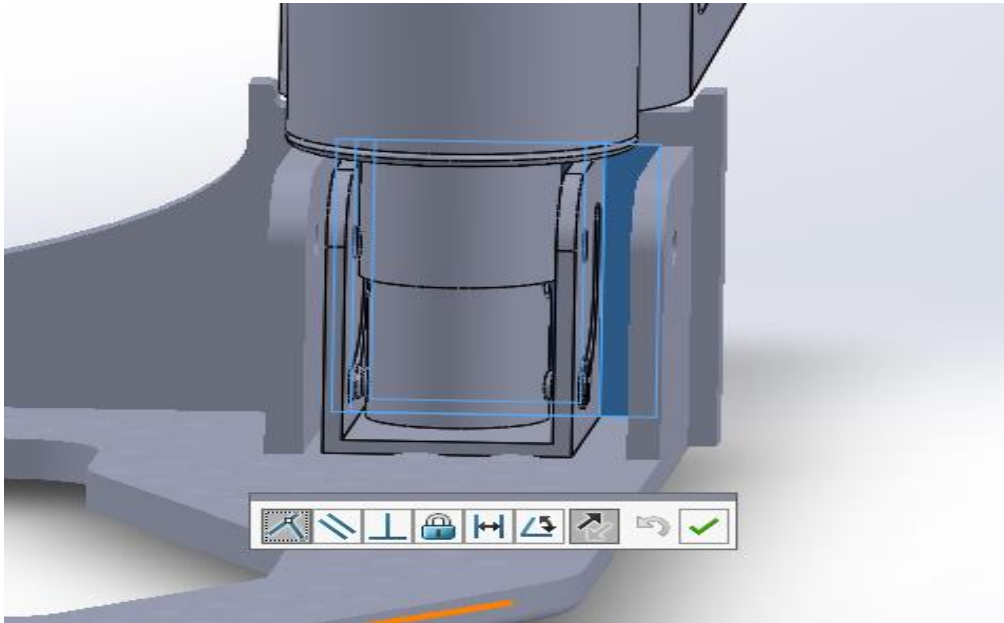


Figure III 34: 1ère coïncidence de la plaque de base

- 2ème coïncidence avec la pièce de base.

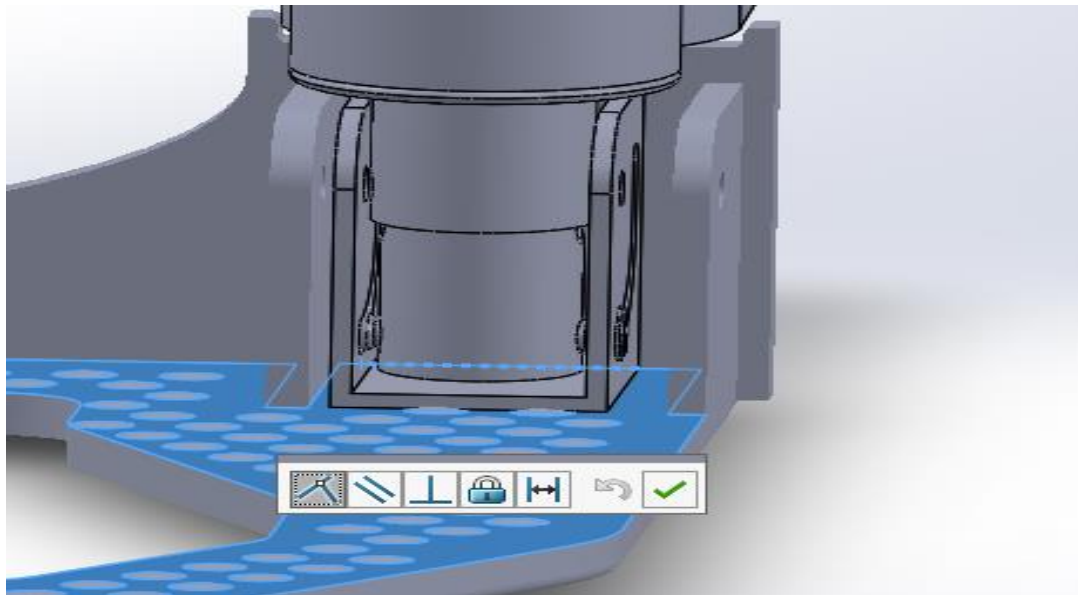


Figure III 35: 2ème coïncidence de la plaque de base

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Blocage des deux pièces pour permettre un seul mouvement entre eux.

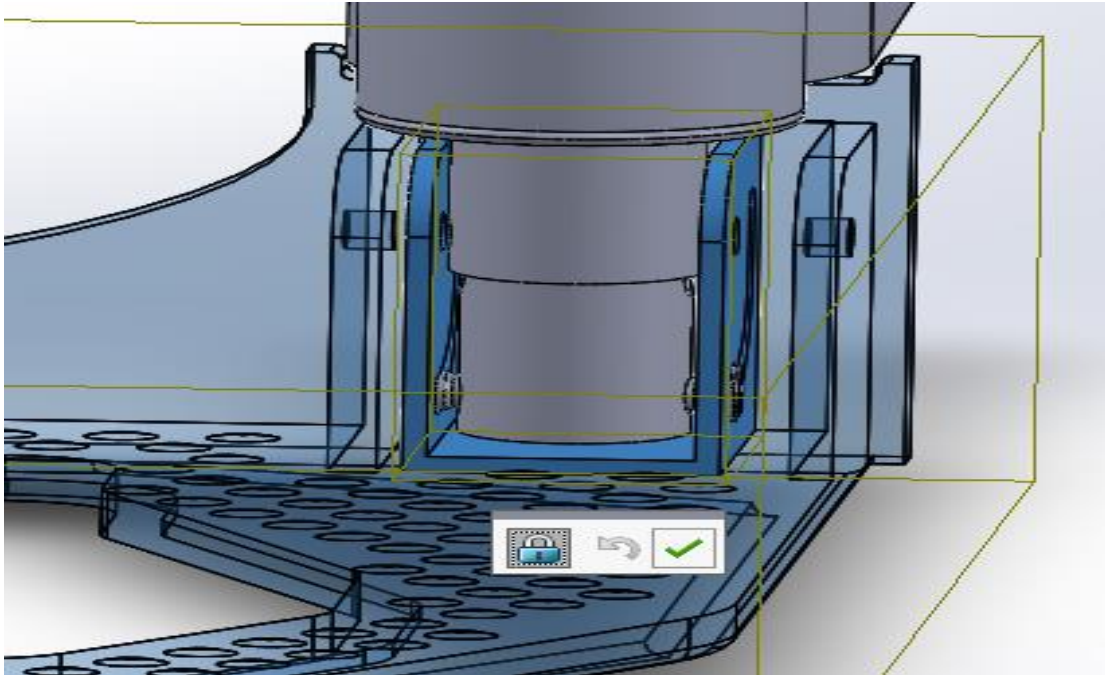


Figure III 36: Blocage des deux pièces

- Concentricité avec les trous des axes des roues pour un axe de rotation

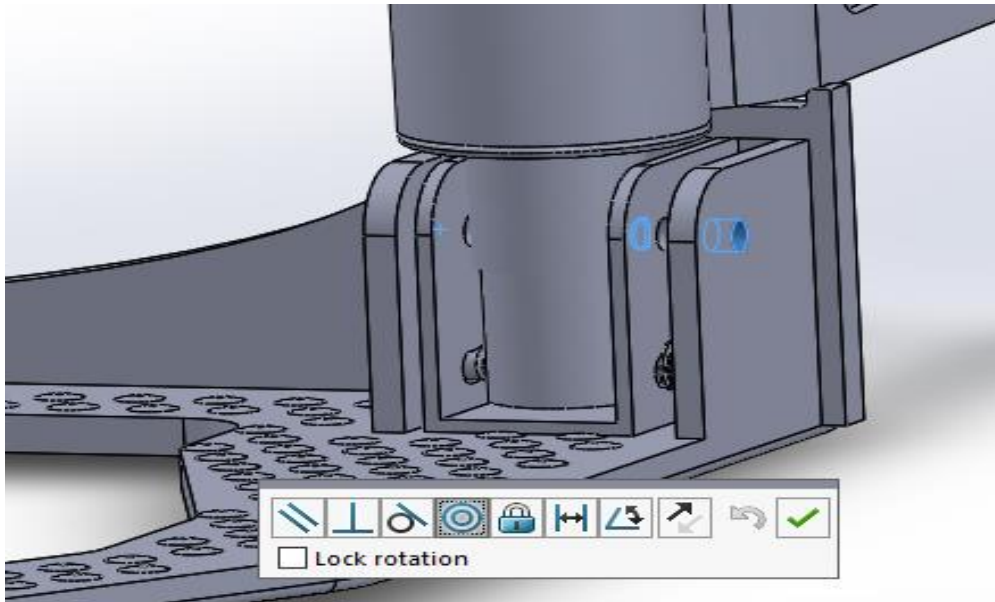


Figure III 37: Concentricité avec l'axe de roue

- Introduire les vis avec une concentricité et une coïncidence avec la plaque de base

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Concentricité des vis avec les trous de la pièce de base

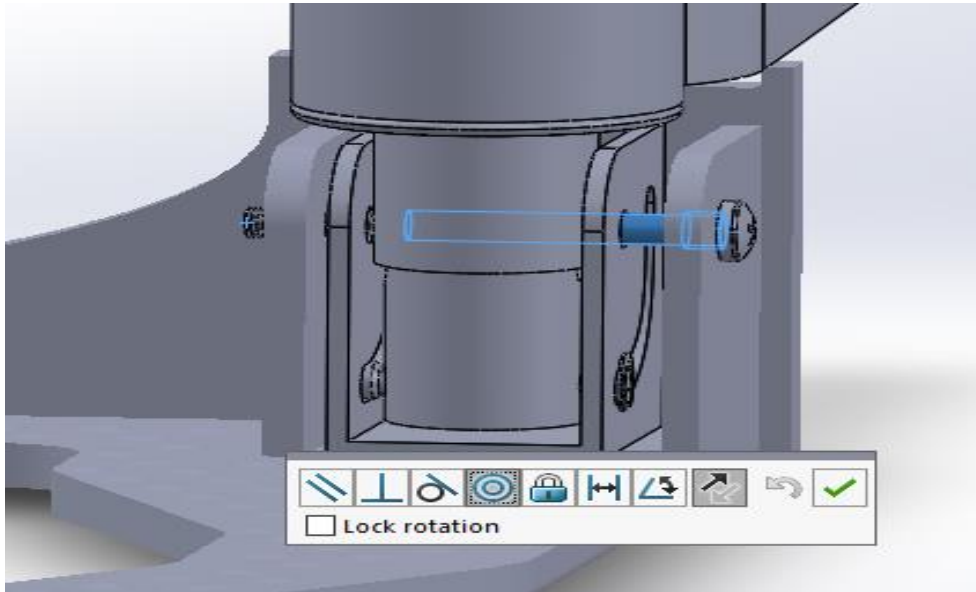


Figure III 38: Concentricité des vis

- Coïncidence de la vis avec la face de la plaque de base

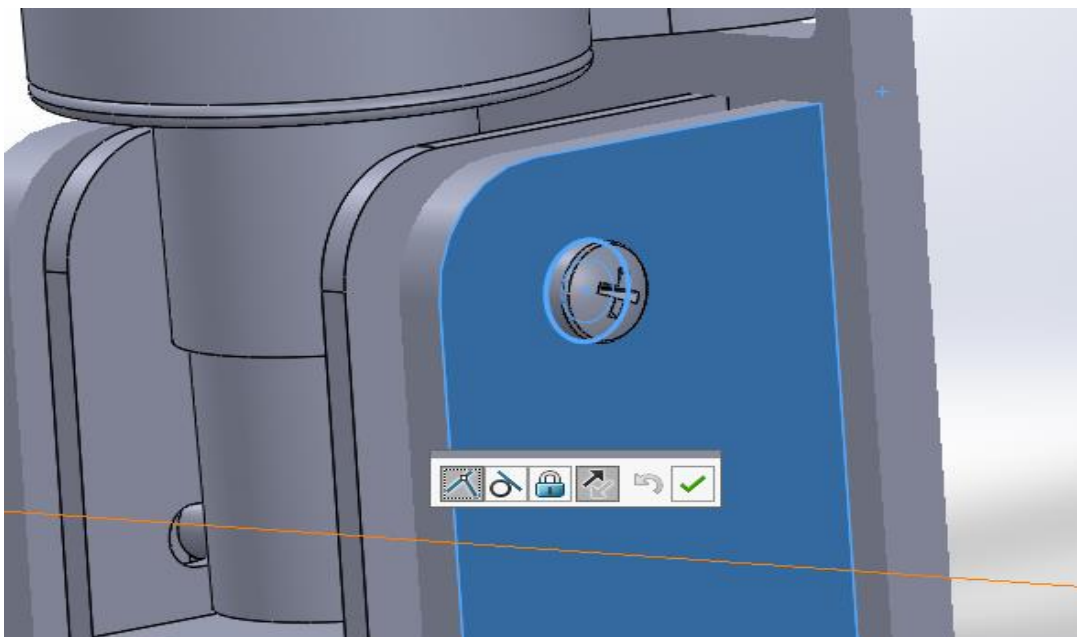


Figure III 39: Coïncidence des vis

- Ensuite introduire les écrous avec une concentricité avec les vis et une coïncidence avec la plaque de base

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Concentricité de l'écrou avec la vis

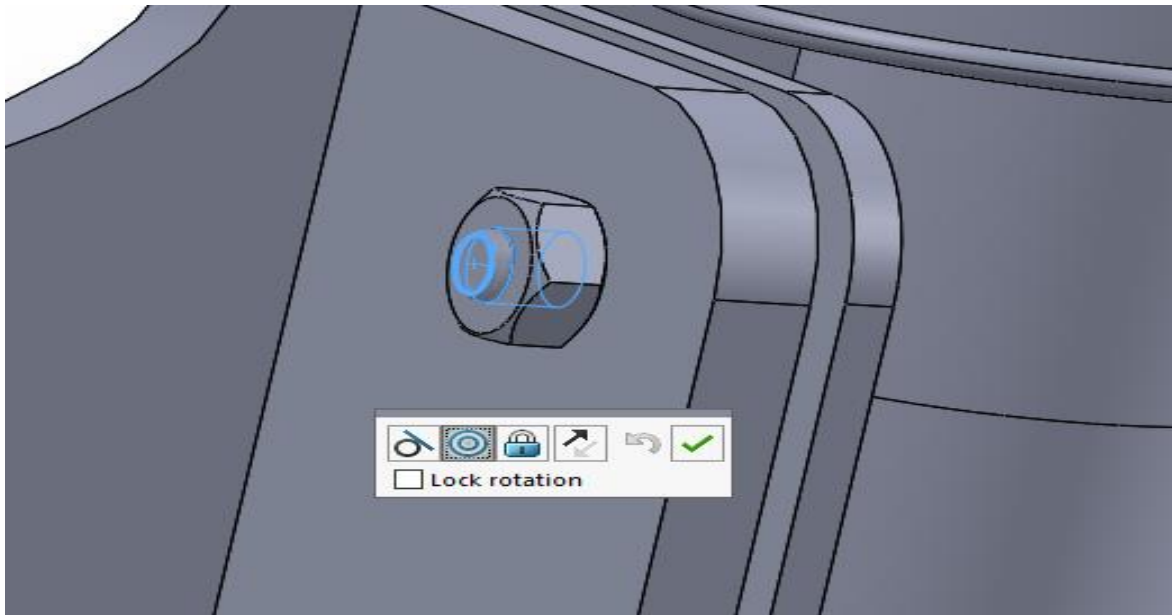


Figure III 40: Concentricité des écrous

- Coïncidence de la face de l'écrou avec la face de la plaque de base

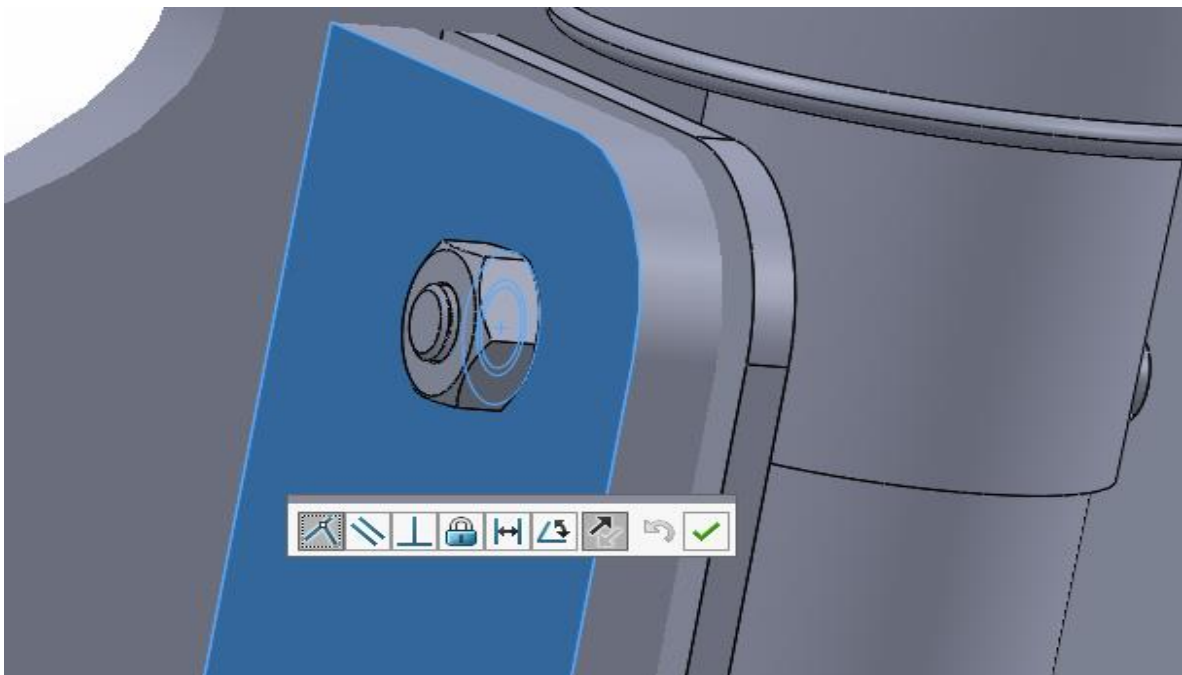


Figure III 41: Coïncidence des écrous

- Vue finale après l'assemblage de la plaque, de la pièce de base et les boulons

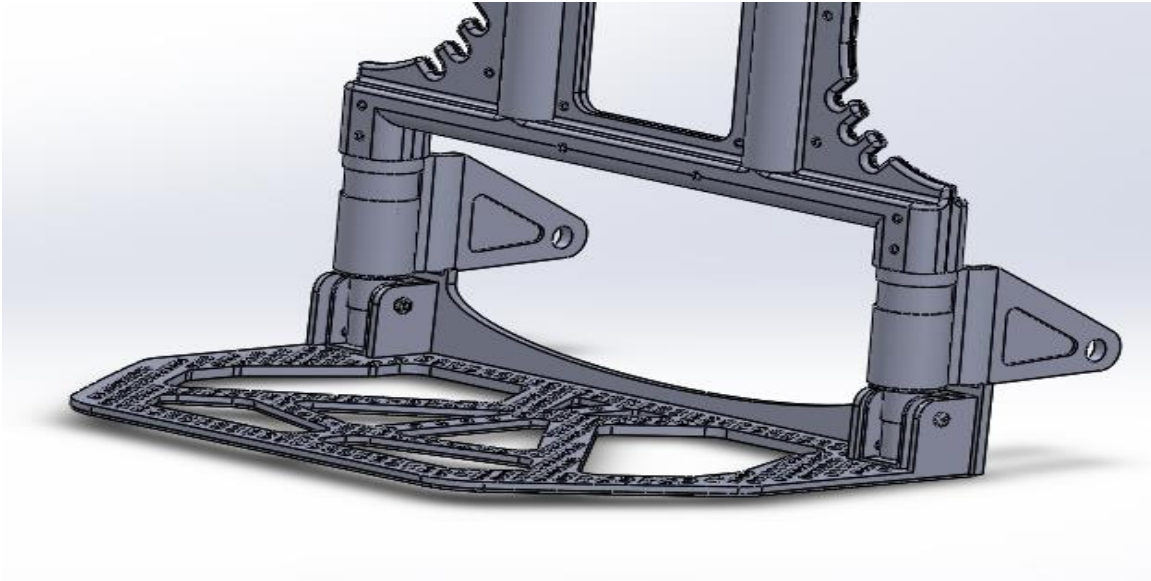


Figure III 42: Vue finale sans roues

- On va ensuite assembler la roue composée de jante en plastique et caoutchouc dur avec deux contraintes standards (coïncidence et concentricité)

-
- Concentricité du caoutchouc avec la jante en plastique

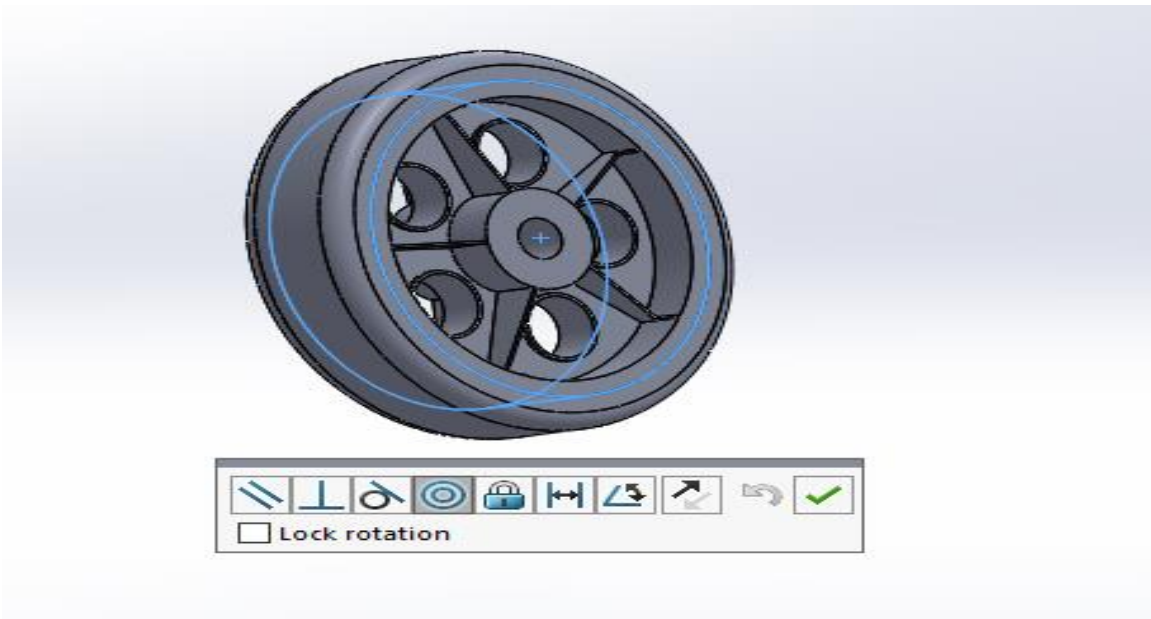


Figure III 43: Concentricité du caoutchouc

- Coïncidence du caoutchouc

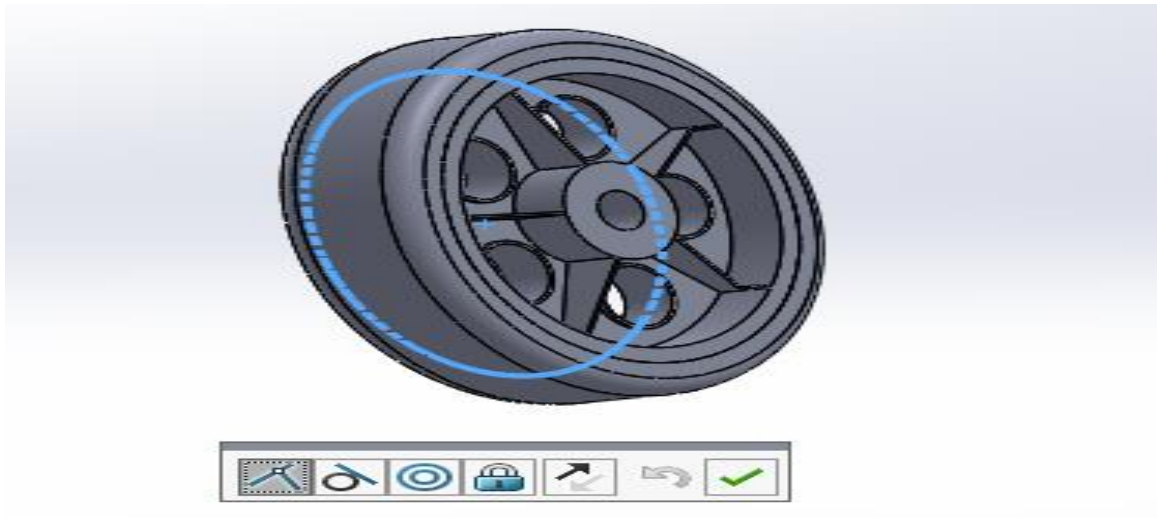


Figure III 44: Coïncidence du caoutchouc

- Assemblage de la roue avec le support de roue avec une concentricité des deux trous.

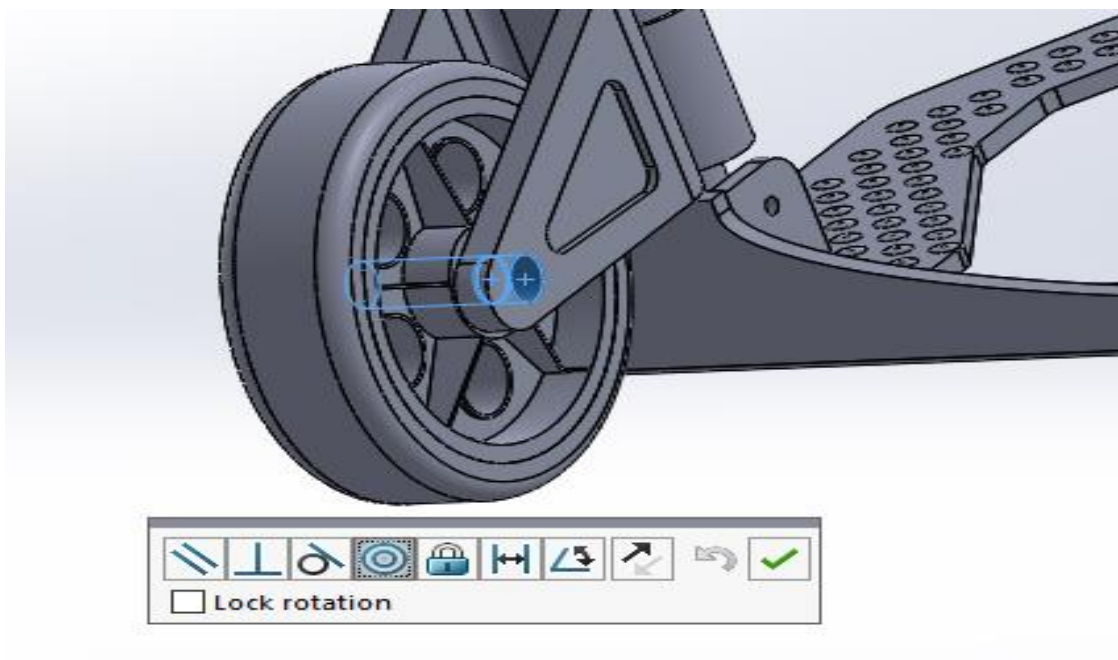


Figure III 45: Assemblage de la roue

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Utiliser ensuite une contrainte avancée pour centrer la roue par rapport au support de roue

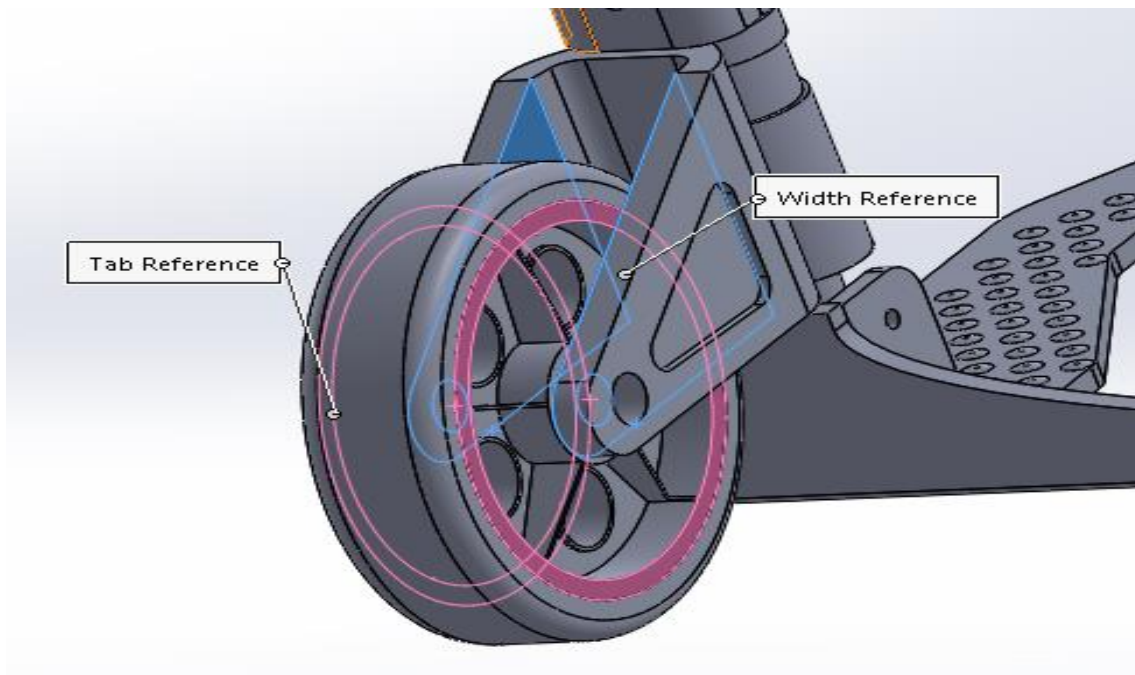


Figure III 46: Centrage de la roue

- Après ça fixer les rivets des roues avec une contrainte de concentricité

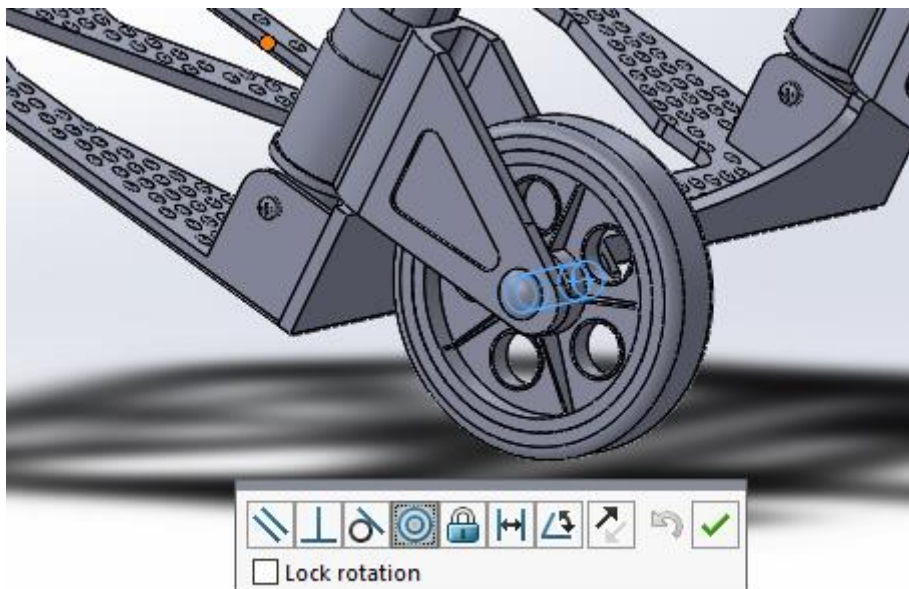


Figure III 47: Concentricité des rivets de roue

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Demi assemblage fini du chariot (ou 1^{er} sous-assemblage)

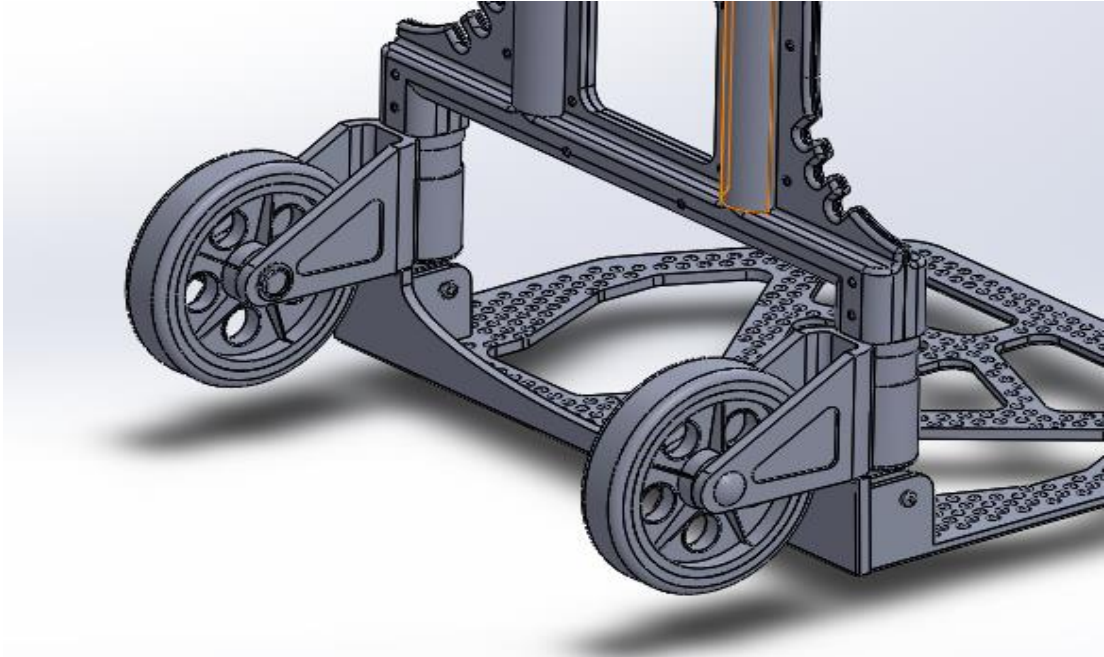


Figure III 48: Demi assemblage fini

- Introduire ensuite une contrainte d'angle limite, entre le support de roue et la coque, de 3° à 90° comme montré dans les figures ci-dessous :

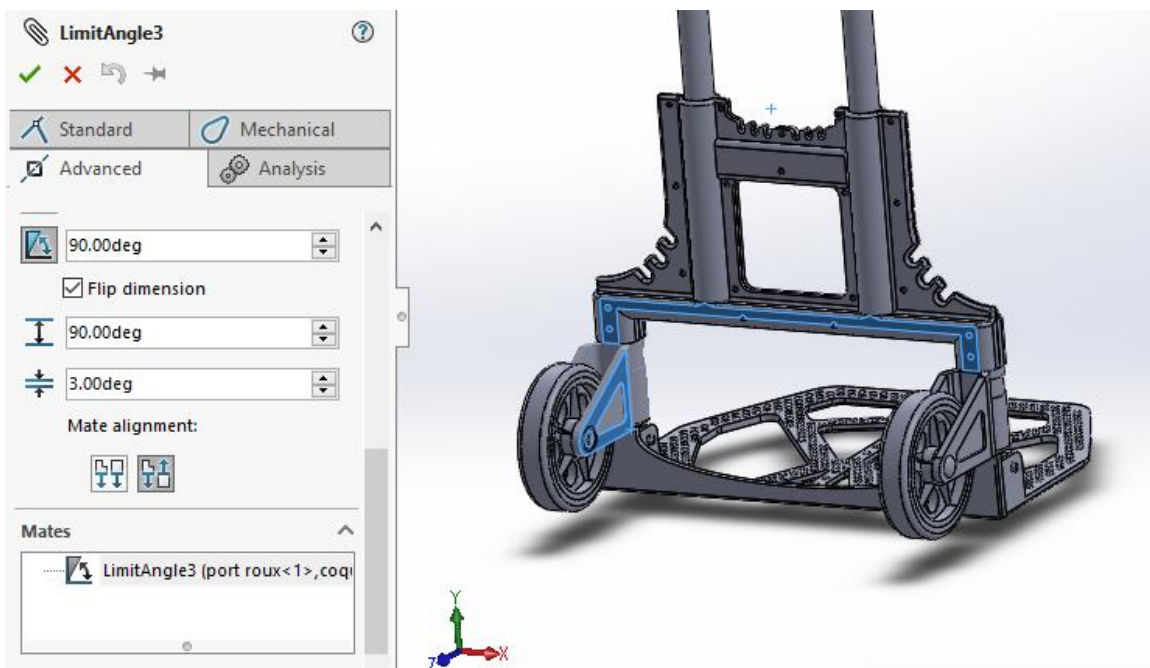


Figure III 49: Angle limite de la roue droite

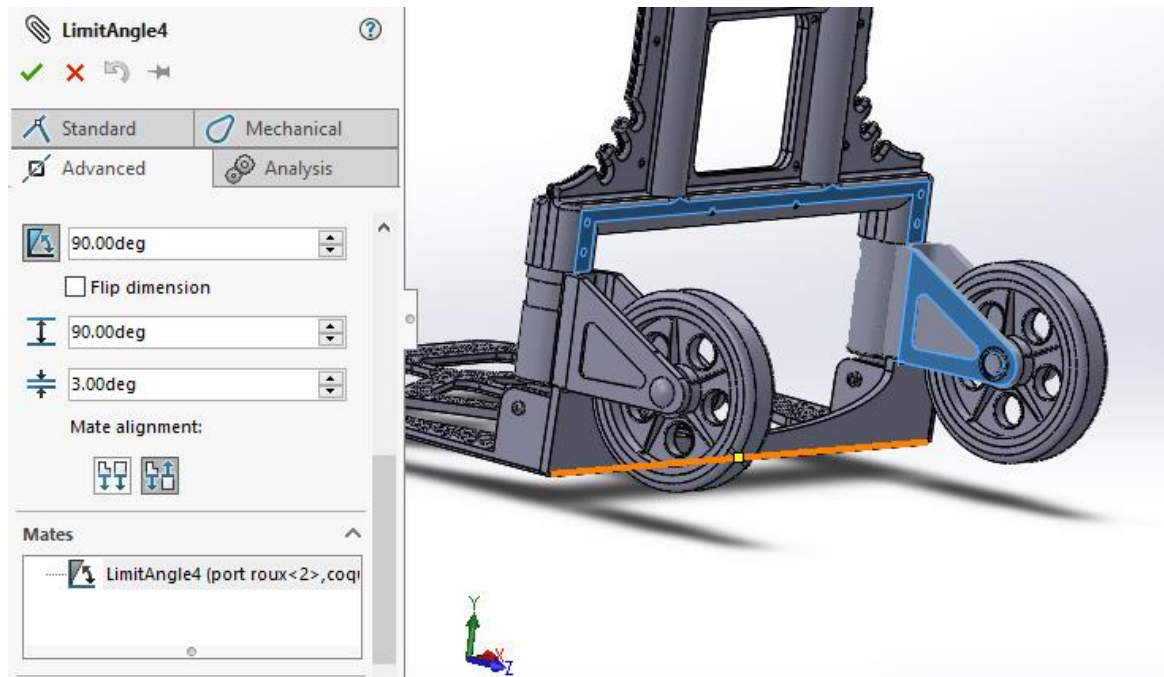


Figure III 50: Angle limite de la roue gauche

- Après ça introduire un angle limite entre la plaque de base et la coque de 2° à 90° comme montré dans la Figure III. 1 :

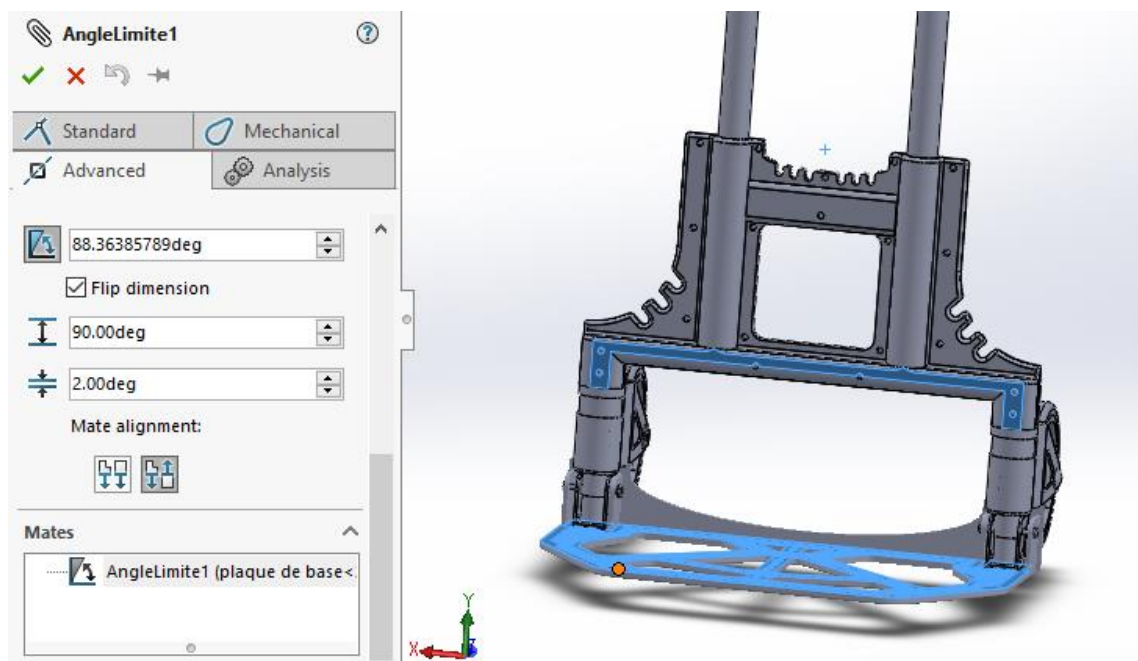


Figure III 51: Angle limite de la plaque de base

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Passons ensuite à l'autre moitié du chariot en commençant par assembler le loquet à ressort avec la tige entre support de loquet, en utilisant une concentricité entre les deux trous.

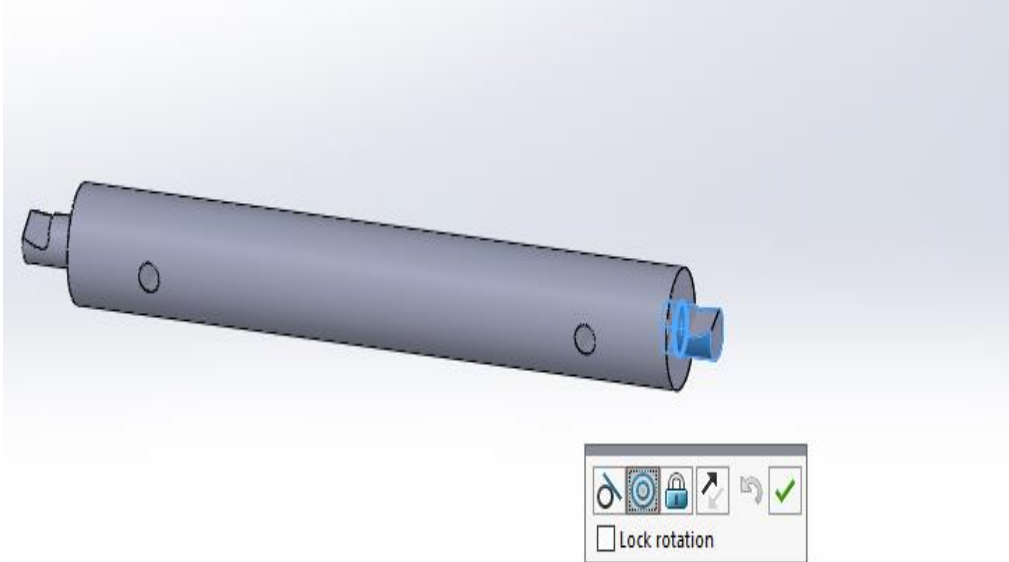


Figure III 52: Assemblage des loquets avec la tige

- Concentricité de l'assemblage tige - loquet avec le support

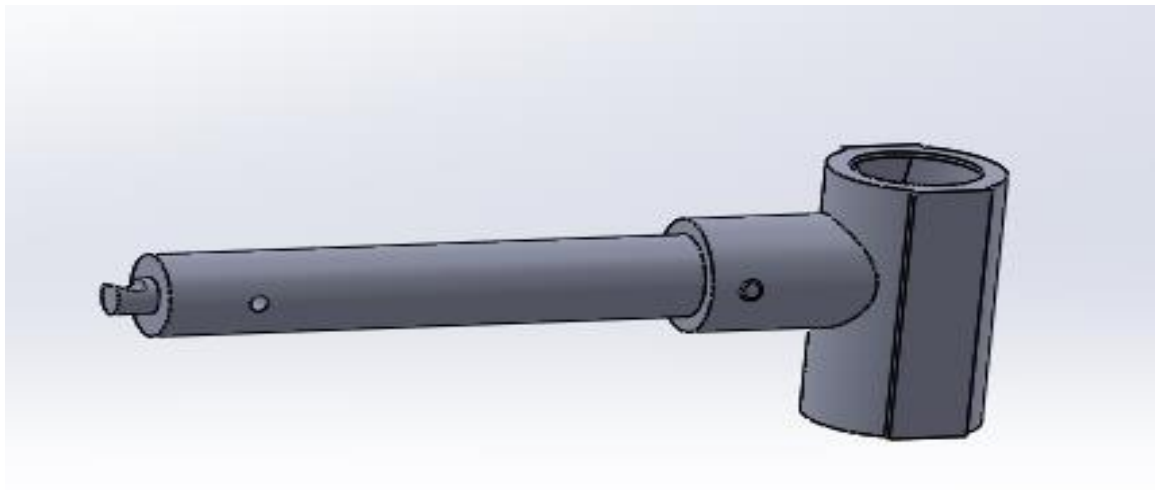


Figure III 53: Concentricité avec le support de loquet

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Ajouter les rivets de fixation des deux côtés en utilisant deux contraintes (concentricité et coïncidence)

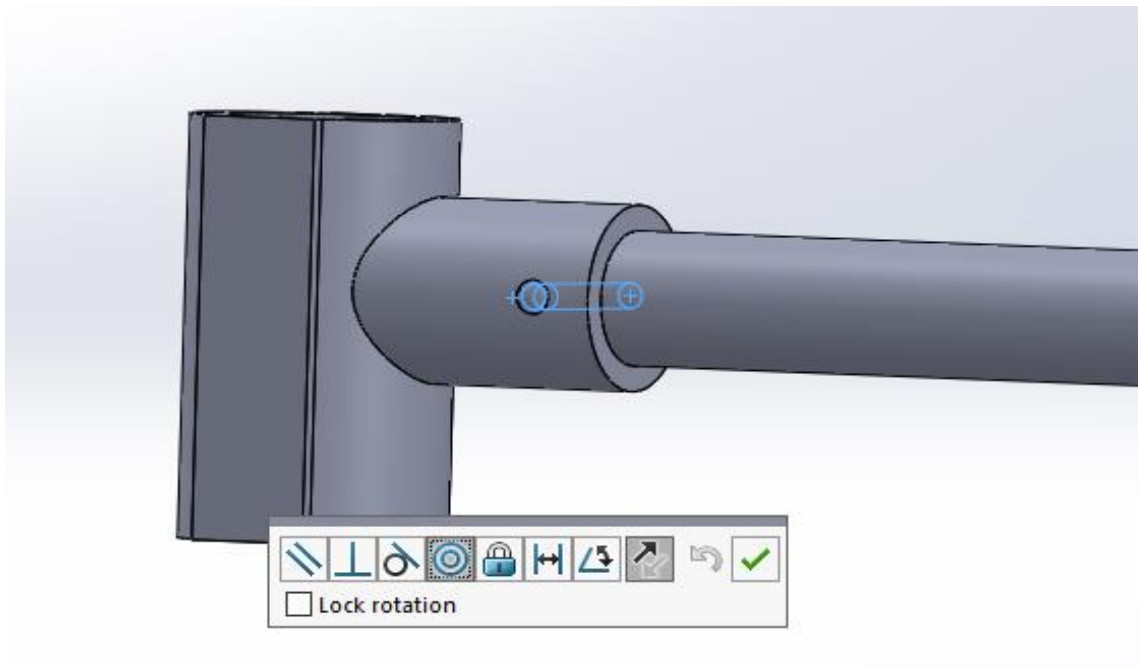


Figure III 54: Concentricité du rivet

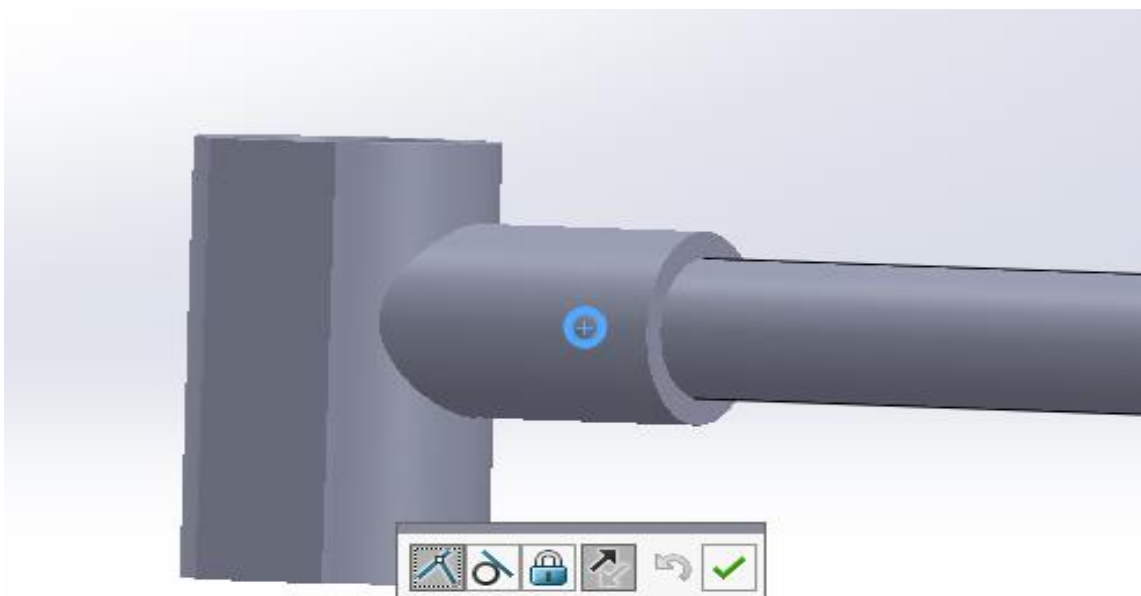


Figure III 55: Coïncidence du rivet

- Vue finale du sous assemblage (support + tige + loquet) montré si dessous

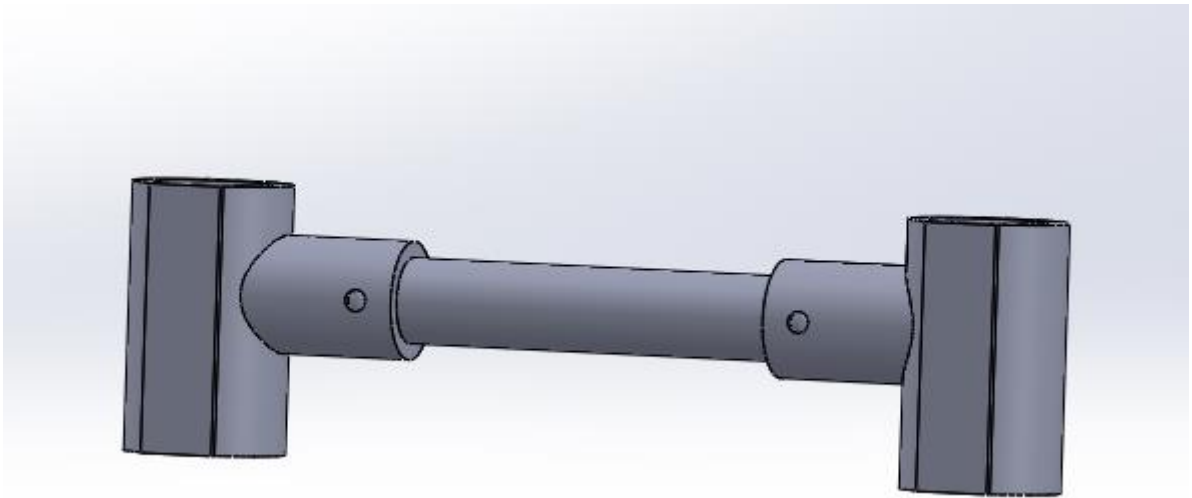


Figure III 56: Sous assemblage de supprot de loquet

- Après ça on va insérer le sous assemblage précédent dans son emplacement sur les bras fixes avec deux contraintes (concentricité et coïncidence)

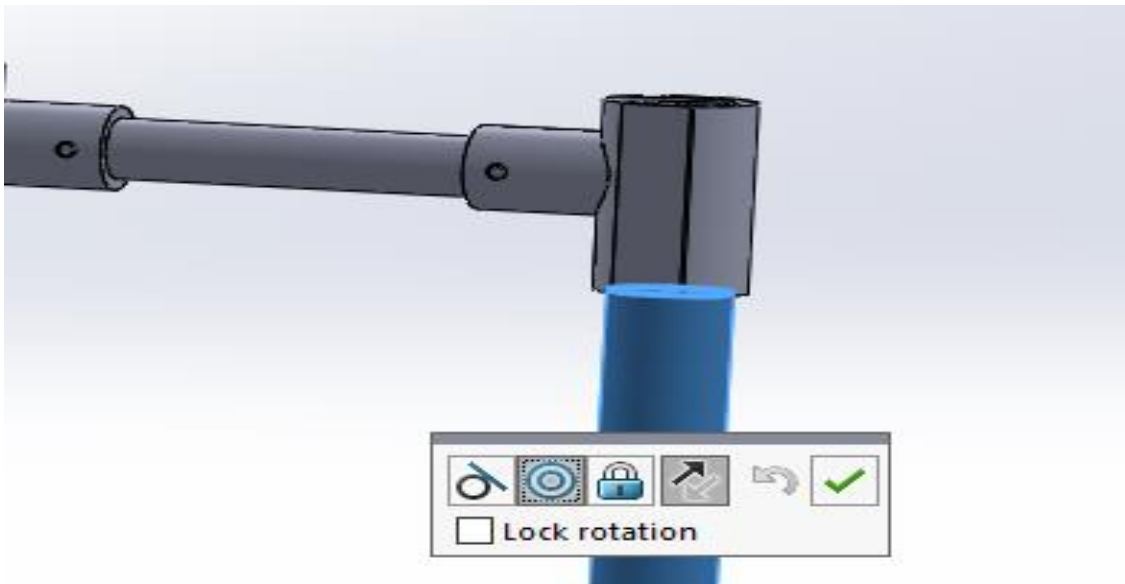


Figure III 57: Concentricité avec les bras fixes

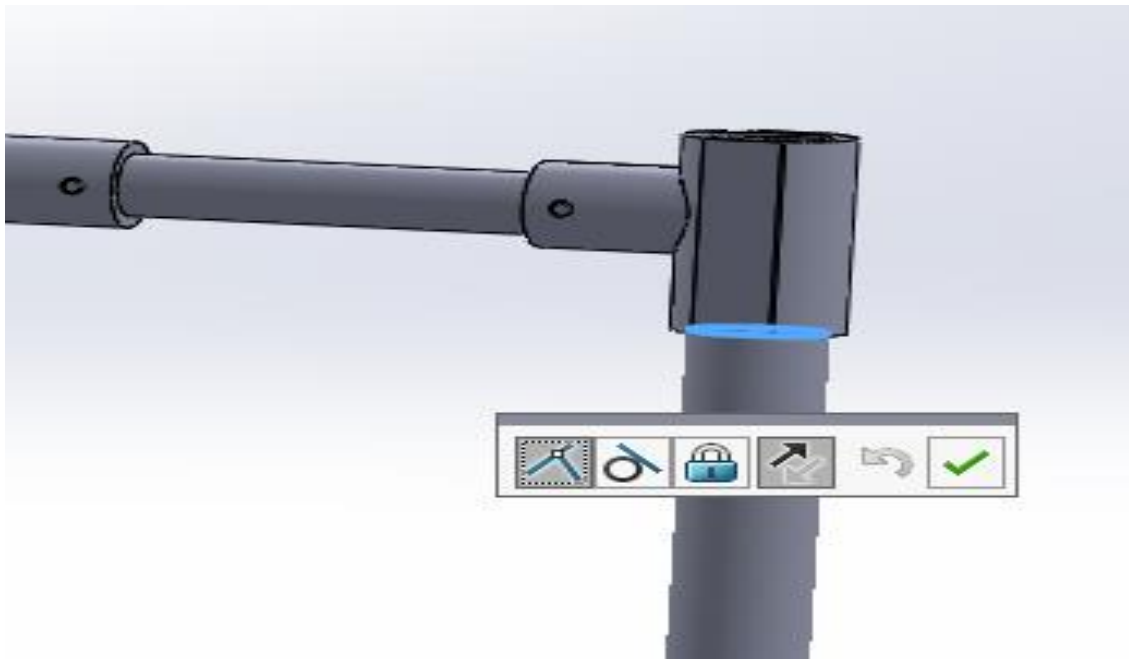


Figure III 58: Coïncidence avec les bras fixes

- Faire la même chose des deux côtés

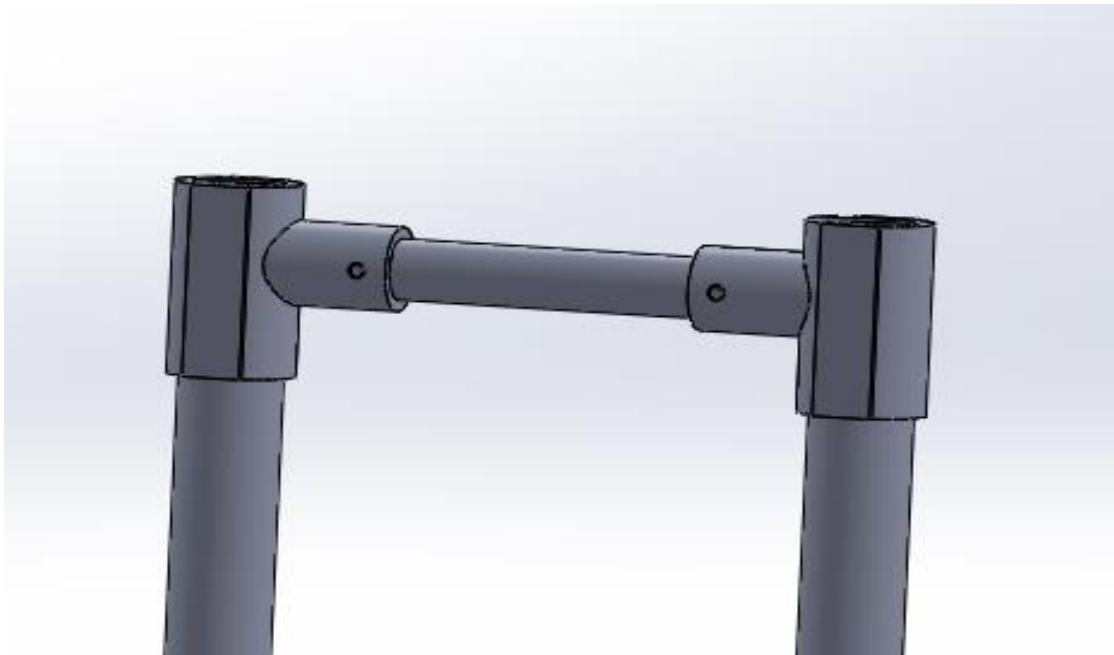


Figure III 59: Fixation des deux côtés

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- On va ensuite assembler les deux pièces montrées dans la figure suivant ;



Figure III 60: Préparation des deux pièces

- On va premièrement fixer la tête de la tige avec la tige télescopique

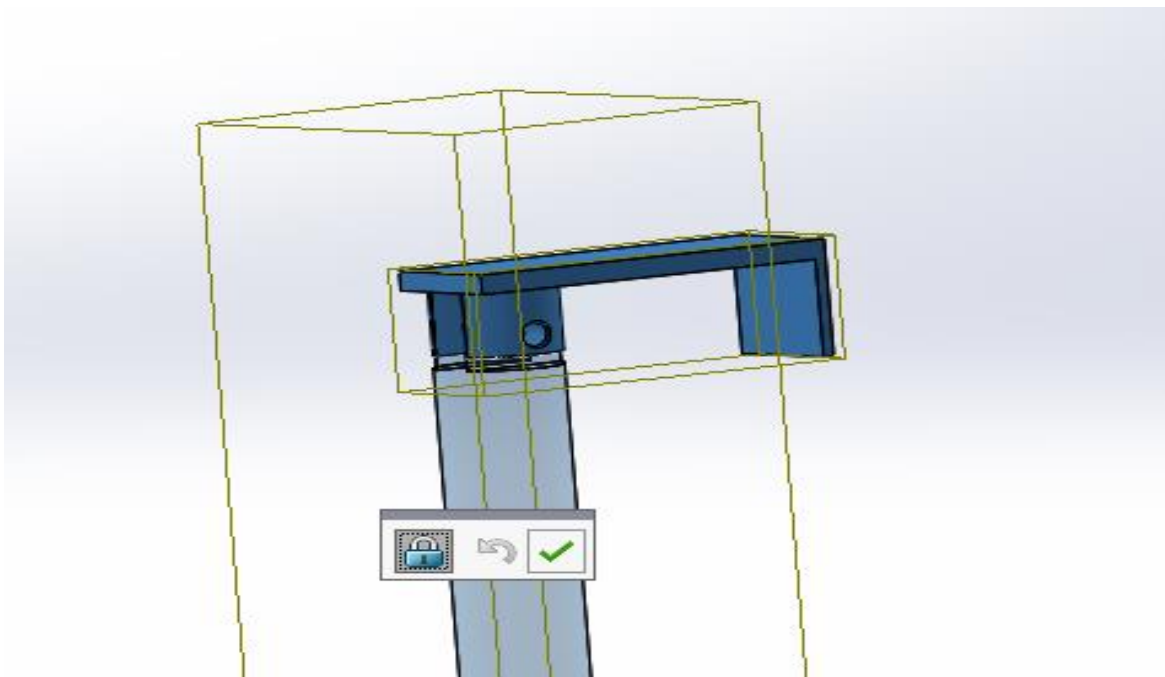


Figure III 61: Fixation de la tête de tige

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Ensuite introduire les rivets en utilisant deux contraintes standards (concentricité et coïncidence)

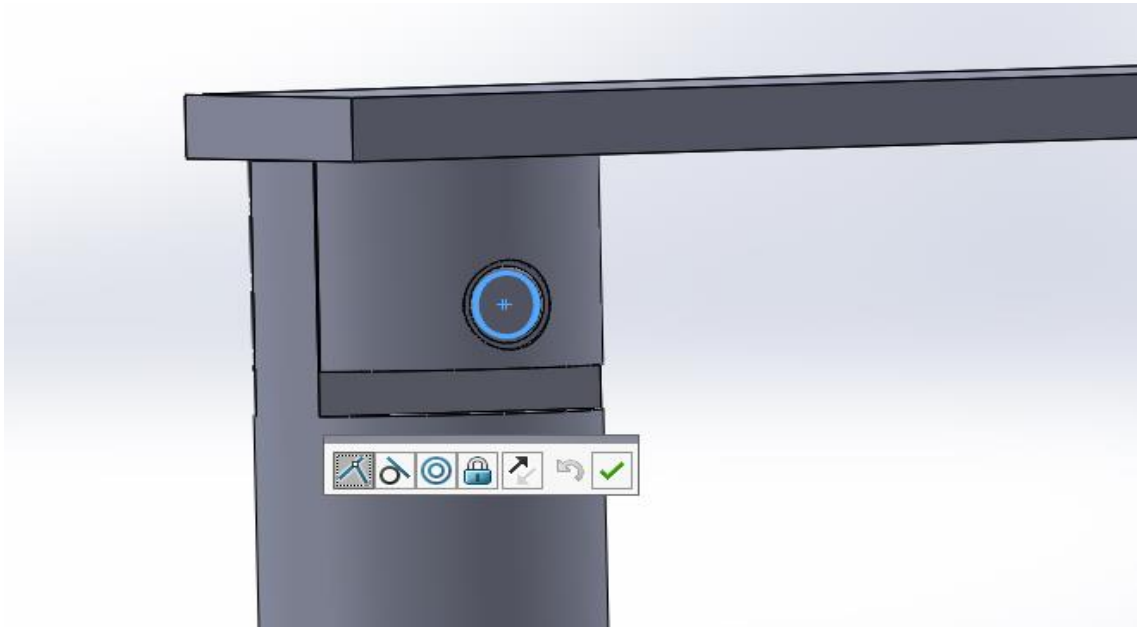


Figure III 62: Coïncidence du rivet

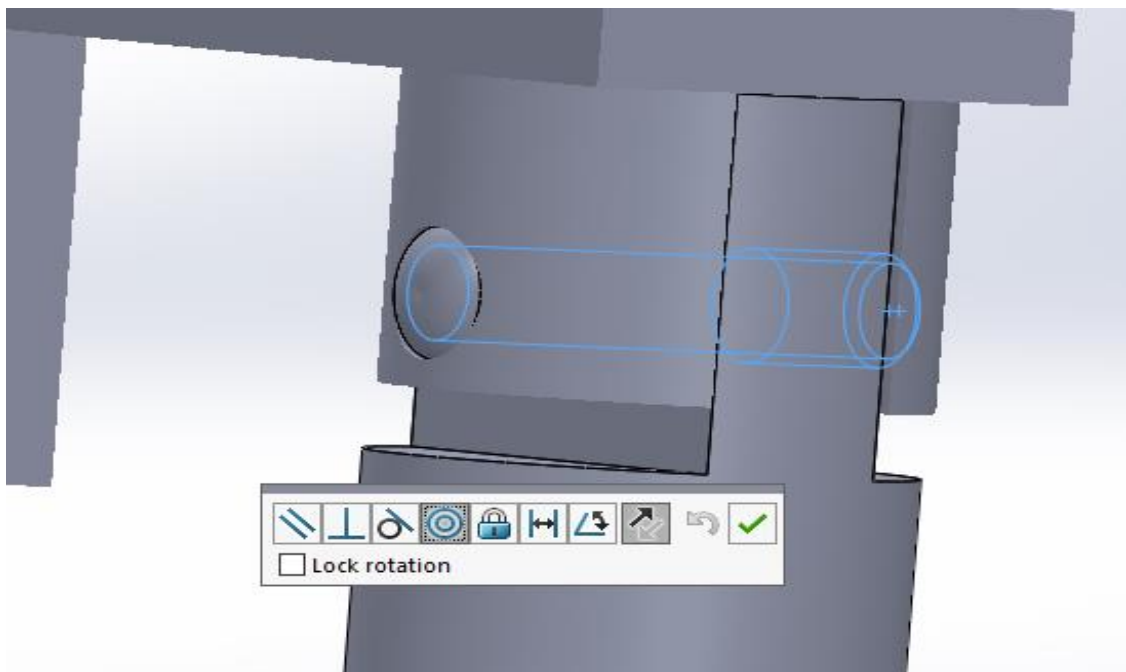


Figure III 63: Concentricité du rivet

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Introduire dans les bras mobiles les tiges télescopiques comme montré dans la figure suivante

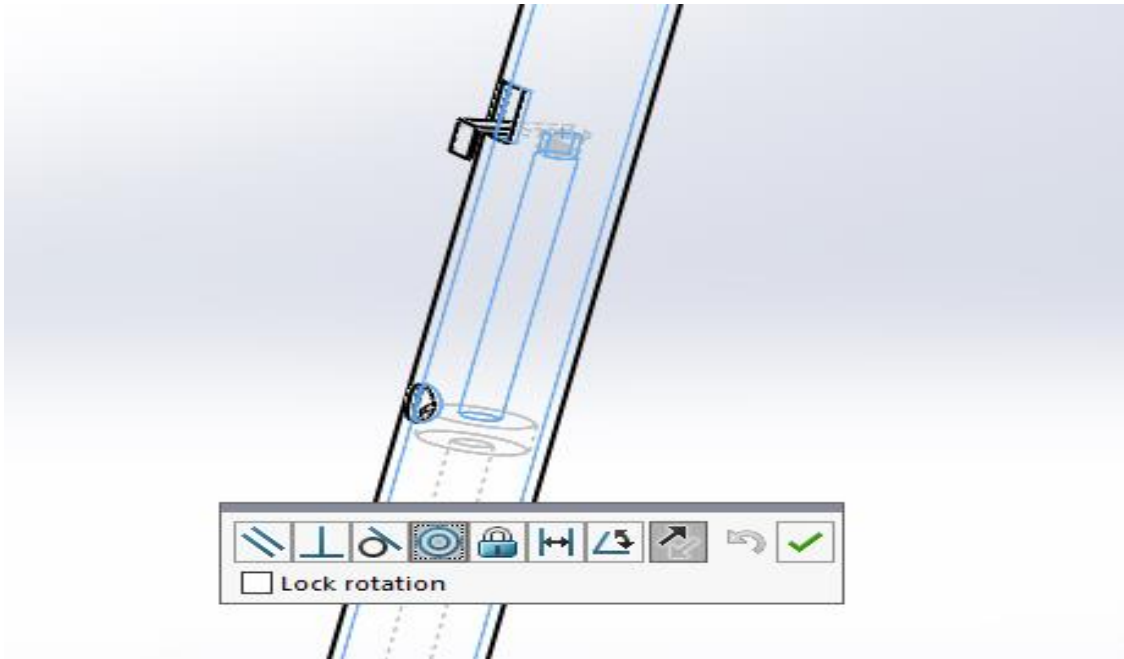


Figure III 64: Concentricité avec les bras mobiles

- Utiliser ensuite une contrainte avancée de largeur centrée comme le montre la figure suivante :

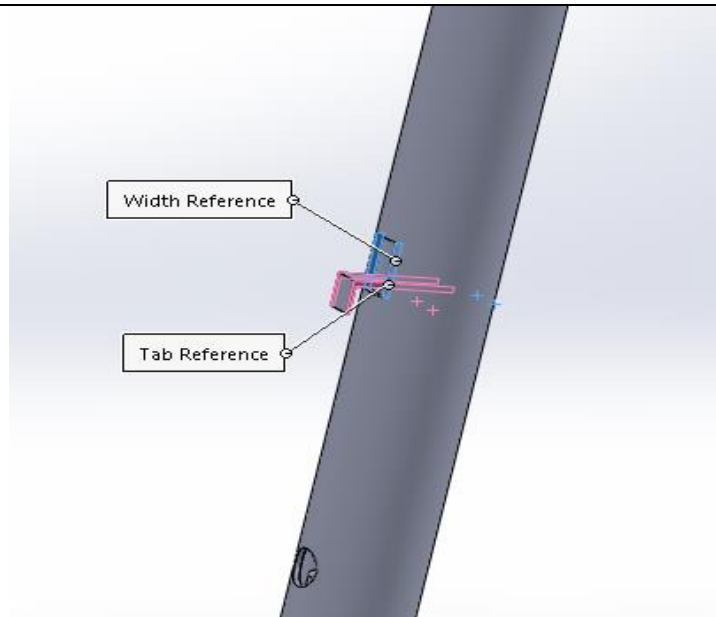


Figure III 65: Centrage de la tige avec les bras mobiles

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Après ça on ajoute la poignée mobile par une concentricité avec les bras mobiles

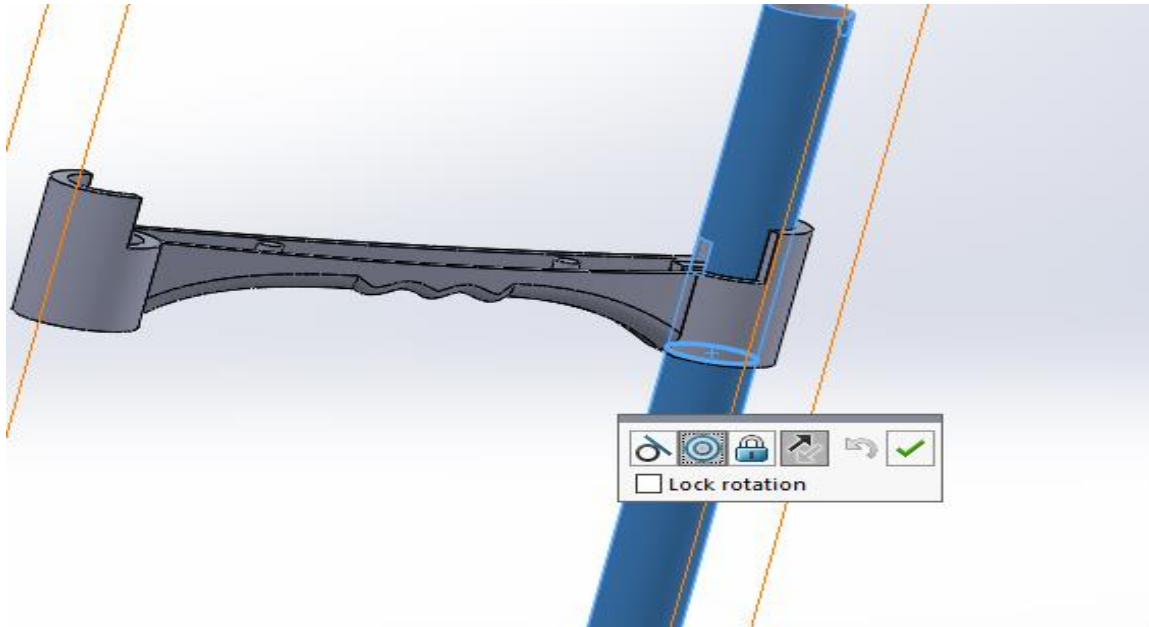


Figure III 66: Introduction de la poignée mobile

- Introduire la fixation de la poignée mobile avec trois contraintes

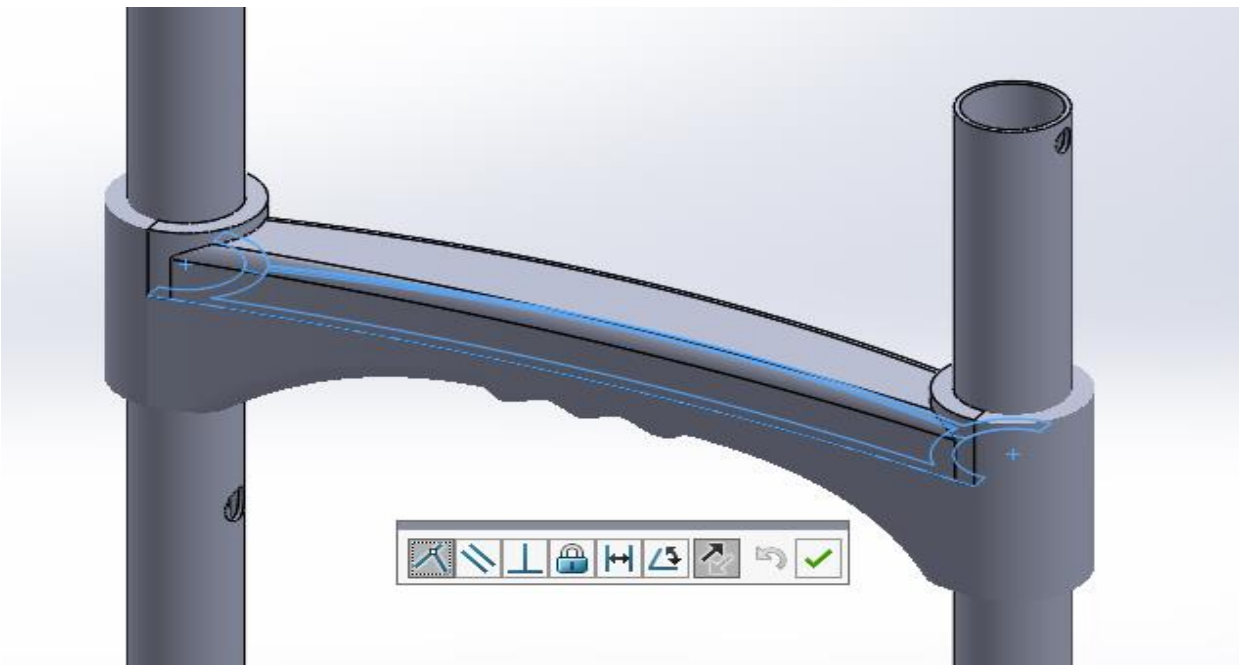


Figure III 67: Coïncidence des deux surfaces

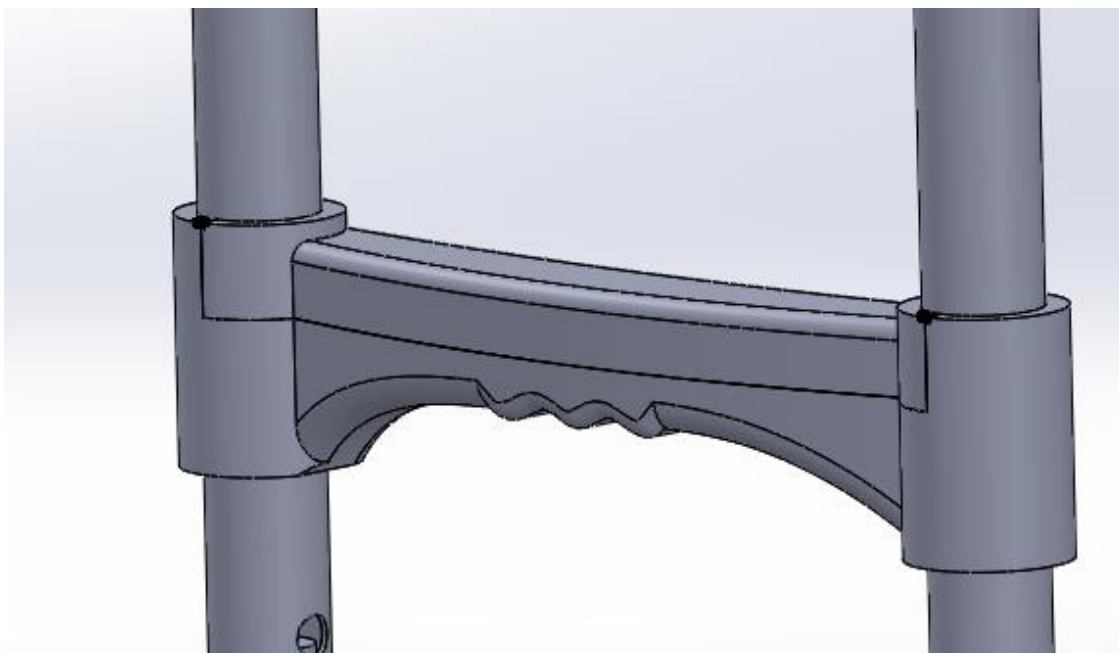


Figure III 68: Coïncidence des deux points

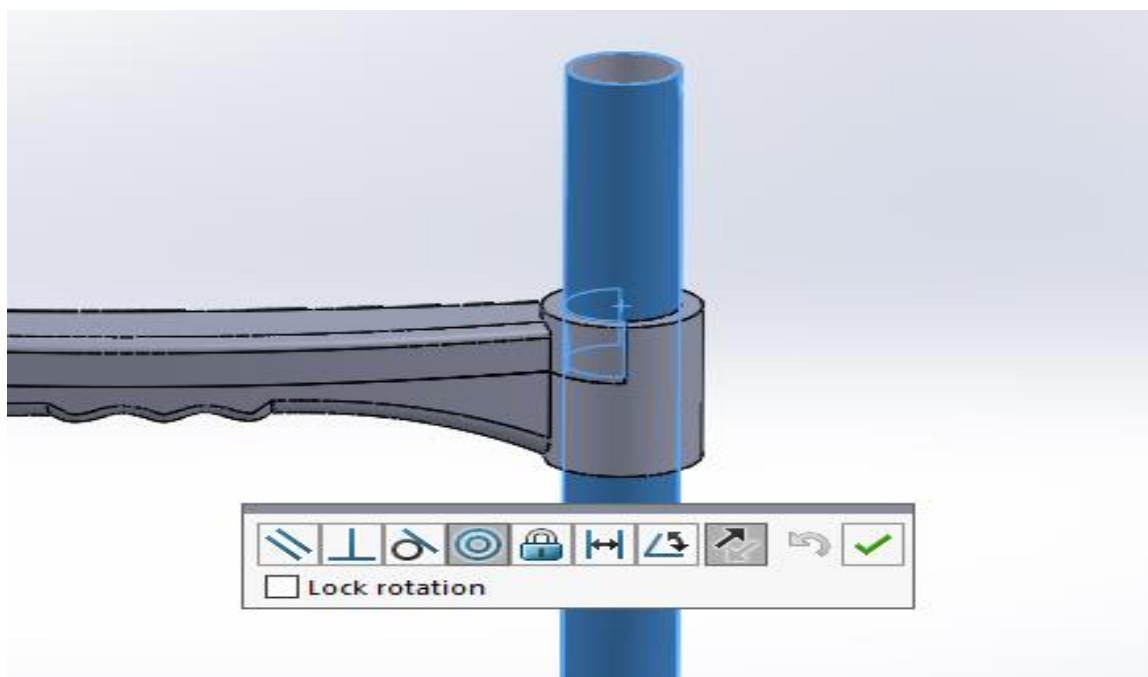


Figure III 69: Concentricité avec les bras mobiles

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Introduire les vis dans la poignée mobile avec une concentricité et une coïncidence avec le trou.

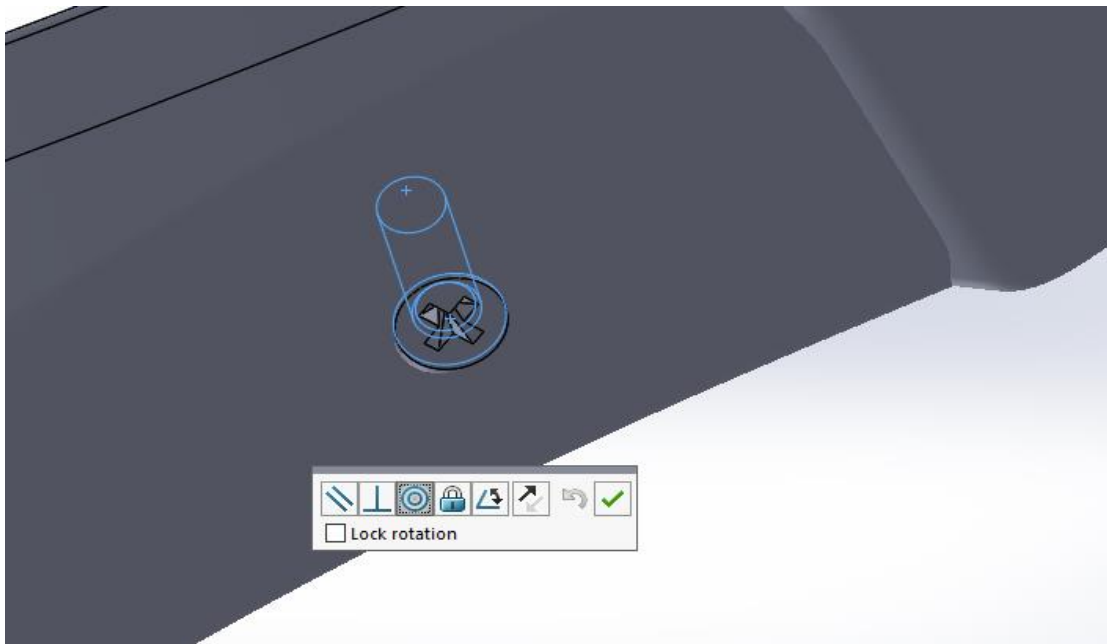


Figure III 70: Concentricité du vis avec la poignée mobile

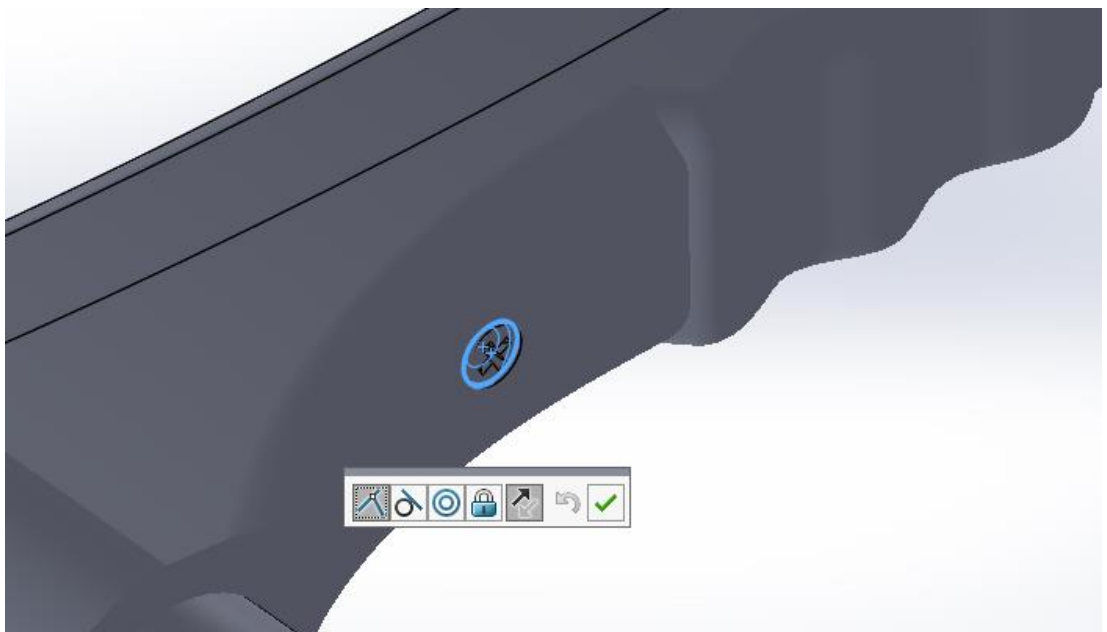


Figure III 71: Coïncidence avec la poignée mobile

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Vue d'assemblage des deux vis de fixation de la poignée mobile avec les deux têtes de tige pour permettre le mouvement des tiges avec la poignée mobile.

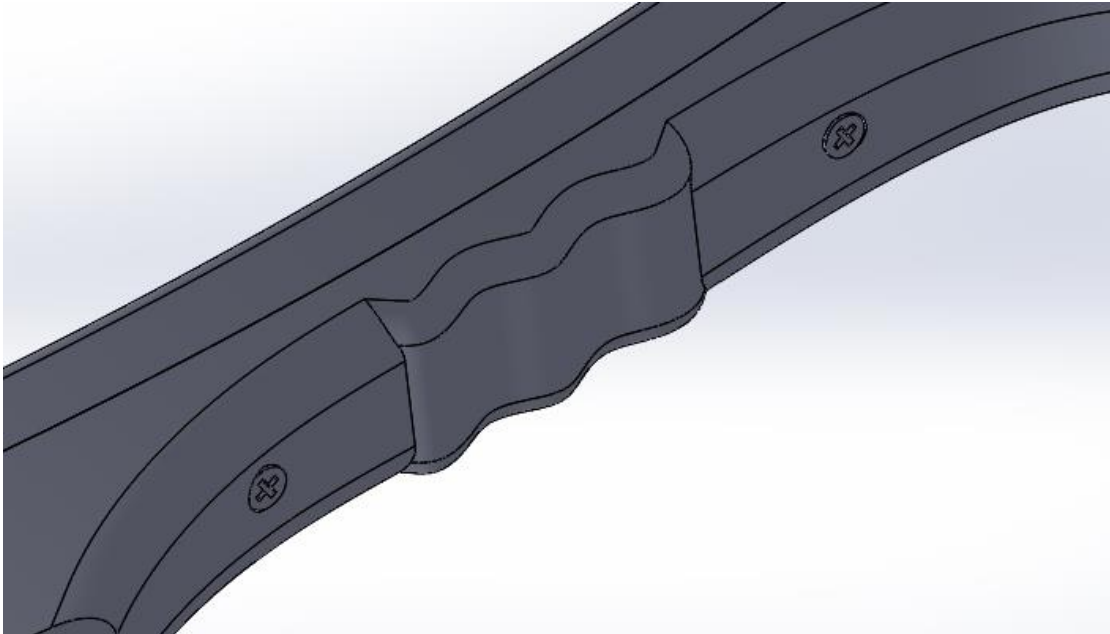


Figure III 72: Assemblage des vis de poignée

- Et pour finir cet assemblage, on va introduire la poignée fixe qui se compose de 3 parties. La figure suivante montre les différentes contraintes utilisées pour les assembler.

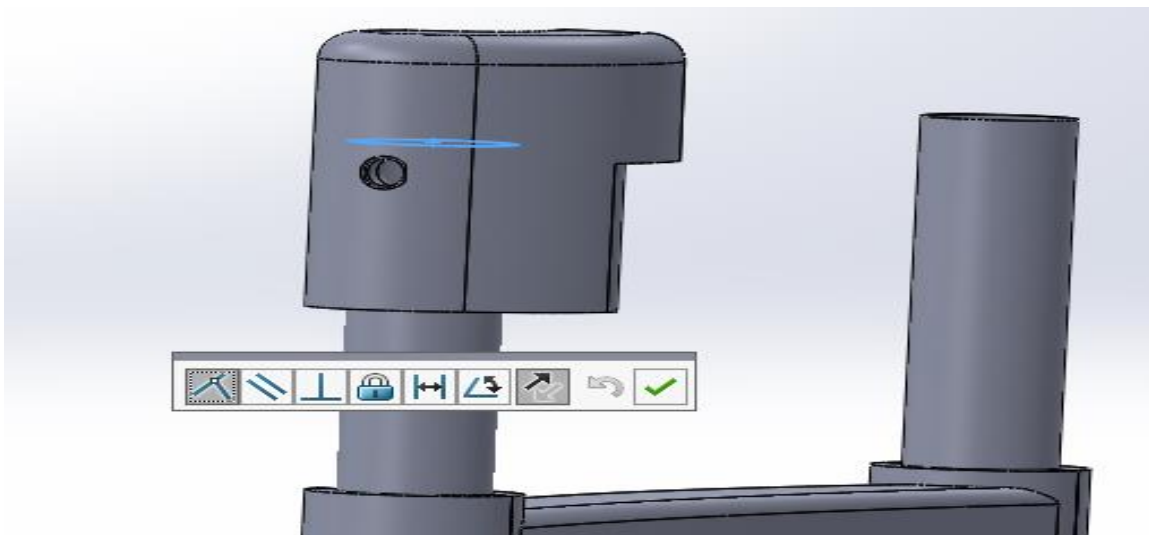


Figure III 73: Coïncidence avec le bras mobile

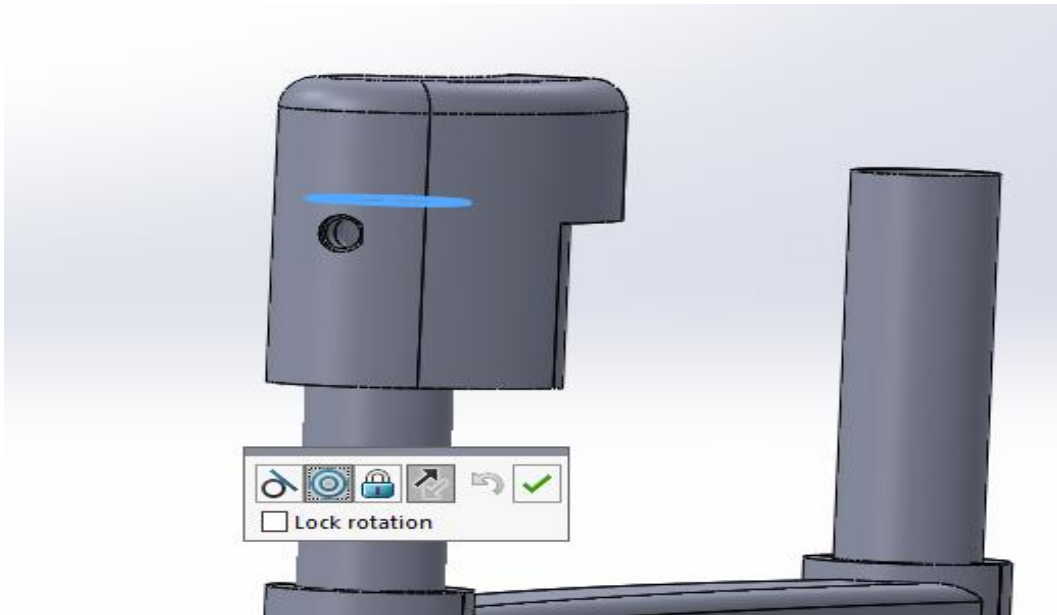


Figure III 74: Concentricité avec le bras mobile

- Utiliser une contrainte avancée de profil centrer pour centrer les 3 pièces avec une distance de 3mm.

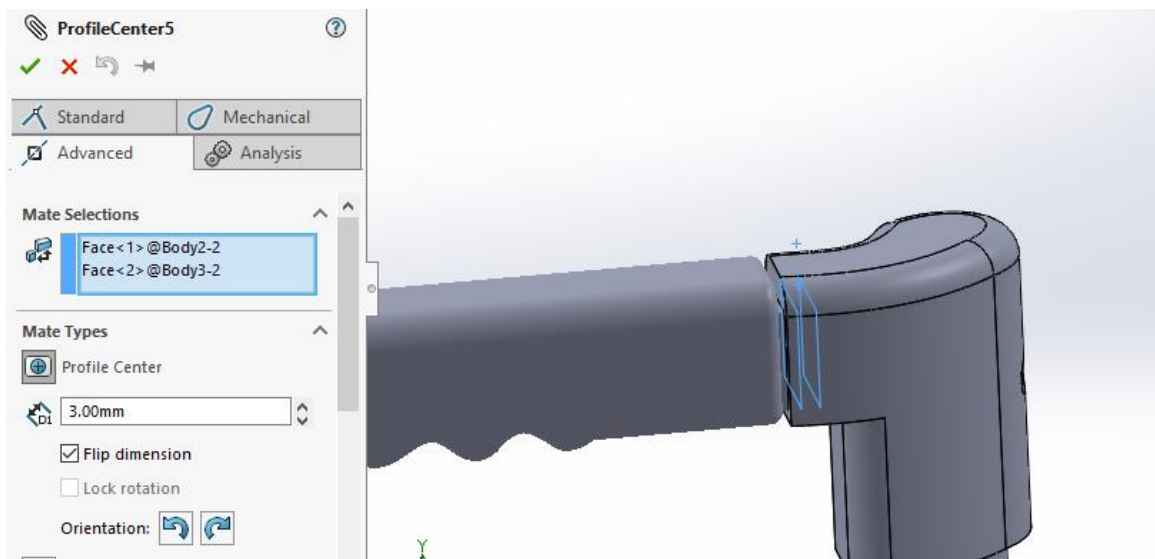


Figure III 75: Centrage des 3 parties de la poignée

- En dernier lieu pour le fixer définitivement avec les bras mobiles, on introduit les rivets de chaque côté.

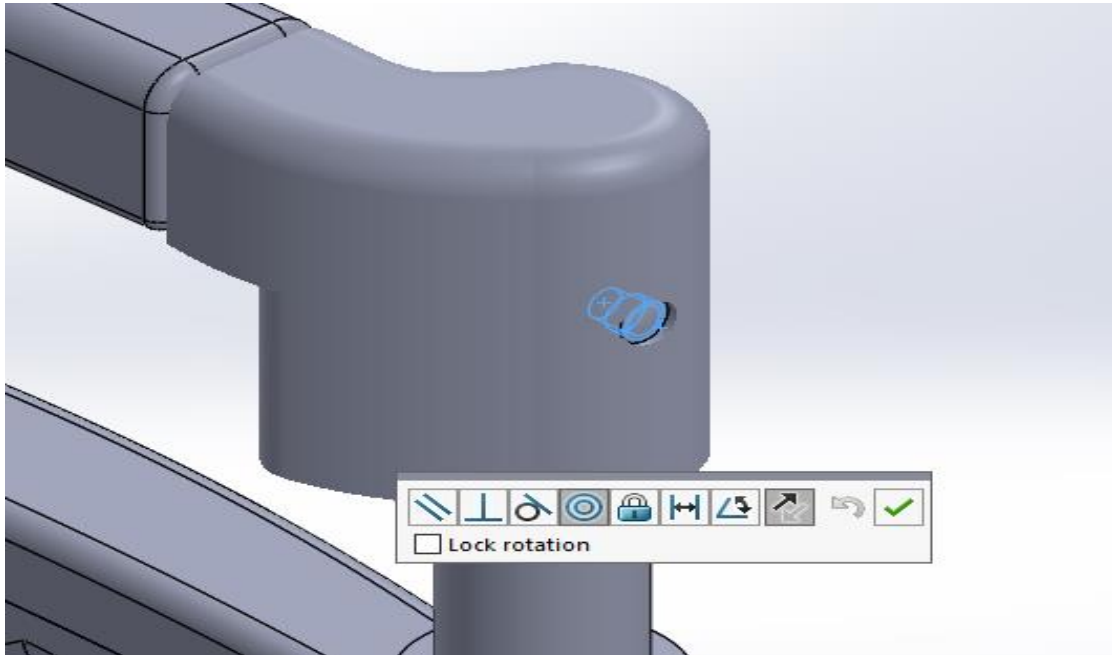


Figure III 76: Introduction des rivets

- Vue finale du sous assemblage de la partie supérieure du chariot

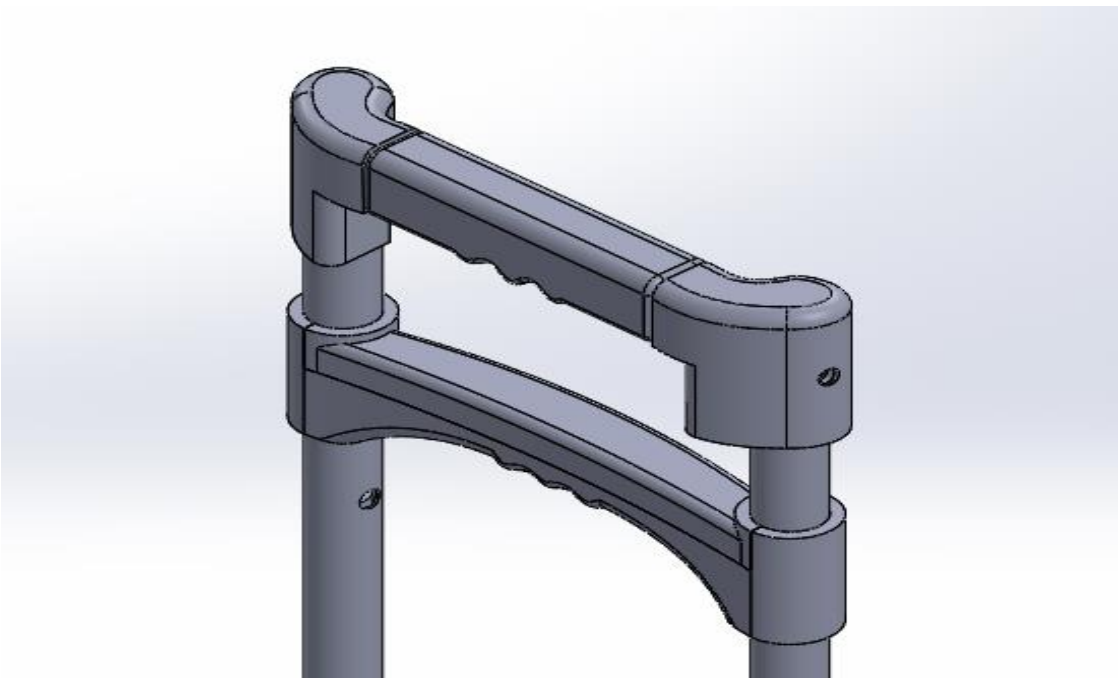


Figure III 77: Partie supérieure du chariot

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Introduire le sous assemblage supérieur dans les trous des supports de loquet

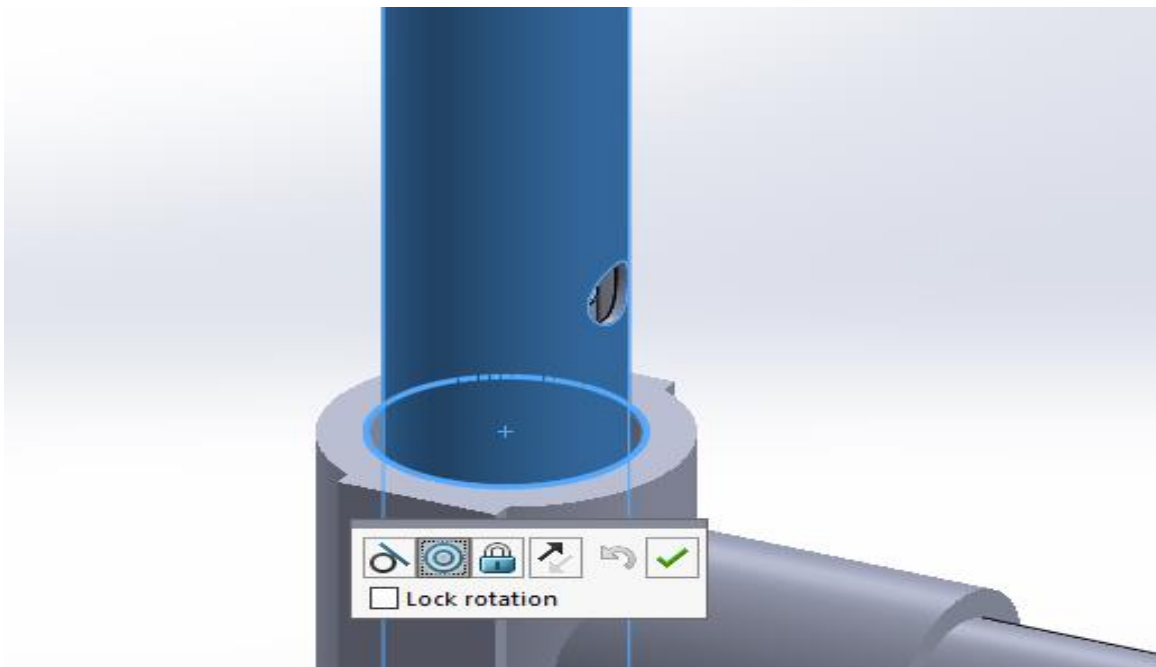


Figure III 78: Assembler les deux parties de l'assemblage

- Utiliser une contrainte tangentielle entre le loquet et le bras mobile pour permettre en réalité à l'aide de la compression du ressort de bloquer le mouvement du bras à la rencontre d'un trou.

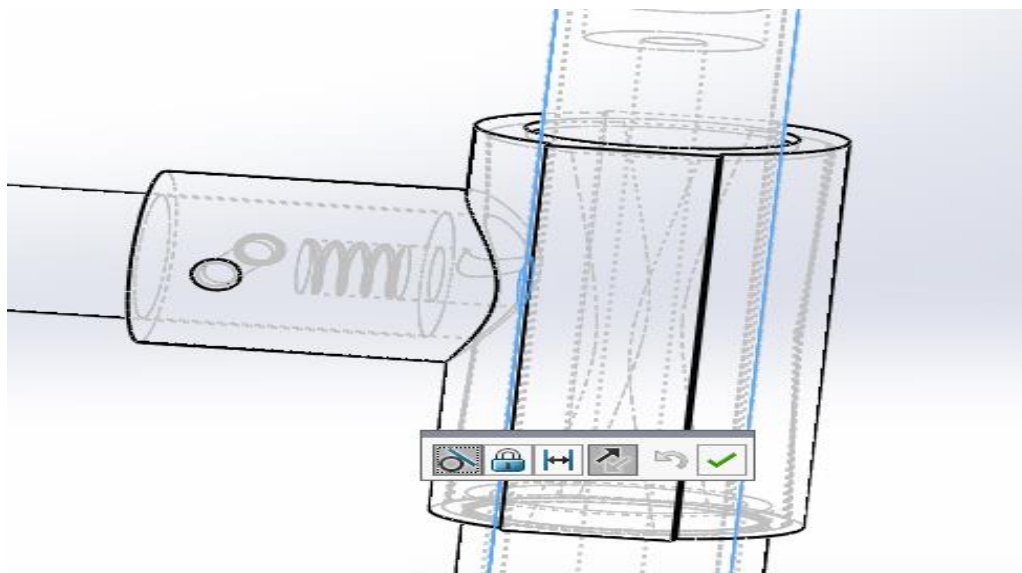


Figure III 79: Contrainte tangentielle du loquet

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

- Vue de (ligne cachée visible) pour voir le système de blocage du bras mobile avec le loquet.

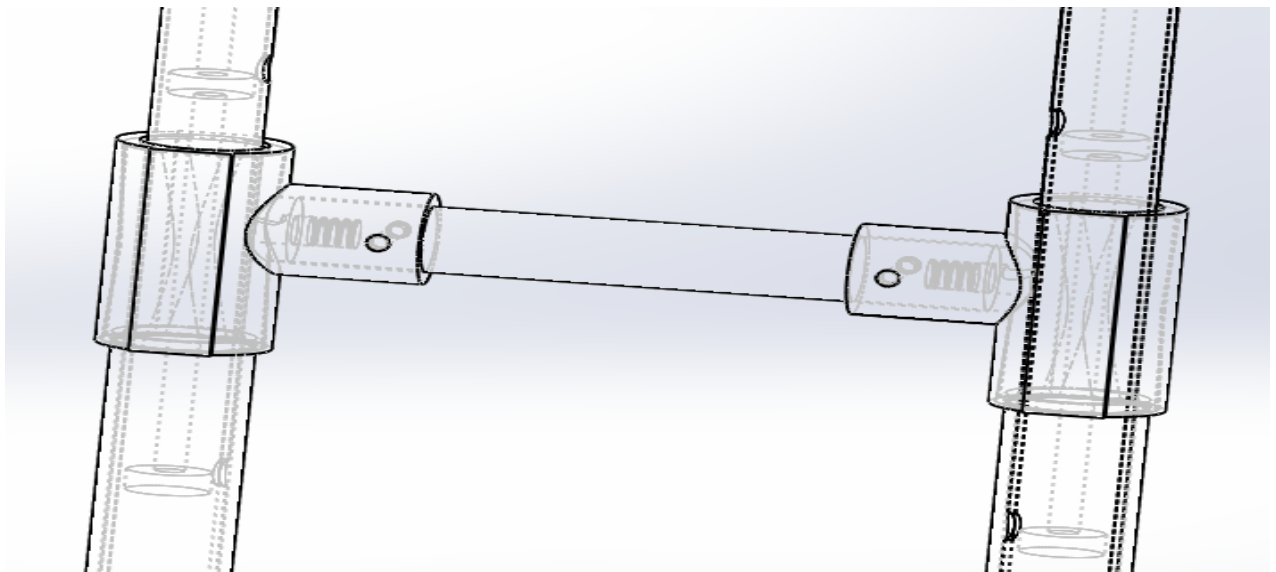


Figure III 80: Ligne cachée visible

- Créer ensuite une distance limite entre la poignée fixe et mobile pour permettre un petit mouvement de déblocage du loquet

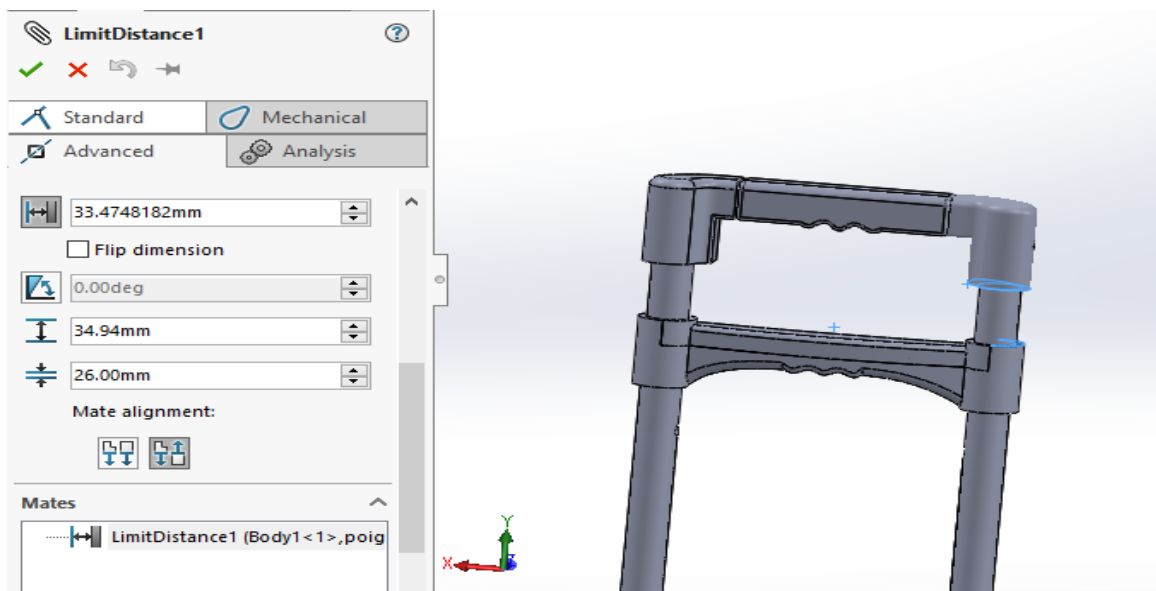


Figure III 81: Distance limite du bras mobile

- Deuxième distance limite entre la poignée fixe et le support de loquet pour permettre le déplacement du bras mobile comme montré dans la figure

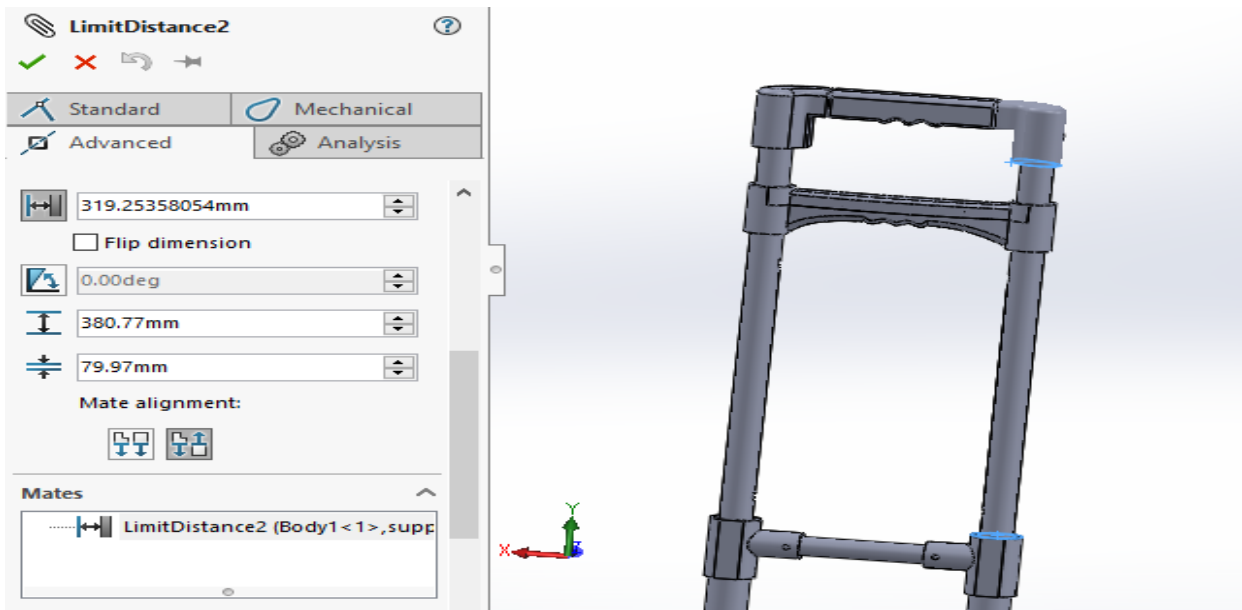


Figure III 82: Distance limite du bras mobile

- Vu finale de l'assemblage avec toute ces contraintes



Figure III 83 : Assemblage final

5. Animation du chariot

➤ Vue éclatée

Une "vue éclatée" est une représentation graphique d'un objet ou d'un système technique qui montre les différentes pièces ou composants individuels qui le composent, généralement disposés autour d'un axe central. Cette représentation permet de visualiser clairement chaque composant et sa position relative par rapport aux autres.

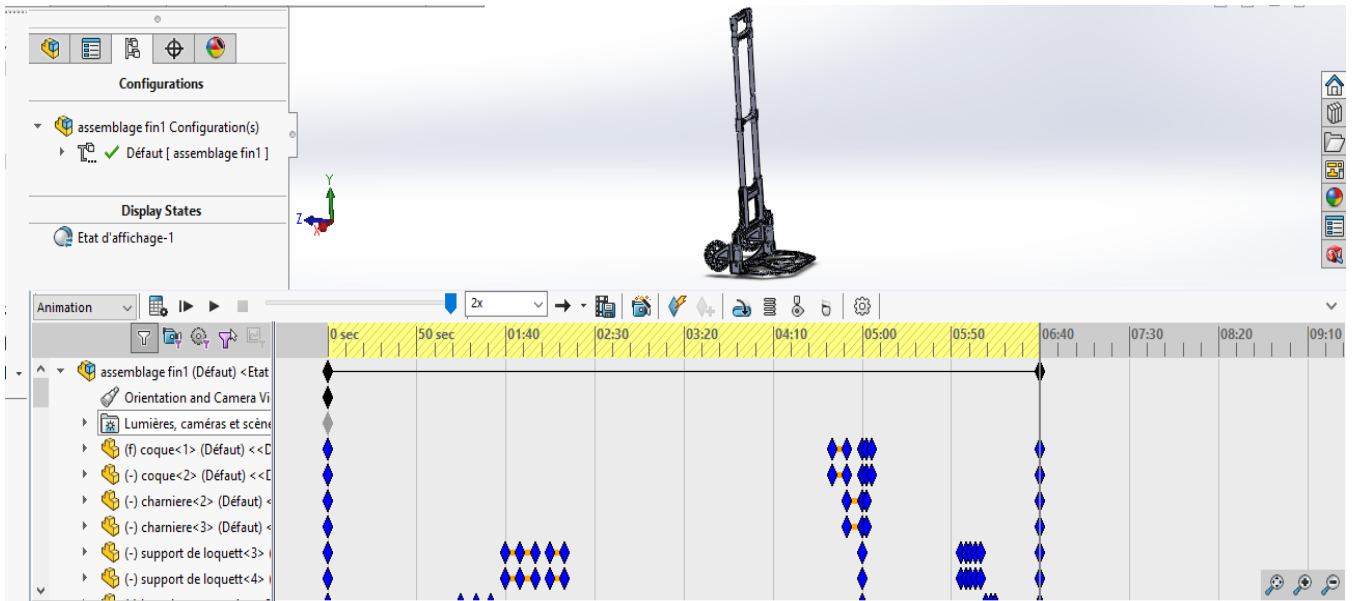


Figure III 84: Animation de la vue éclatée

La figure suivante nous montre la vue éclatée du chariot :



Figure III 85: Vue éclatée du chariot

Chapitre III : Conception, assemblage et animation du chariot de levage

➤ Ouverture et fermeture

Après la création du chariot et l'animation de sa vue éclatée on va passer à l'animation de son système d'ouverture de la plaque de base et des roues en même temps en utilisant 3 moteurs circulaires :

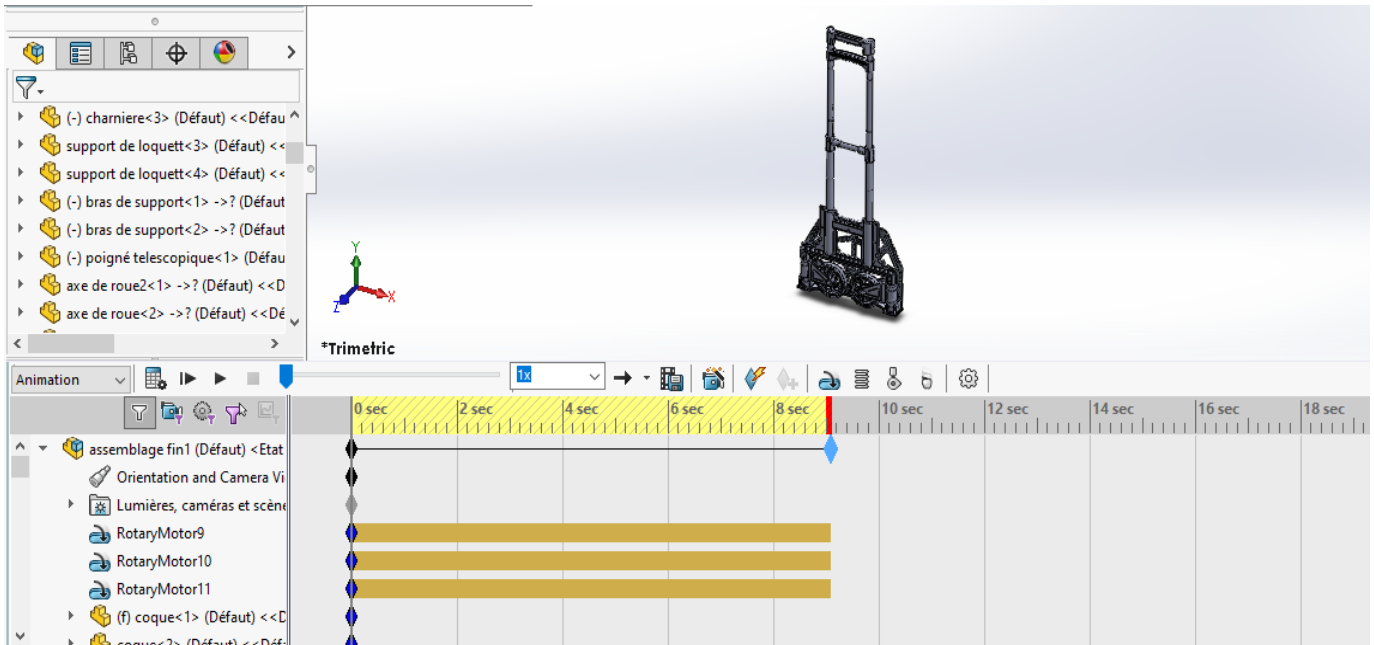


Figure III 86: Animation avant ouverture

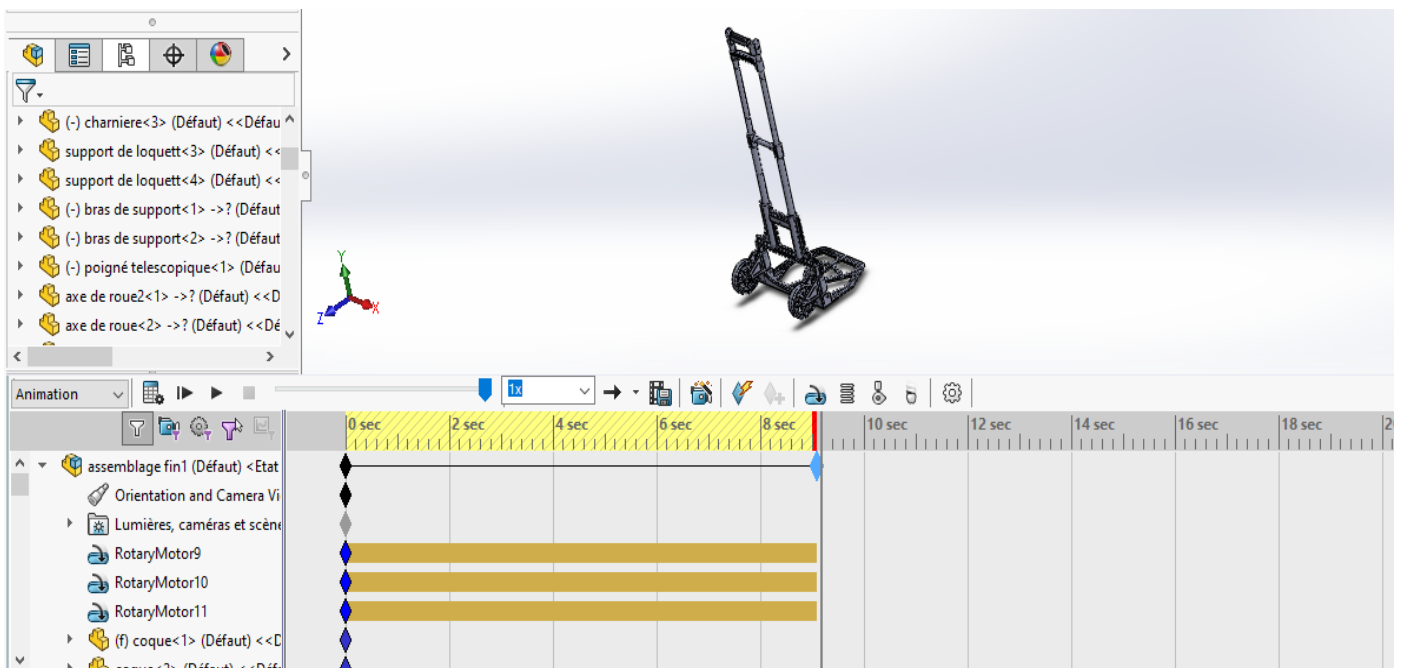


Figure III 87: Animation après ouverture

6. Conclusion

On a réussi dans ce chapitre à créer toutes les pièces qui constituent ce chariot nommé diable pliant et assembler toute ces parties avec les mécanismes d'ouverture de la plaque de base et des bras mobiles grâce à des contraintes simples et avancées.

On a appris à créer l'animation du chariot en commençant par la vue éclatée ensuite le mécanisme d'ouverture et de fermeture des roues et la plaque de base.

Chapitre IV :

Simulation statique du diable pliant

1. Introduction

Après la création des pièces du diable pliant, puis leur assemblage on a réussi dans le chapitre précédent à animer l'ouverture du chariot pour permettre son utilisation. Dans ce chapitre on va alors simuler ce chariot sous différentes conditions aux limites pour voir sa capacité à supporter des charges lourdes et minimiser les risques de détérioration et de la flèche des bras et de la plaque.

On utilisera dans cette simulation le logiciel Ansys Simulation qui peut lire un modèle importé du logiciel de conception SolidWorks.

2. Ansys Simulation

Ansys peut être utilisé pour résoudre des problèmes de statiques en utilisant le module Ansys Mechanical. La résolution de problèmes de structures statiques implique la détermination des forces et des déformations dans une structure sous l'effet de charges, sans prendre en compte le mouvement ou l'accélération. Voici les étapes générales pour résoudre un problème de statique en utilisant Ansys Mechanical :

1. Modélisation de la structure : La première étape consiste à créer un modèle de la structure dans Ansys Mechanical ou bien l'importer d'un autre logiciel sous une forme spécifique. Cela implique la création de géométries, la définition des matériaux et des propriétés, le maillage de la structure, et la définition des conditions aux limites pour les charges, les supports et les liaisons.

2. Définition des charges : Après avoir créé le modèle de la structure, la prochaine étape consiste à définir les charges appliquées à la structure. Les charges peuvent être appliquées sous forme de forces, de pressions, de moments, de poids ou de tout autre type de charge. Les charges peuvent être uniformes ou non uniformes, statiques ou dynamiques.

3. Analyse de la structure : Une fois que le modèle est créé et les charges sont définies, l'analyse de la structure peut être effectuée. Ansys Mechanical résout les équations de la mécanique des structures pour déterminer les forces et les déformations dans la structure sous l'effet des charges appliquées.

4. Visualisation des résultats : Après l'analyse, les résultats peuvent être visualisés dans Ansys Mechanical. Les résultats incluent les déformations, les contraintes, les forces et les facteurs de sécurité. Ces données peuvent être utilisées pour évaluer la sécurité et la performance de la structure.

3. Simulation du chariot

3.1. Préparations

❖ Premièrement on va appliquer un matériau pour chaque composant sur le logiciel SolidWorks

Les matériaux appliqués sont :

- Plastics PA type 6 :(coque, support de loquet, poignée mobile, supports de roues, jante de la roue, poignée fixe et rondelle,
 - Aluminium 6063-T6, Rod (SS) : bras fixes, bras mobiles, tige entre support de loquet, tige télescopique,
 - Aluminium 5052-H38, Barre (SS) : plaque de base,
 - Acier allié : Axes de roue, cylindre à ressort, pièce de la base, loquets cylindre d'axe, boulons, circlips, vis,
 - Aluminium 1060-H18 Barre (SS) : rivets, rivets de roue, tête de rivet,
 - Caoutchouc Ruber : contour de la roue,
- ❖ Deuxièmement enregistrer l'assemblage sous la forme « STEP AP214 (*.step ; *.stp) » Pour pouvoir l'utiliser dans le logiciel Ansys

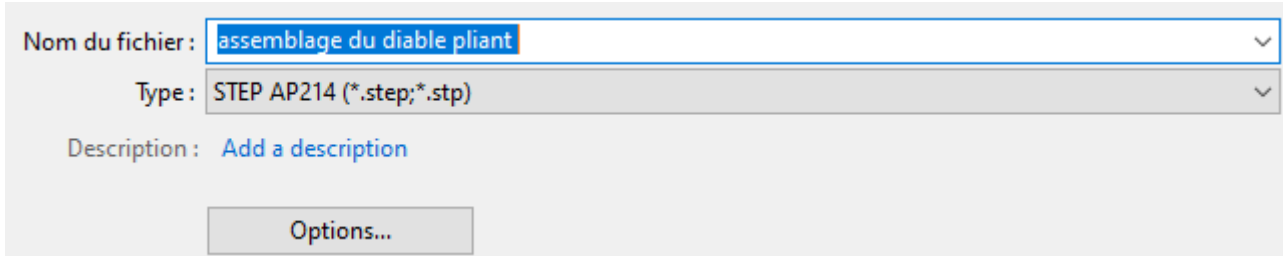


Figure IV 1: Forme de l'enregistrement

- ❖ On va après ça ouvrir un nouveau projet dans la plateforme Workbench

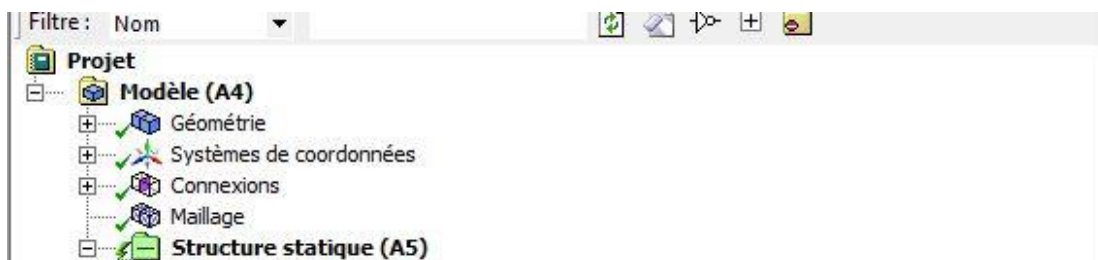


Figure IV 2: Projet de simulation

- ❖ Ensuite on va créer le maillage



Figure IV 3: Maillage

3.2. Etude du chariot

On va simuler dans cette étude ce chariot sous deux conditions d'angle, (chariot incliné à 45° et 60°), et en appliquant deux poids différents (80Kg et 150Kg).

Notons que ce chariot est censé supporter une charge maximale de 80Kg.

3.2.1. Condition d'angle 45°

A. Pour une charge de 80kg

- **Conditions aux limites**
 - On va fixer les deux extrémités comme montré dans la figure ci-dessous

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

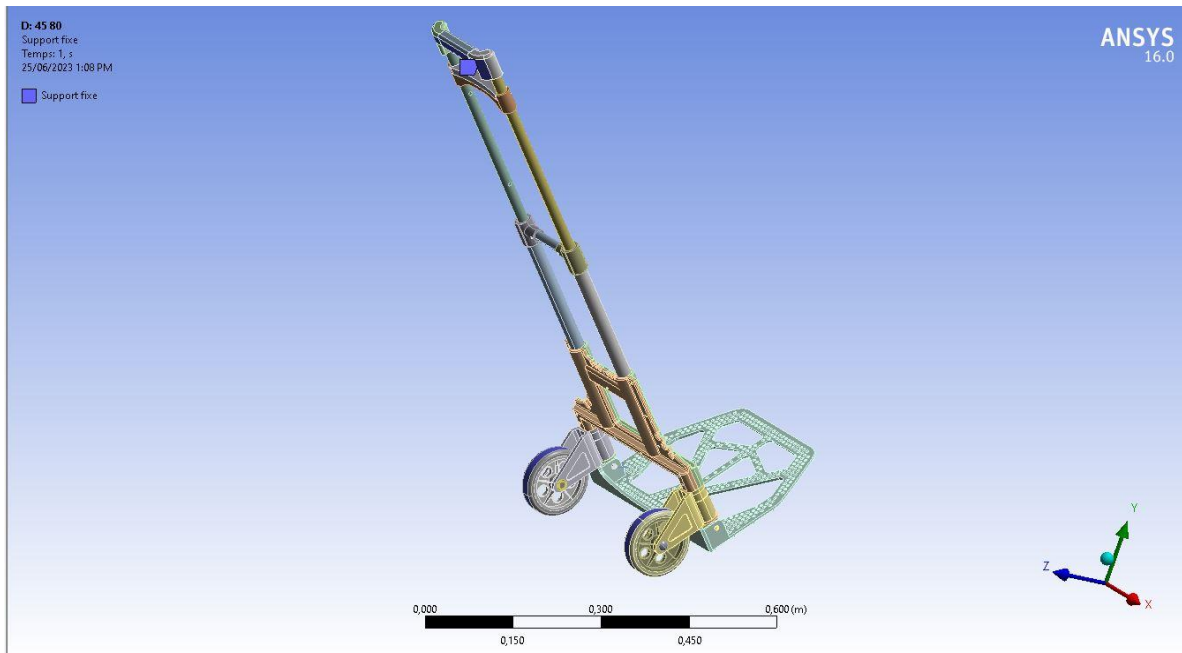


Figure IV 4: Fixation du chariot

– Concernant l'applications des forces sur les surfaces, on va utiliser les fonctions trigonométriques pour déterminer les valeurs appliquées sur chaque surface

On commence par transformer la charge en force avec l'équation connu

$$F(N) = m \times g$$

Après ça on utilise les angles pour déterminer les forces appliquées sur chaque surface avec les fonctions sin et cos

$$\cos 45^\circ = \frac{F_x}{F} \quad \Rightarrow \quad F_x = \cos 45^\circ \times F$$

$$\sin 45^\circ = \frac{F_y}{F} \quad \Rightarrow \quad F_y = \sin 45^\circ \times F$$

– On va appliquer une force de $F_x=393\text{N}$ sur la coque

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

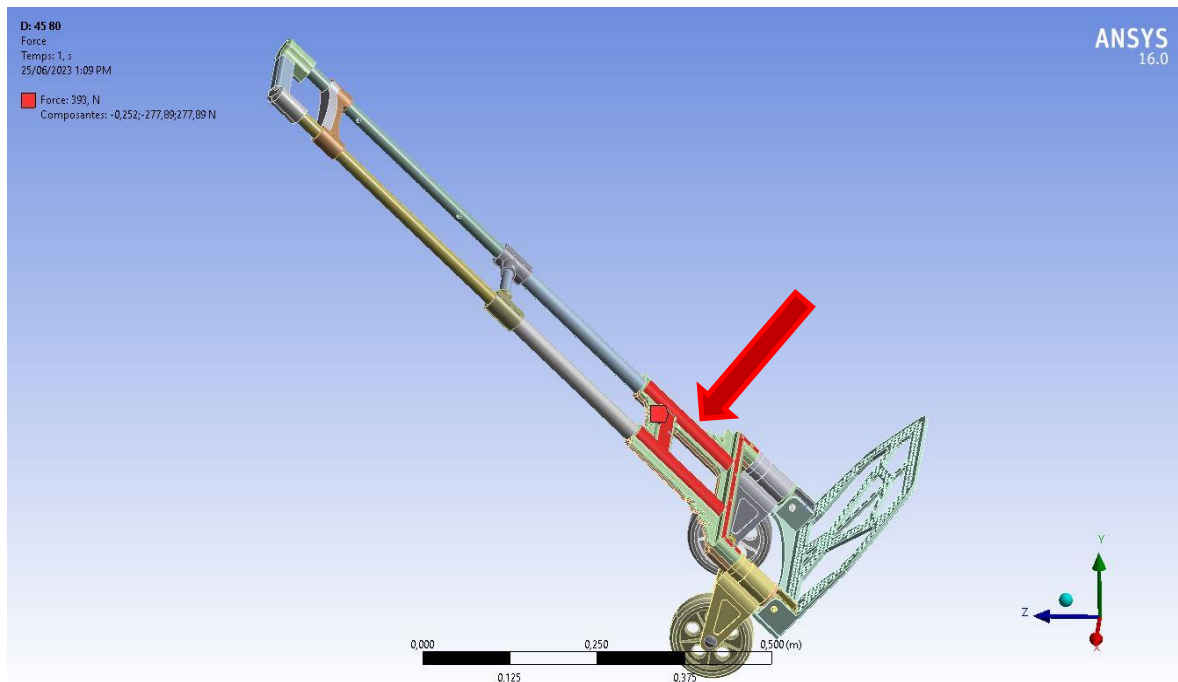


Figure IV 5: Application de la force sur la coque

- Et une deuxième force de $F_y=393\text{N}$ sur la plaque de base

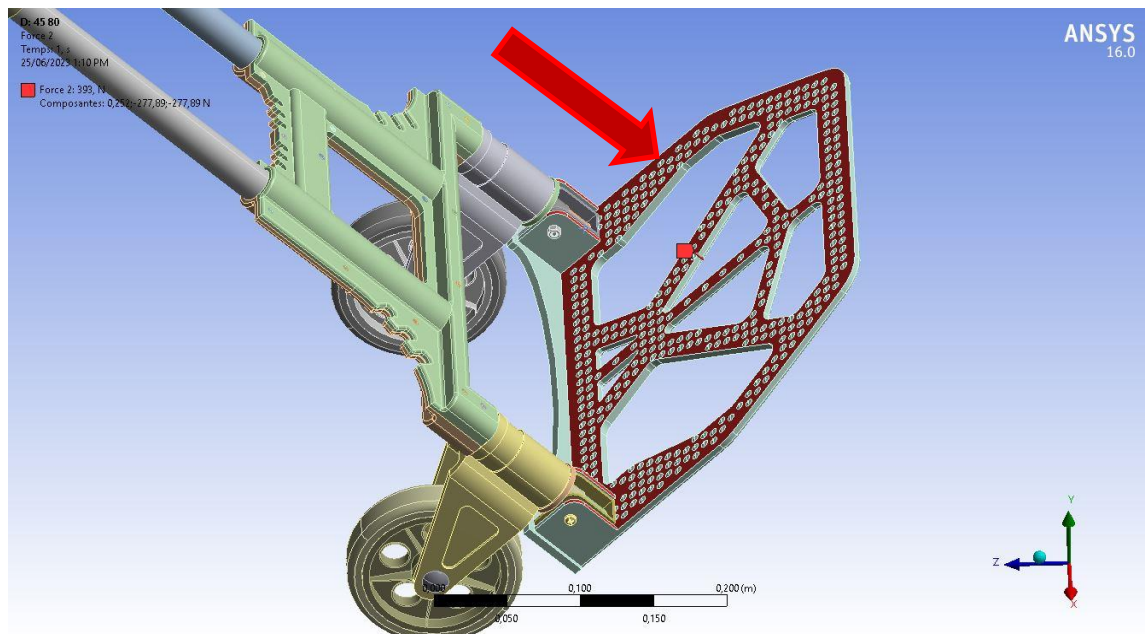


Figure IV 6: Application de la force sur la plaque

- **Résultat de simulation**

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

- Progression de la simulation

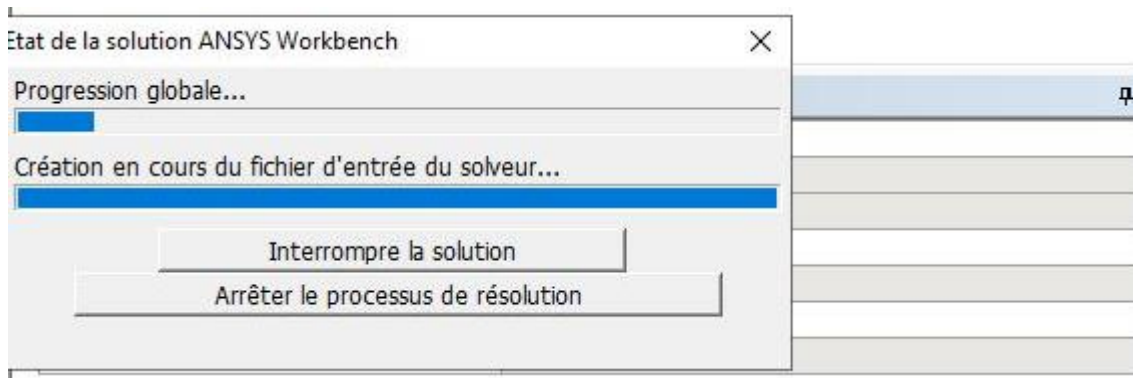


Figure IV 7: Progression

❖ Déplacement total

Dans Ansys Simulation, le déplacement total fait référence à la mesure des déformations et des déplacements subis par une structure ou un système sous l'effet des charges appliquées. Il permet d'évaluer la magnitude et la direction des déplacements résultants dans l'ensemble de la structure.

On remarque une grande flexion sur l'extrémité de la plaque et une légère flexion sur les bras du chariot comme montré dans les figures suivantes :

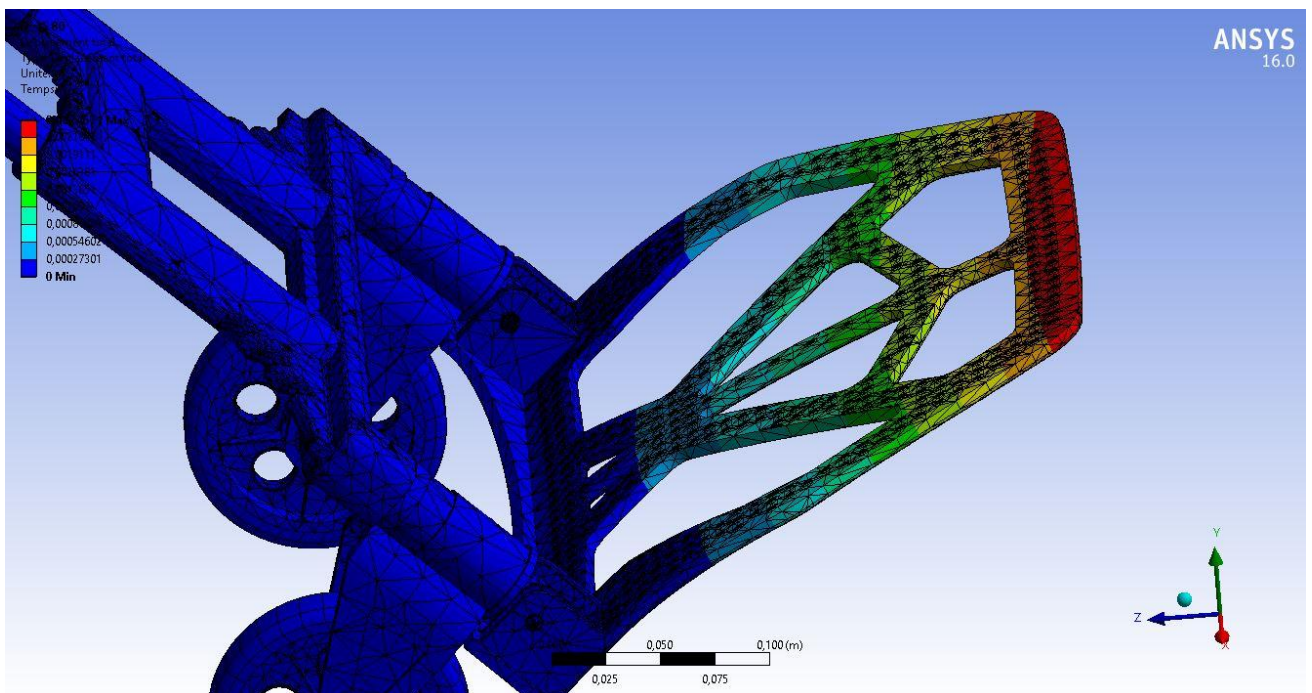


Figure IV 8: Déplacement total 1

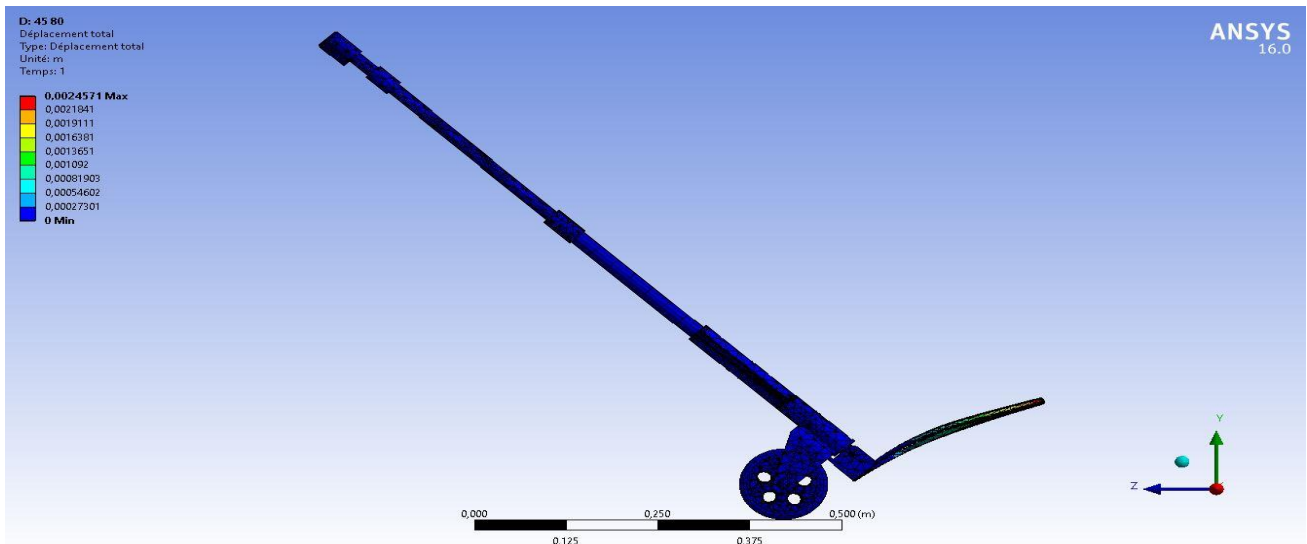


Figure IV 9: Déplacement total 2

On remarque dans le tableau de détails illustré dans la figure ci dessous que les résultats indiquent un déplacement de 2.4571mm à l'extrémité de la plaque de base comme valeur maximale et une valeur minimale dans la poignée fixe nommée body3.

Détails de "Déplacement total"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déplacement total
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0, m
<input type="checkbox"/> Maximum	2,4571e-003 m
Valeur minimale sur	Body3
Valeur maximale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 10: Détails de déplacement total

❖ Déformation élastique équivalente

La déformation élastique équivalente est un paramètre utilisé pour quantifier la déformation totale subie par un matériau ou une structure en réponse à des charges appliquées.

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Elle est généralement utilisée dans le domaine de la mécanique des matériaux pour évaluer la limite élastique d'un matériau.

On remarque dans les figures suivantes des changements de couleur dans la plaque de base et les vis de fixation ce qui signifie une déformation importante montrée dans (la Figure IV. 1) et une déformation dans les bras fixes et mobiles montré dans (la Figure IV. 2)

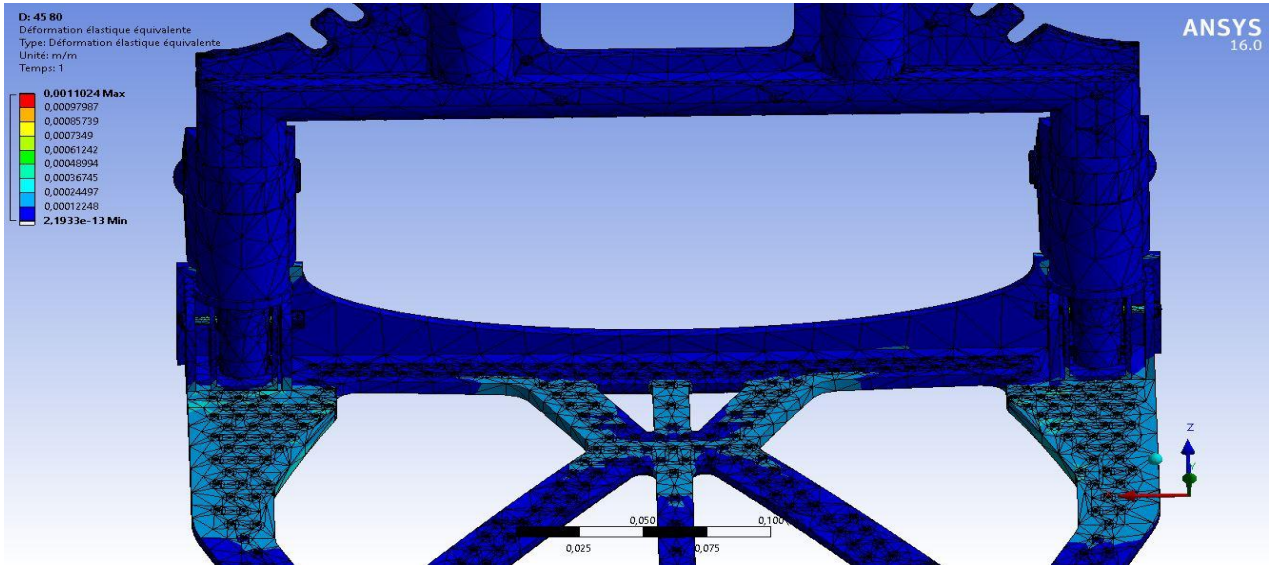


Figure IV 11: Déformation équivalente 2

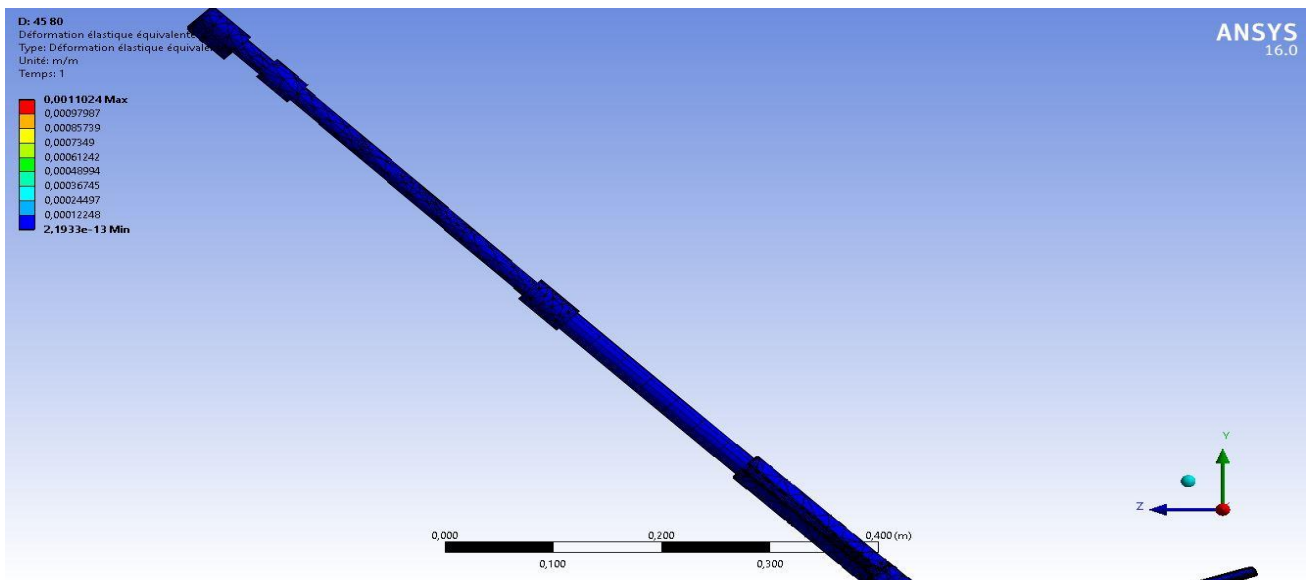


Figure IV 12: Déformation équivalente 1

On remarque dans le tableau de details suivant illustré dans (la Figure IV. 3) que :

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

La valeur maximale de la déformation est dans les vis de fixation et la valeur minimale et dans les tiges télescopiques.

Détails de "Déformation élastique équivalente"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déformation élastique équivalente
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	2,1933e-013 m/m
<input type="checkbox"/> Maximum	1,1024e-003 m/m
Valeur minimale sur	tige telescopique
Valeur maximale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
Informations	

Figure IV 13: Détails de déformation équivalente

❖ Déformation élastique principale

On remarque dans cette nouvelle simulation une déformation maximale enregistrée sur les vis de fixation de la plaque de base.

En utilisant le tableau de détails on remarque dans cette nouvelle étude que les vis sont les pièce les plus sollicitées par la force appliquée comme valeur maximale et valeur minimale.

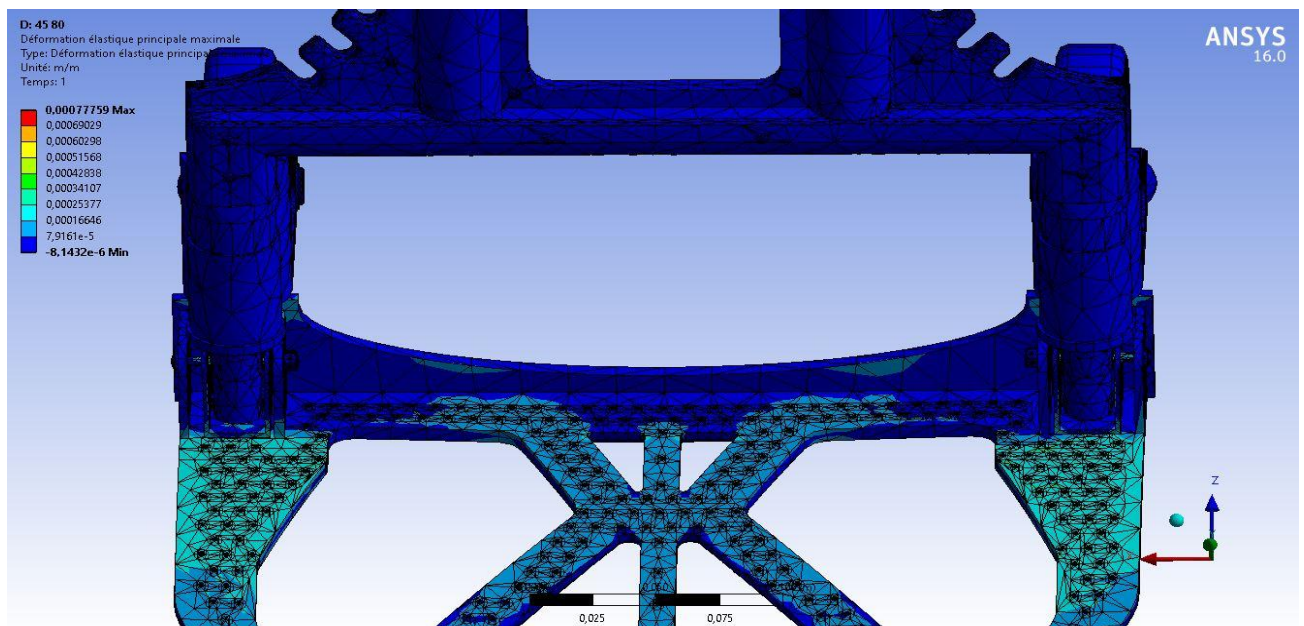


Figure IV 14: Déformation principale

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Remarque : En mécanique des matériaux, la déformation élastique est la déformation réversible d'un matériau sous l'application d'une contrainte. Cette déformation est généralement caractérisée par un coefficient de proportionnalité appelé module d'élasticité.

La déformation élastique principale maximale est la déformation élastique maximale dans une direction particulière d'un matériau. Autrement dit, c'est la déformation maximale dans la direction où le matériau est le plus sensible à la contrainte appliquée.

La déformation élastique équivalente, quant à elle, est une mesure de la déformation totale subie par un matériau sous l'effet d'une contrainte. Elle est calculée en combinant les déformations dans les trois directions principales (x, y et z) en utilisant une formule mathématique. Cette mesure est souvent utilisée pour déterminer si un matériau a été déformé de manière significative ou non.

Détails de "Déformation élastique principale maximale"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déformation élastique principale maximale
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	-8,1432e-006 m/m
<input type="checkbox"/> Maximum	7,7759e-004 m/m
Valeur minimale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS ...
Valeur maximale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS ...
Informations	

Figure IV 15: Détails de la déformation principale

❖ Contrainte équivalente

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Les illustrations suivantes nous montrent les emplacements où il y a des contraintes

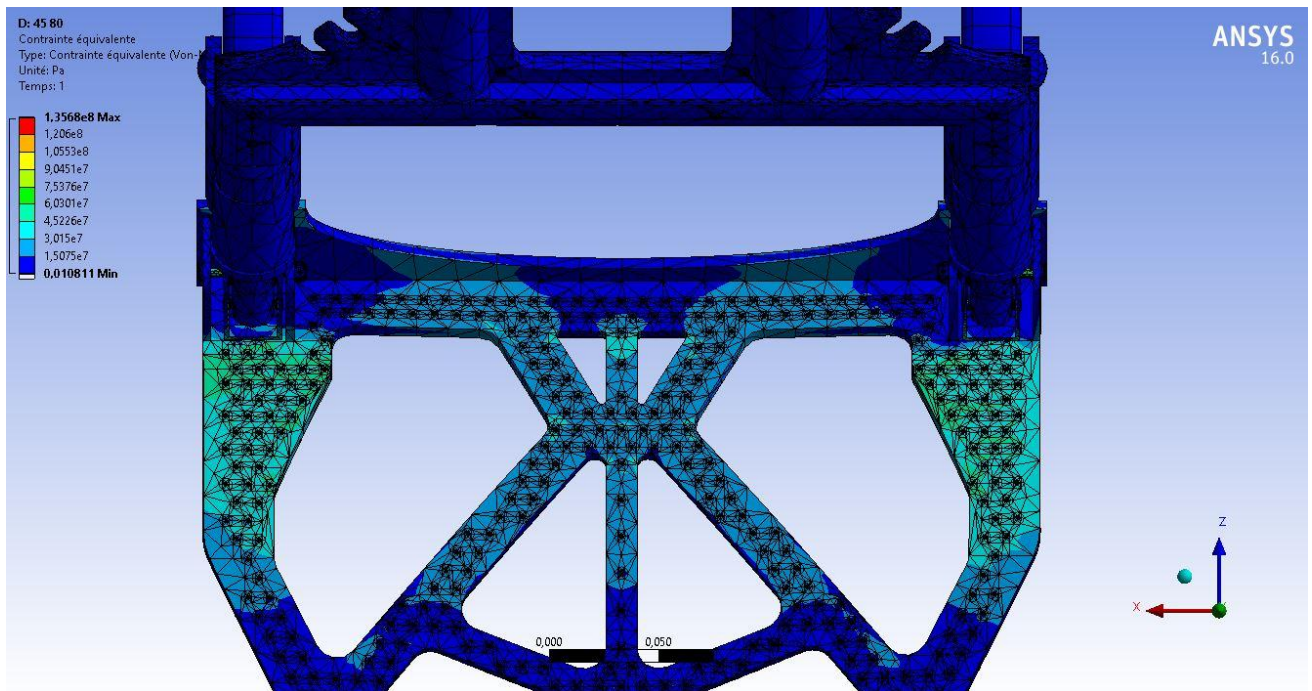


Figure IV 16: Contrainte équivalente 1

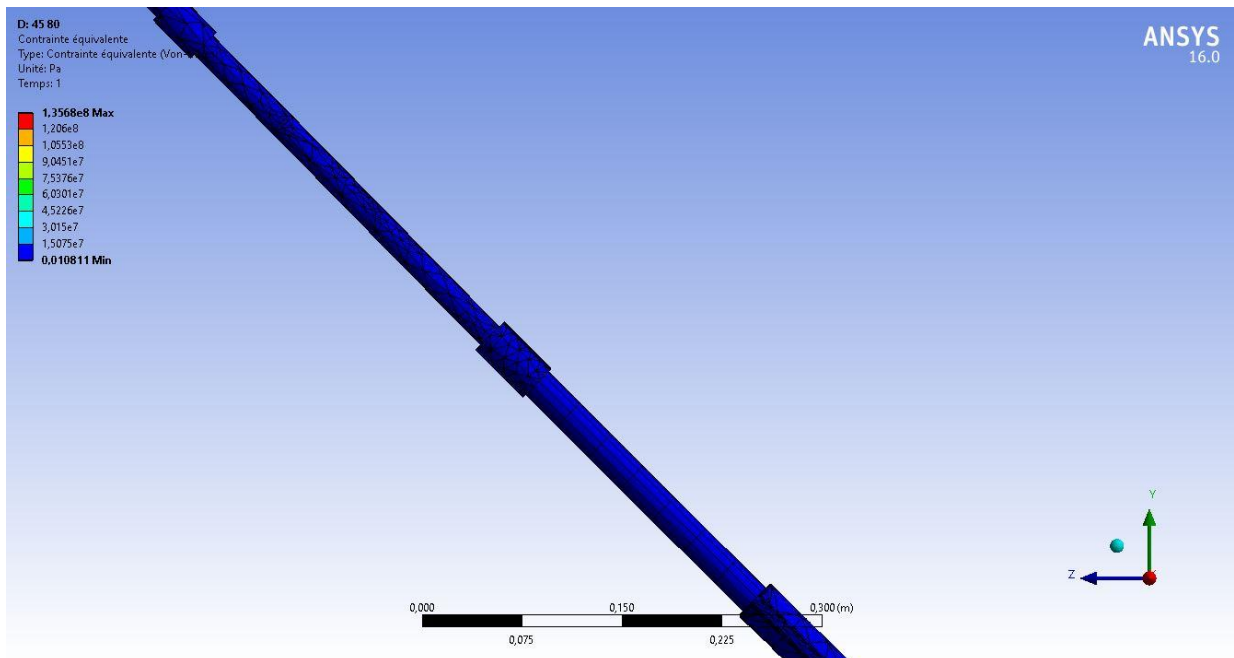


Figure IV 17: Contrainte équivalente 2

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Dans cette étude de contrainte équivalente on remarque dans le tableau de détails que la valeur maximale est dans les vis de fixation et la valeur minimale et dans les tiges télescopiques

Détails de "Contrainte équivalente"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Contrainte équivalente (Von-Mises)
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	1,0811e-002 Pa
<input type="checkbox"/> Maximum	1,3568e+008 Pa
Valeur minimale sur	tige telescopique
Valeur maximale sur	pan cross rpfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
[+] Informations	

Figure IV 18: Détails de contrainte équivalente

Remarque : Une contrainte équivalente est une mesure unique qui représente l'effet combiné de plusieurs contraintes sur un matériau ou une structure. Elle permet de simplifier l'analyse des contraintes en transformant un système complexe de contraintes en une seule valeur.

Lorsqu'un matériau ou une structure est soumis à différentes contraintes, telles que la traction, la compression, la flexion ou la torsion, il peut être difficile d'évaluer leur effet individuel. La contrainte équivalente est utilisée pour combiner ces différentes contraintes en une seule valeur qui représente le niveau de contrainte global.

La détermination de la contrainte équivalente dépend du critère de rupture utilisé. Différents critères de rupture sont utilisés en fonction des propriétés du matériau et des conditions de charge. Par exemple, le critère de rupture de Von Mises est couramment utilisé pour les matériaux ductiles, tandis que le critère de rupture de Tresca est utilisé pour les matériaux fragiles.

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Une fois que la contrainte équivalente est déterminée, elle peut être comparée à la résistance du matériau pour évaluer s'il est susceptible de se rompre ou de subir des déformations excessives. Cela permet de prendre des décisions éclairées sur la conception et la sécurité des structures.

❖ Coefficient de sécurité

On remarque dans cette simulation les valeurs minimales de sécurité enregistrées sous différentes couleurs.

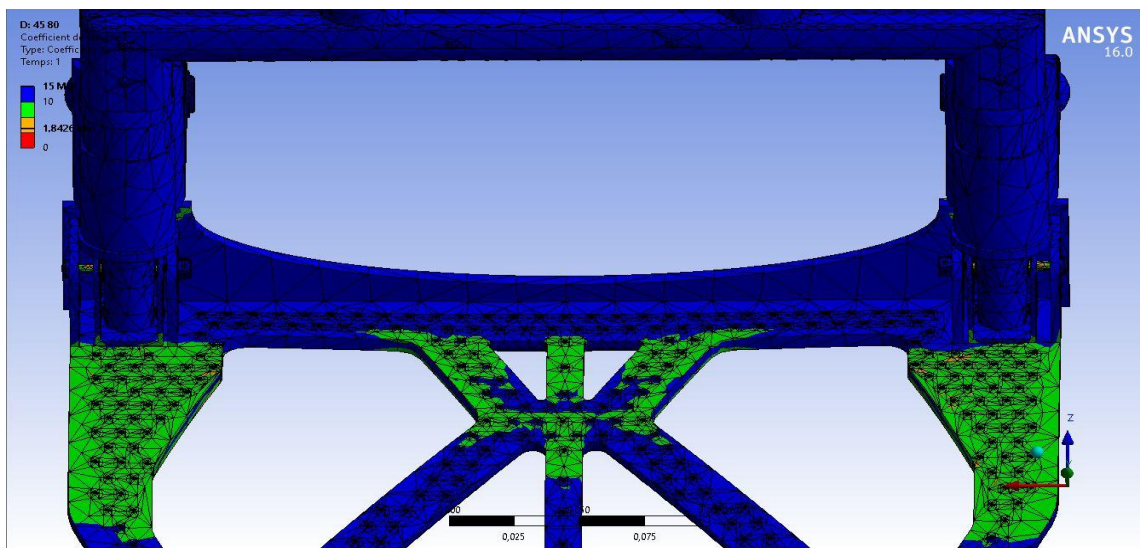


Figure IV 19 Coefficient de sécurité

Le tableau de détail nous donne comme résultat la valeur minimale indiquée sur les vis de fixation de la plaque de base (Figure IV. 20)

Détails de "Coefficient de sécurité"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Coefficient de sécurité
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	1,8426
Valeur minimale sur	pan cross rqfik_B18.67M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS - ...
[+] Informations	

Figure IV 20: Détails de coefficient de sécurité

Remarque : Le coefficient de sécurité est une mesure utilisée pour évaluer la marge de sécurité d'un système ou d'une structure par rapport à sa capacité à résister aux charges ou aux contraintes. Il est généralement défini comme le rapport entre la résistance ou la capacité de charge maximale d'un élément et la charge ou la contrainte maximale qu'il est susceptible de subir.

Il est calculé en divisant la capacité de charge ou de résistance de l'élément par la charge ou la contrainte maximale appliquée. Si le coefficient de sécurité est supérieur à 1, cela signifie que la capacité de l'élément à résister à la charge est supérieure à la charge appliquée, ce qui indique une marge de sécurité. En revanche, si le coefficient de sécurité est inférieur à 1, cela implique que la charge appliquée dépasse la capacité de l'élément, ce qui peut entraîner des défaillances ou des dommages.

Le choix du coefficient de sécurité dépend de plusieurs facteurs, tels que la nature de la charge, les propriétés du matériau, les exigences de sécurité et les codes de conception applicables. Différents domaines d'application peuvent avoir des normes et des recommandations spécifiques pour les coefficients de sécurité. Par exemple, dans l'industrie de la construction, des coefficients de sécurité sont généralement utilisés pour la conception des structures afin de prendre en compte les incertitudes liées aux charges, aux matériaux et aux méthodes de calcul.

B. Pour une charge de 150kg

- Conditions aux limites
- Fixations :



Figure IV 21: Fixations de 45° - 150kg

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Application des forces sur les mêmes emplacements de l'étude précédente avec une valeur de $F_x=736\text{N}$ sur la coque et $F_y=736\text{N}$ sur la plaque de base

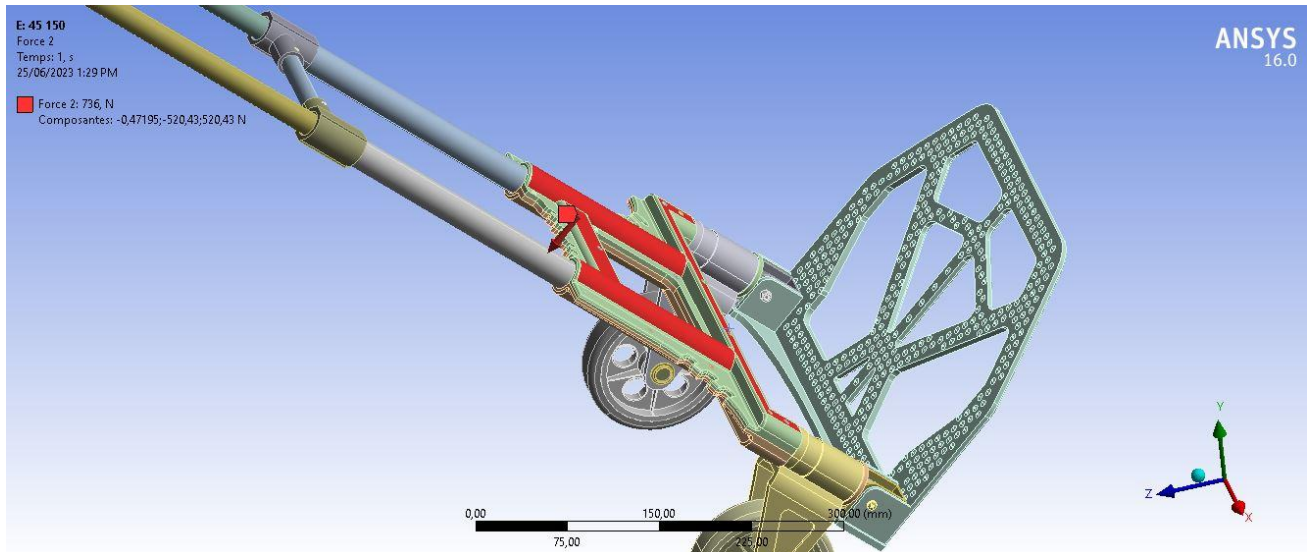


Figure IV 22: Application de la force 1

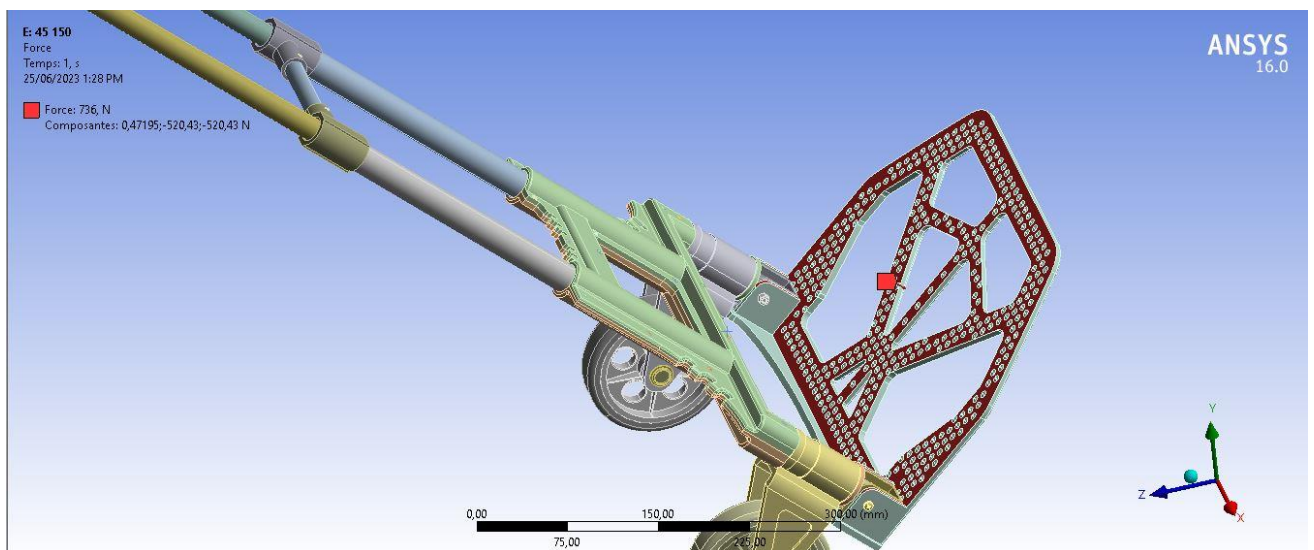


Figure IV 23: Application de la force 2

❖ Déplacement total

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Les deux figures suivantes nous montrent les déplacements totaux que le chariot subit à cause des conditions aux limites.

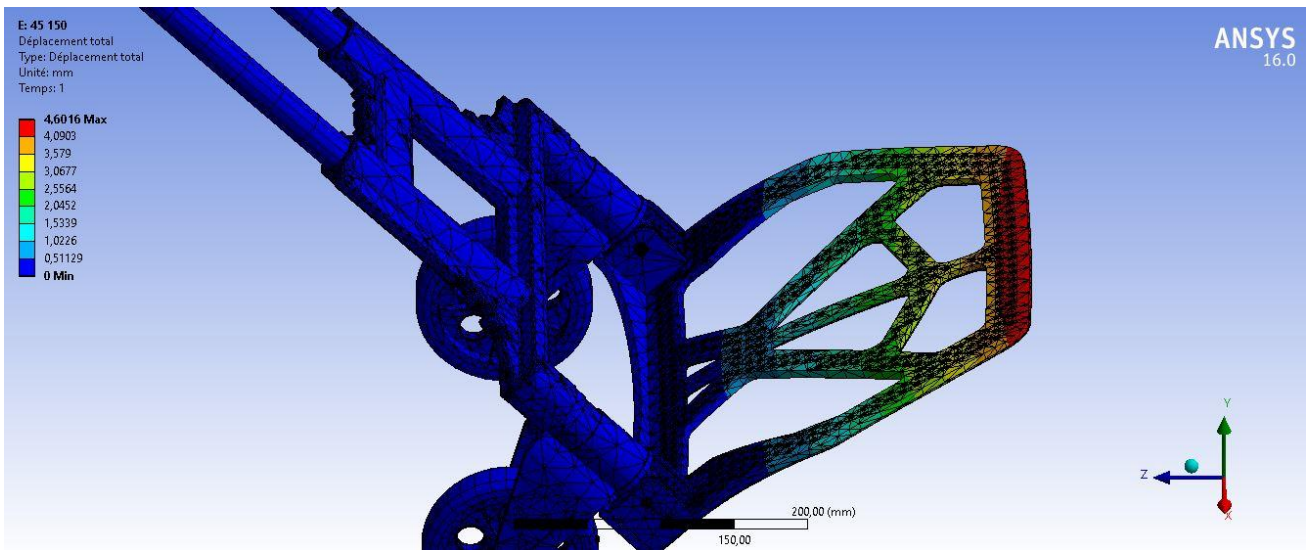


Figure IV 24: Déplacement total 1

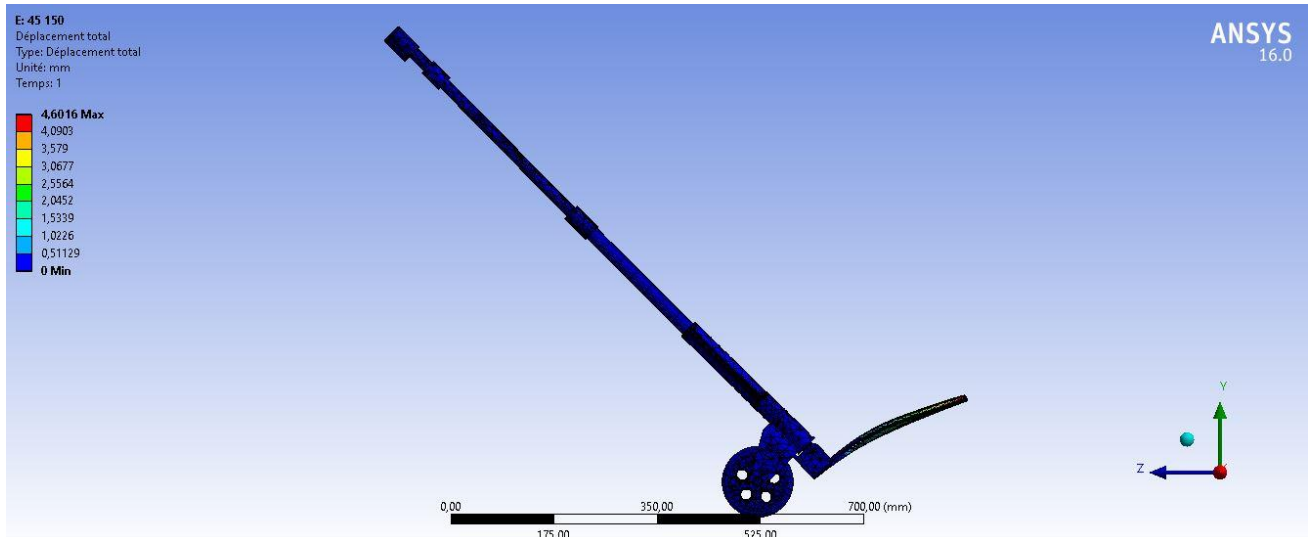


Figure IV 25: Déplacement total 2

On remarque un déplacement de 4,6mm dans l'extrémité de la plaque de base et une valeur minimale sur la poignée fixe.

Détails de "Déplacement total" ⌵	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Déplacement total
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0, mm
<input type="checkbox"/> Maximum	4,6016 mm
Valeur minimale sur	Body3
Valeur maximale sur	plaque de base
[+] Informations	

Figure IV 26: Détails de déplacement

❖ Déformation élastique équivalente

Avec les mêmes fixations et le même angle d'application des force sauf une différence dans leur valeur, on remarque que les mêmes pièces ont changé de couleur en comparant avec la première étude.

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

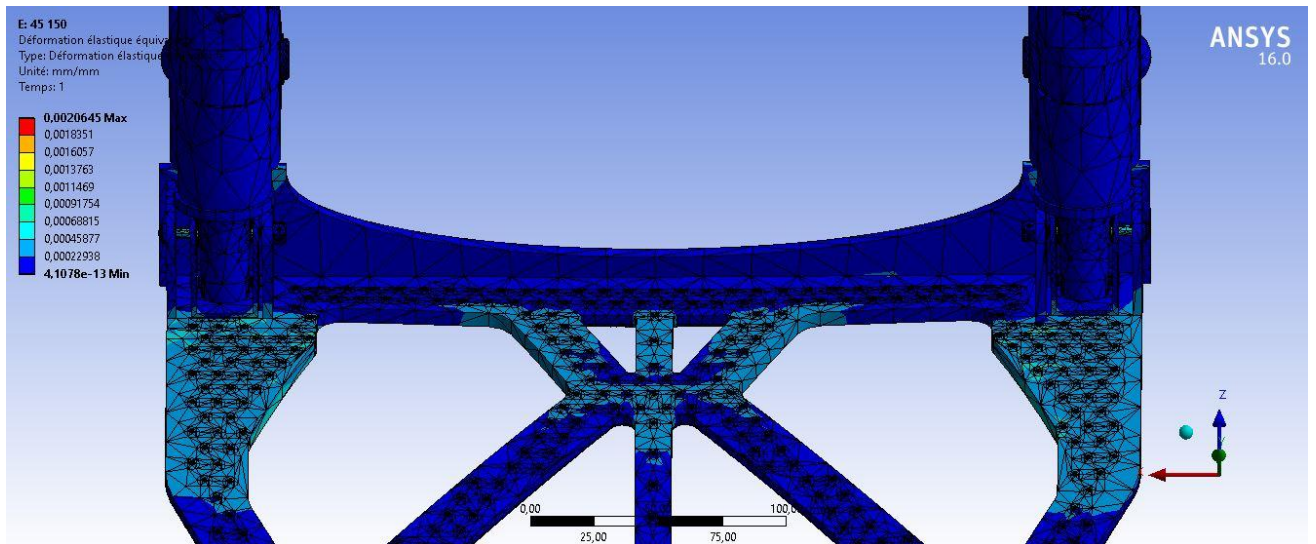


Figure IV 28: Déformation équivalente 1

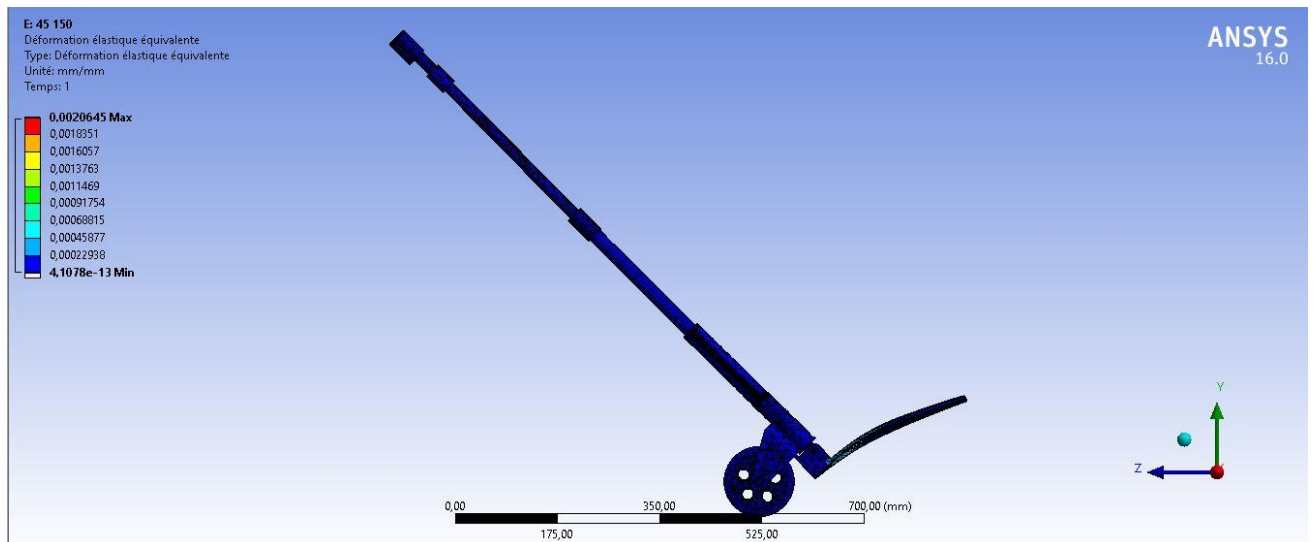


Figure IV 27: Déformation équivalente 2

On remarque que les mêmes pièces sont sollicitées, avec une différence dans les valeurs à cause du changement dans la valeur des forces appliquées dans les mêmes pièces.

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Détails de "Déformation élastique équivalente"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Déformation élastique équivalente
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	4,1078e-013 mm/mm
<input type="checkbox"/> Maximum	2,0645e-003 mm/mm
Valeur minimale sur	tige telescopique
Valeur maximale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
[+] Informations	

Figure IV 29: Détails de déformation équivalente

❖ Déformation principale

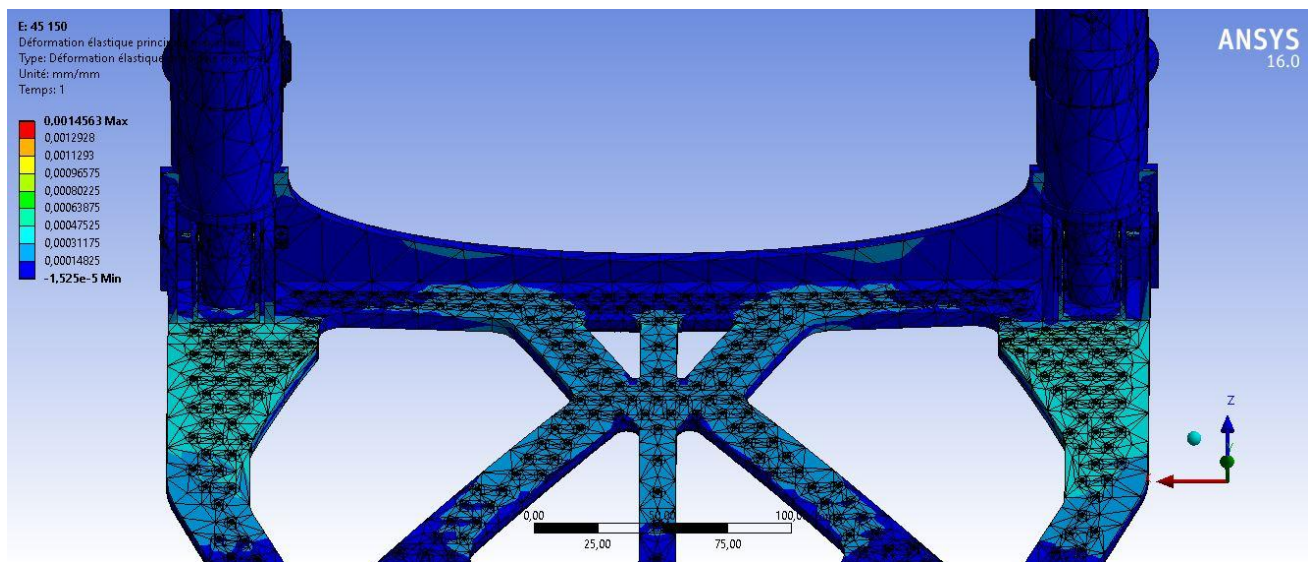


Figure IV 30: Déformation principale

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Le tableau suivant nous donne les valeurs maximale et minimale des déformations principales indiquées sur les vis de fixation.

Détails de "Déformation élastique principale maximale"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Déformation élastique principale maximale
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	-1,525e-005 mm/mm
<input type="checkbox"/> Maximum	1,4563e-003 mm/mm
Valeur minimale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
Valeur maximale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
[+] Informations	

Figure IV 31: Détails de déformation principale

❖ Contrainte équivalente

On remarque les mêmes emplacements de contraintes indiquées dans la figure suivante :

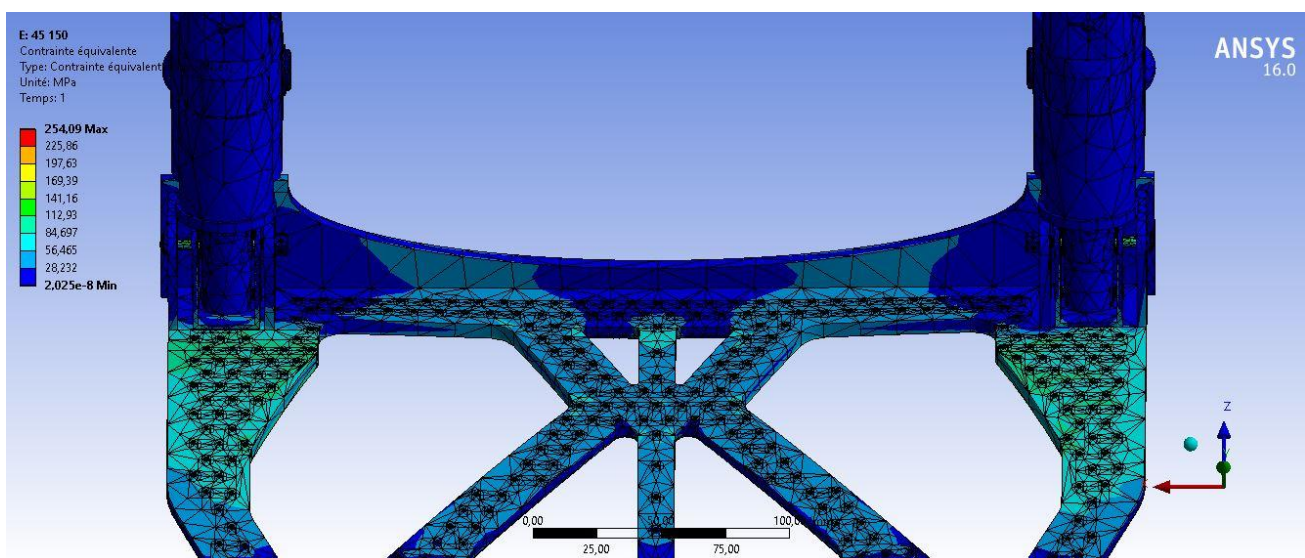


Figure IV 32: Contrainte équivalente

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Le tableau de détails suivant nous donne des valeurs très importantes concernant les contraintes appliquées sur les vis de fixation.

Détails de "Contrainte équivalente"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Contrainte équivalente (Von-Mises)
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	2,025e-008 MPa
<input type="checkbox"/> Maximum	254,09 MPa
Valeur minimale sur	tige telescopique
Valeur maximale sur	pan cross rpfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
Informations	

Figure IV 33: Détails de contrainte

❖ Coefficient de sécurité :

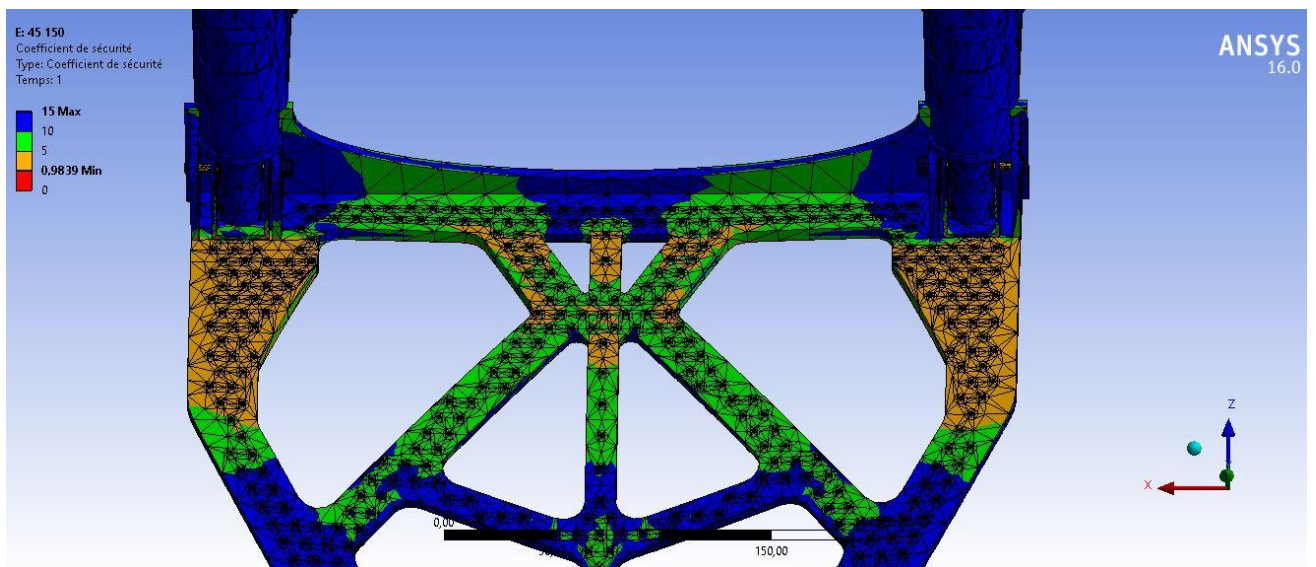


Figure IV 34: Coefficient de sécurité

On remarque une valeur minimale inférieure à 1, ce qui signifie une rupture dans les vis à cause de la contrainte importante.

Détails de "Coefficient de sécurité"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Coefficient de sécurité
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0,9839
Valeur minimale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
+ Informations	

Figure IV 35: Détails de coefficient de sécurité

3.2.2. Condition d'Angle 60°

A. Avec une charge de 80kg

- **Conditions aux limites**

Fixations : on va utiliser les mêmes fixations que l'étude précédente



Figure IV 36: Fixations de 60°- 80kg

Force :

On commence par transformer la charge en force avec l'équation connu

$$F = m \times g \text{ (N)}$$

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Après ça on utilise les angles pour déterminer les forces appliquées sur chaque surface avec les fonctions sin et cos

$$\cos 60^\circ = \frac{F_x}{F}$$



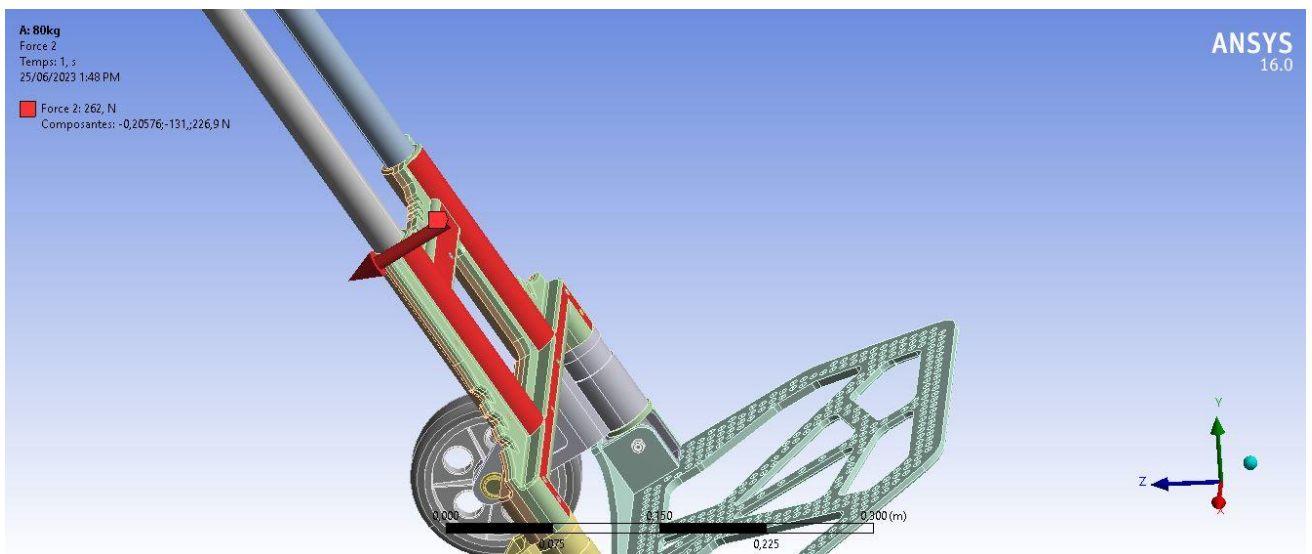
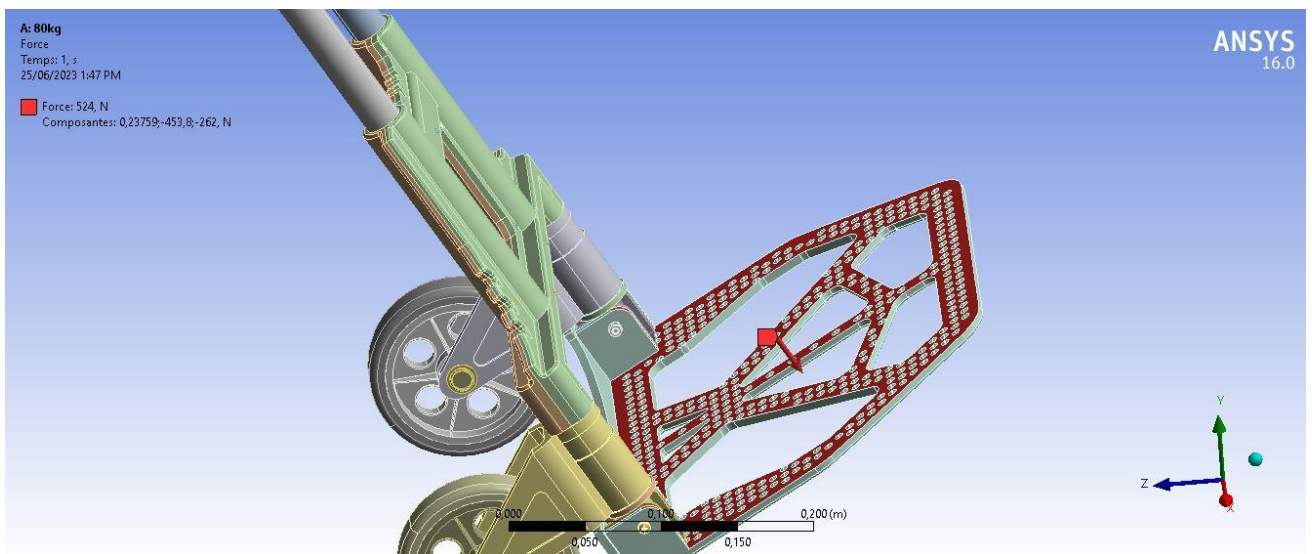
$$F_x = \cos 60^\circ \times F$$

$$\sin 60^\circ = \frac{F_y}{F}$$



$$F_y = \sin 60^\circ \times F$$

Les valeurs sont $F_x = 262\text{N}$ sur la coque et $F_y = 524\text{N}$ sur la plaque de base comme le montre les deux figures suivantes :



Simulation

❖ Déplacement total

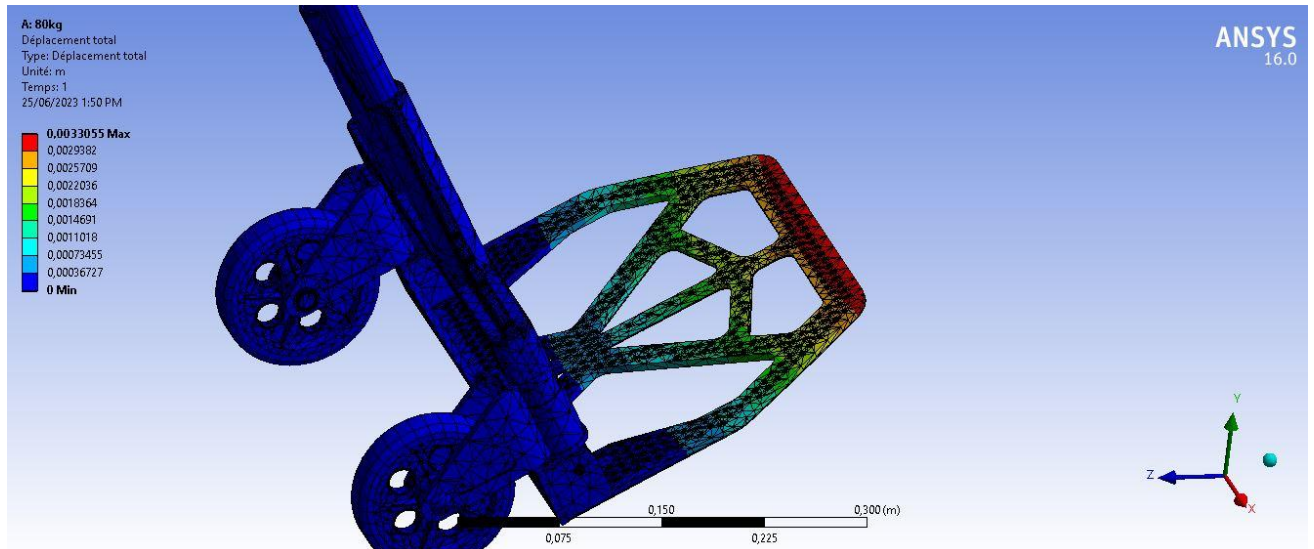


Figure IV 39: Déplacement total 2

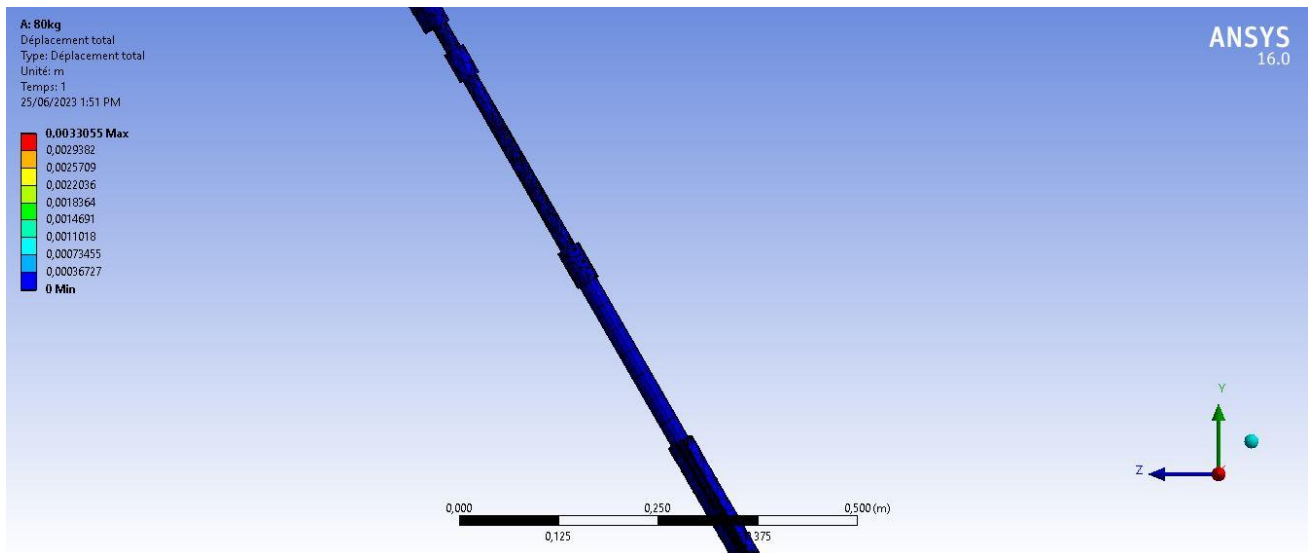


Figure IV 40: Déplacement total 1

Détails de "Déplacement total"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Déplacement total
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0, m
<input type="checkbox"/> Maximum	3,3055e-003 m
Valeur minimale sur	Body3
Valeur maximale sur	plaque de base
[+] Informations	

Figure IV 41: Détails de déplacement total

❖ Déformation équivalente

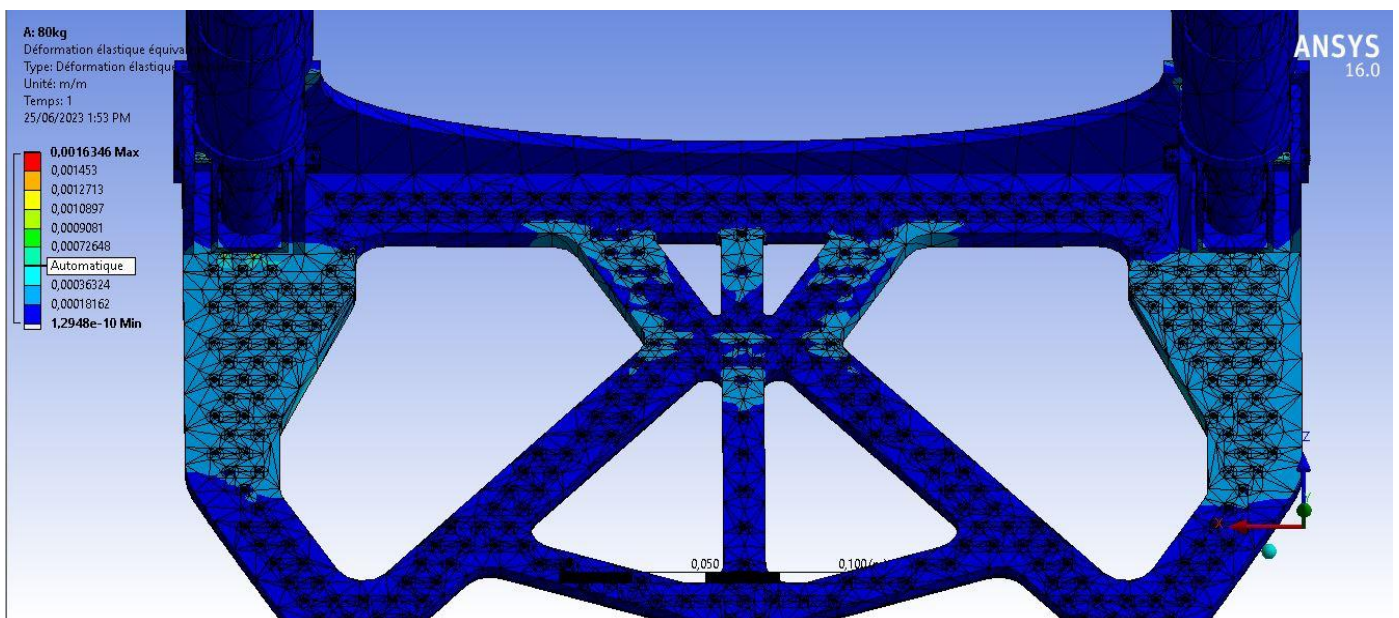


Figure IV 42: Déformation équivalente

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

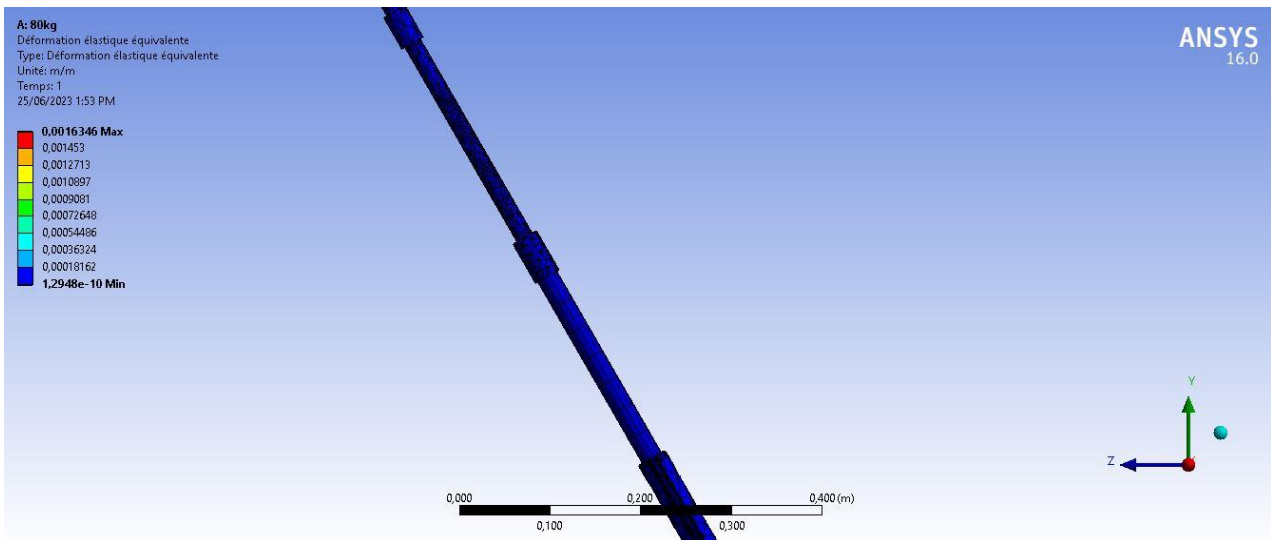


Figure IV 44: Déformation équivalente 2

Détails de "Déformation élastique équivalente"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déformation élastique équivalente
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	1,2948e-010 m/m
<input type="checkbox"/> Maximum	1,6346e-003 m/m
Valeur minimale sur	support de loquett
Valeur maximale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 43: Détails de déformation équivalente

❖ Déformation principale

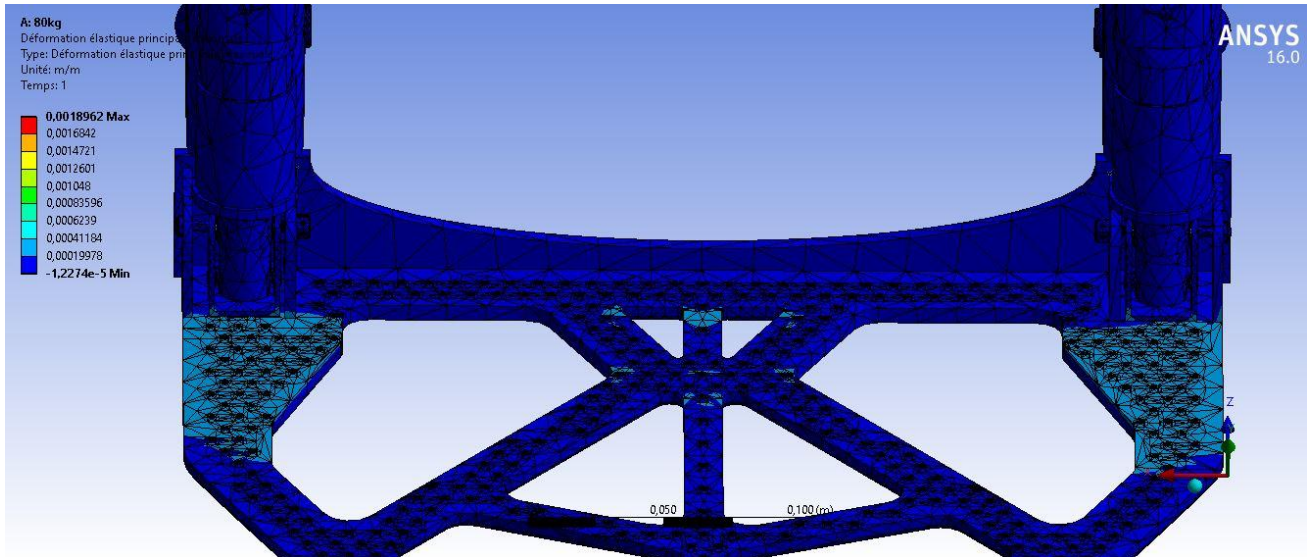


Figure IV 45: Déformation principale

Détails de "Déformation élastique principale maximale"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déformation élastique principale maximale
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	-1,2274e-005 m/m
<input type="checkbox"/> Maximum	1,8962e-003 m/m
Valeur minimale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
Valeur maximale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 46: Détails de déformation principale

❖ Contrainte équivalente

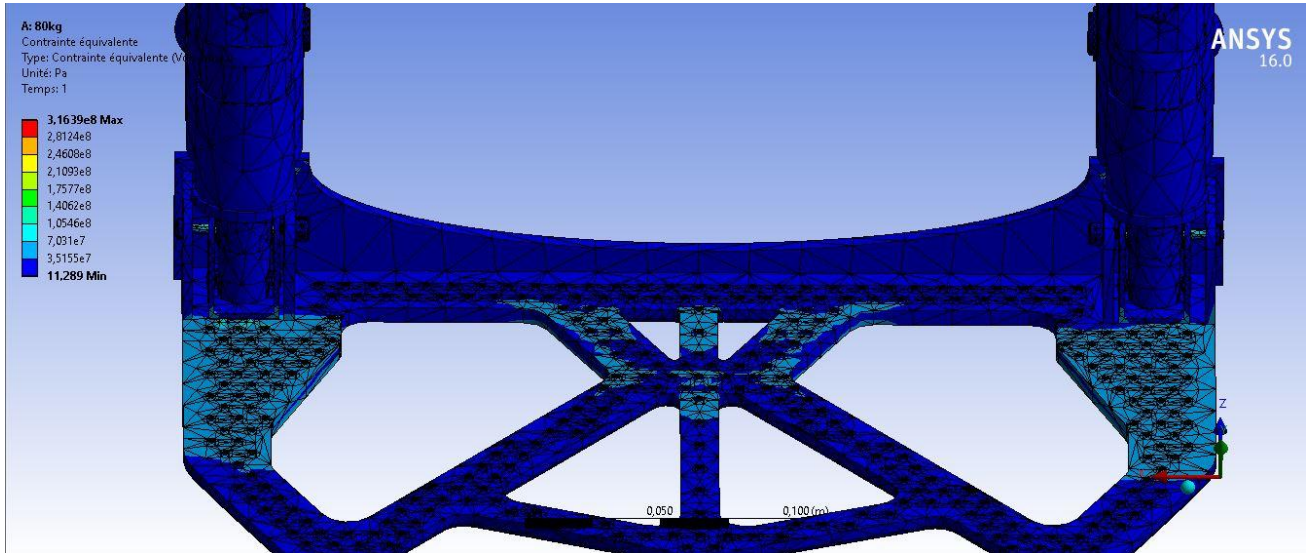


Figure IV 47: Contrainte équivalente 1

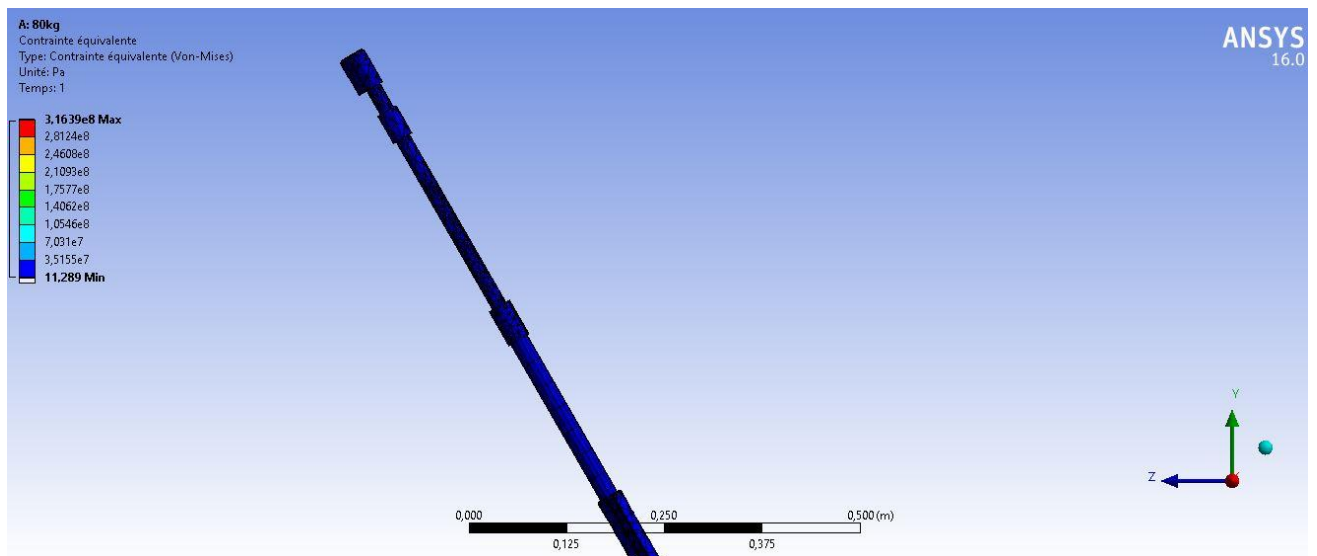


Figure IV 48: Contrainte équivalente 2

Détails de "Contrainte équivalente"	
[-] Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
[-] Définition	
Type	Contrainte équivalente (Von-Mises)
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
[-] Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
[-] Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	11,289 Pa
<input type="checkbox"/> Maximum	3,1639e+008 Pa
Valeur minimale sur	support de loquett
Valeur maximale sur	plaque de base
+ Informations	

Figure IV 49: Détails de contrainte équivalente

❖ Coefficient de sécurité

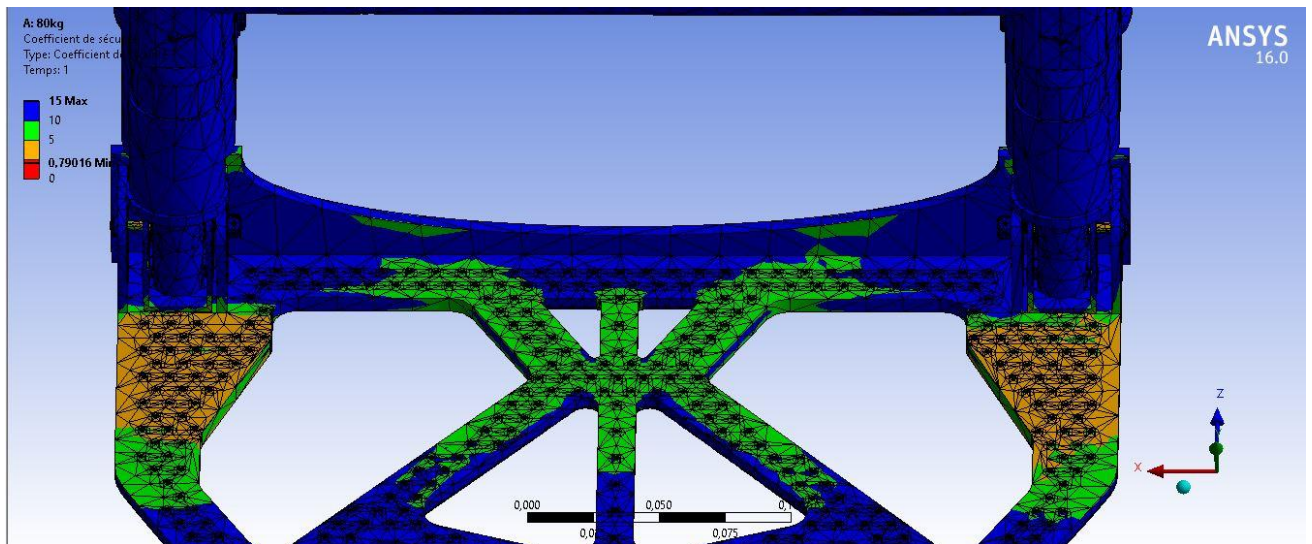


Figure IV 50: Coefficient de sécurité

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Détails de "Coefficient de sécurité"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Coefficient de sécurité
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0,79016
Valeur minimale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 51: Détails de coefficient de sécurité

B. Avec une charge de 150kg

Fixations

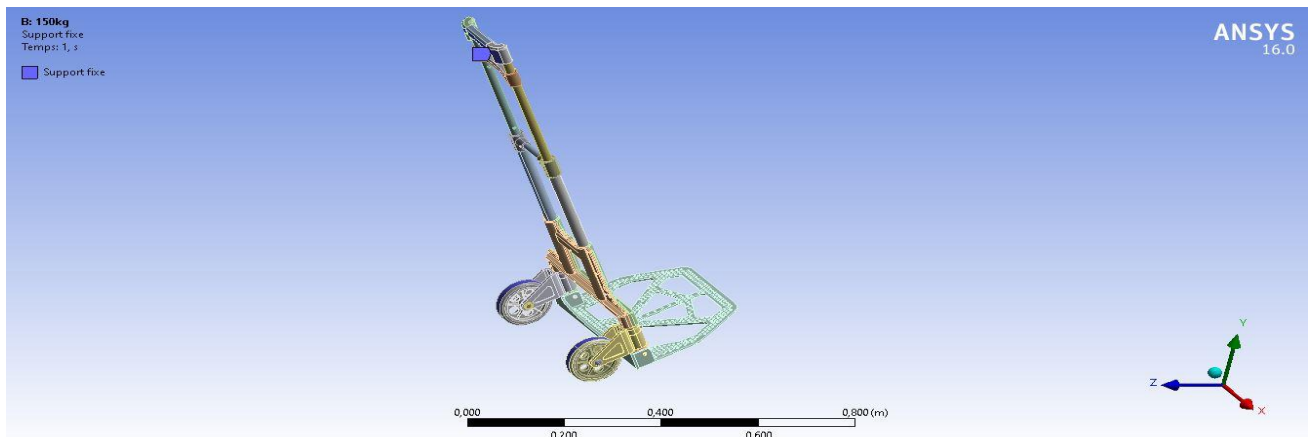


Figure IV 52: Fixations de 60° - 150kg

Force :

On va appliquer deux forces : la première sur la coque et la deuxième sur la plaque de base avec les coordonnées indiqués dans la figure suivante :

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

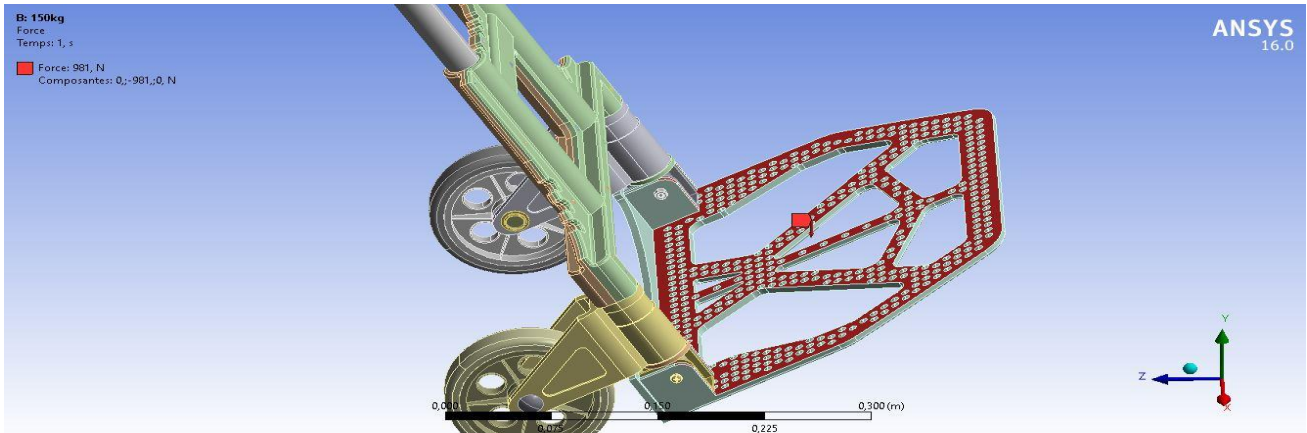


Figure IV 53: Force sur la plaque de base

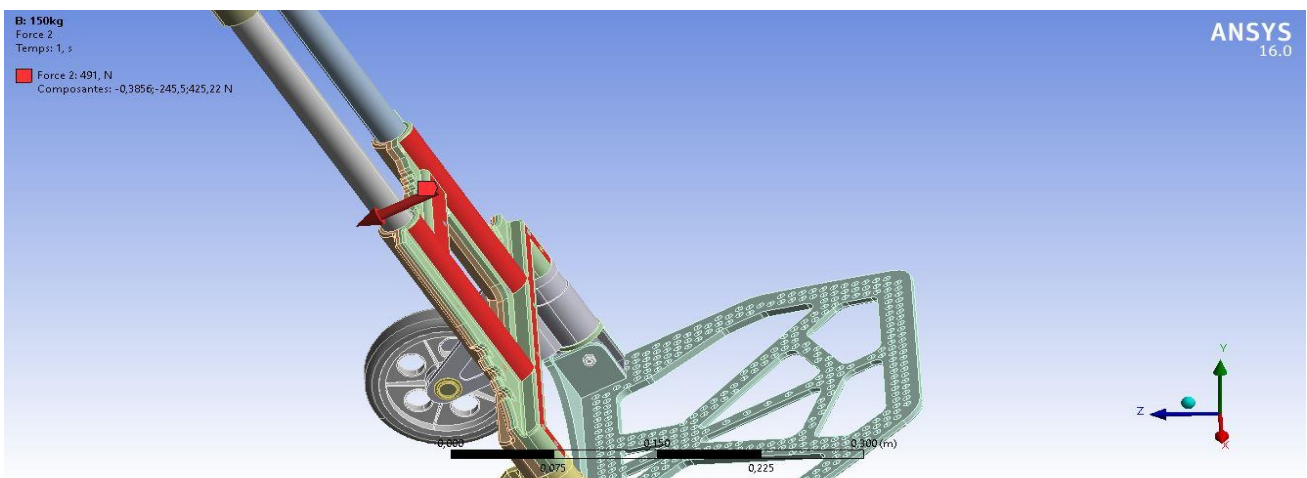


Figure IV 54: Force appliquée sur la coque

Simulation

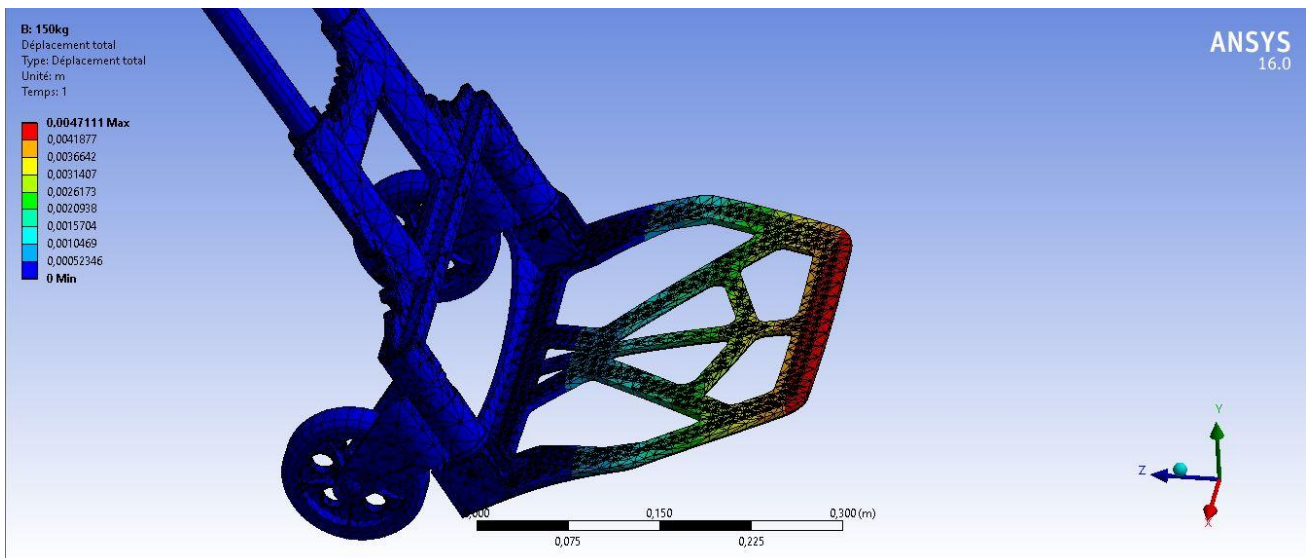


Figure IV 55: Déplacement total 1

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

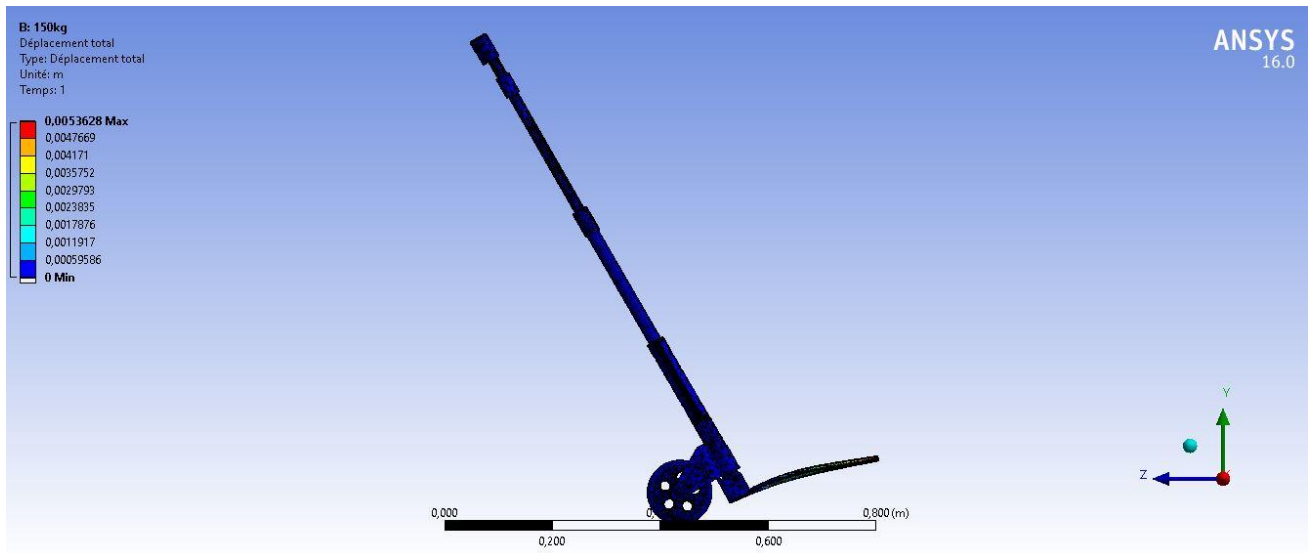


Figure IV 56: Déplacement total 2

Détails de "Déplacement total"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déplacement total
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0, m
<input type="checkbox"/> Maximum	5,3628e-003 m
Valeur minimale sur	Body3
Valeur maximale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 57: Détails de déplacement total

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

❖ Déformation équivalente

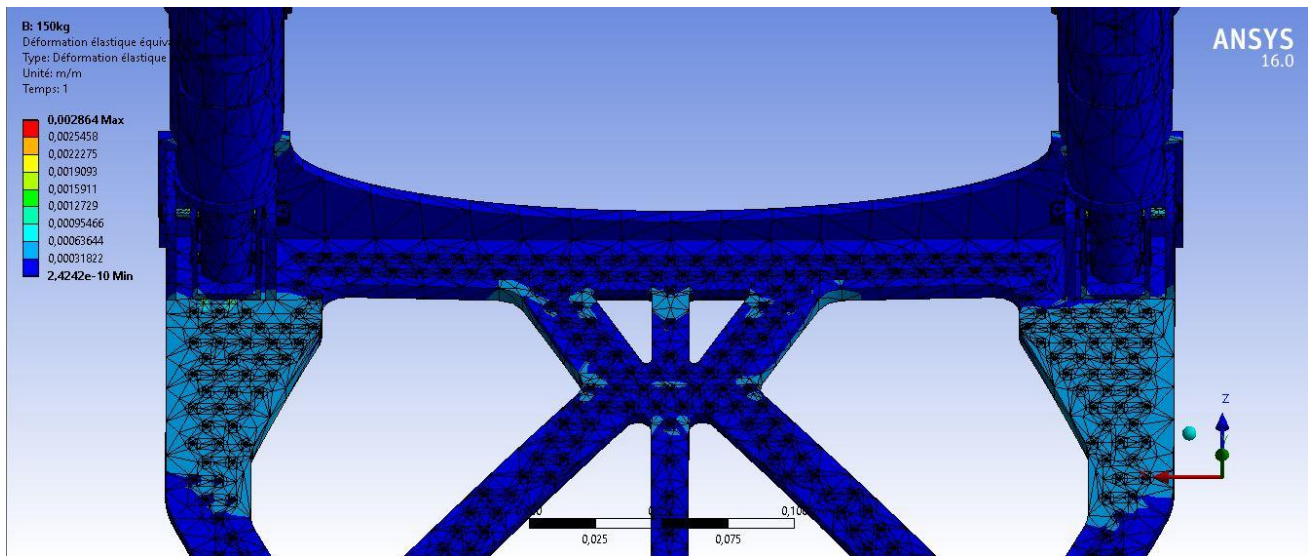


Figure IV 58: Déformation équivalente 1

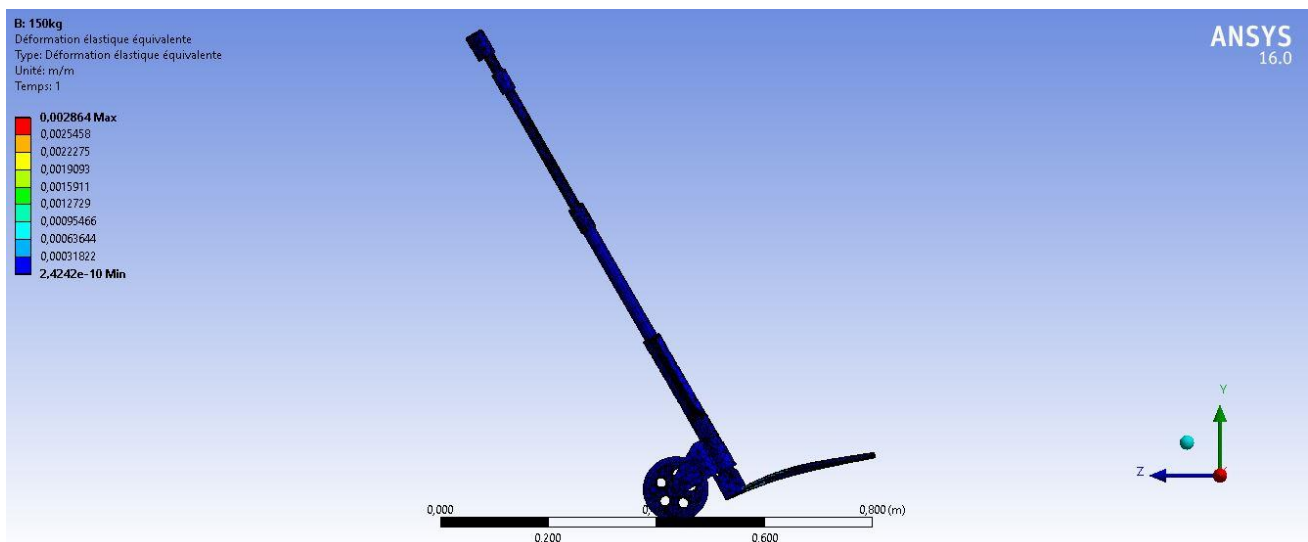


Figure IV 59: Déformation équivalente 2

Détails de "Déformation élastique équivalente"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déformation élastique équivalente
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	2,4242e-010 m/m
<input type="checkbox"/> Maximum	2,864e-003 m/m
Valeur minimale sur	support de loquett
Valeur maximale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
Informations	

Figure IV 60: Détails de déformations équivalente

❖ Déformation principale :

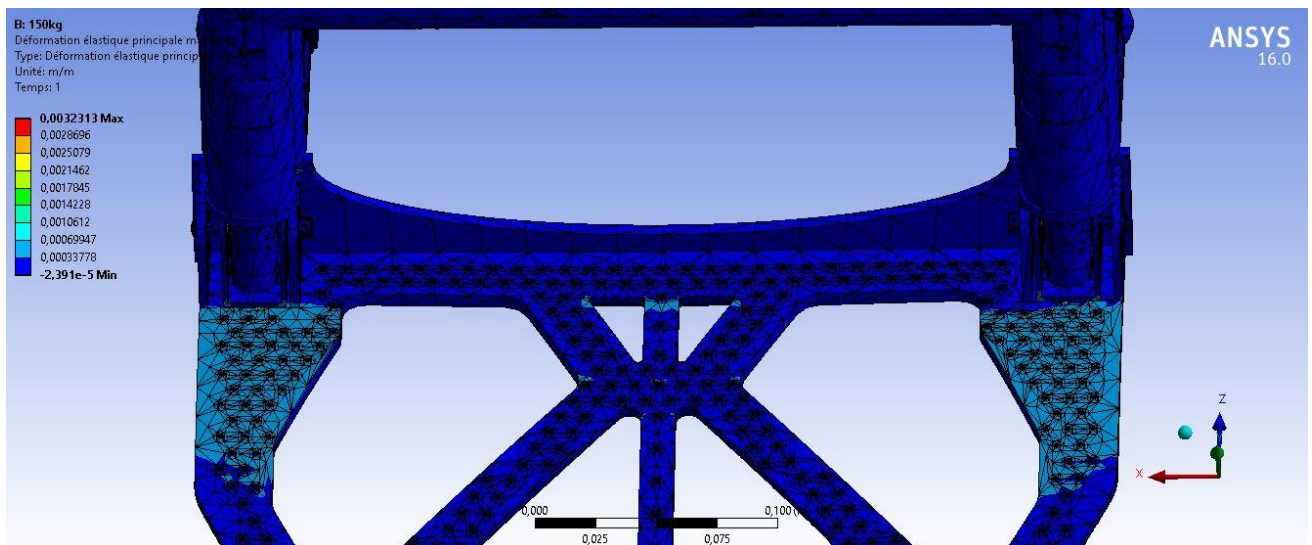


Figure IV 61: Déformation principale

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Détails de "Déformation élastique principale maximale"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Déformation élastique principale maximale
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	-2,391e-005 m/m
<input type="checkbox"/> Maximum	3,2313e-003 m/m
Valeur minimale sur	pan cross rqfik_B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed PHMS -...
Valeur maximale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 62: Détails de déformation principale

❖ Contrainte équivalente :

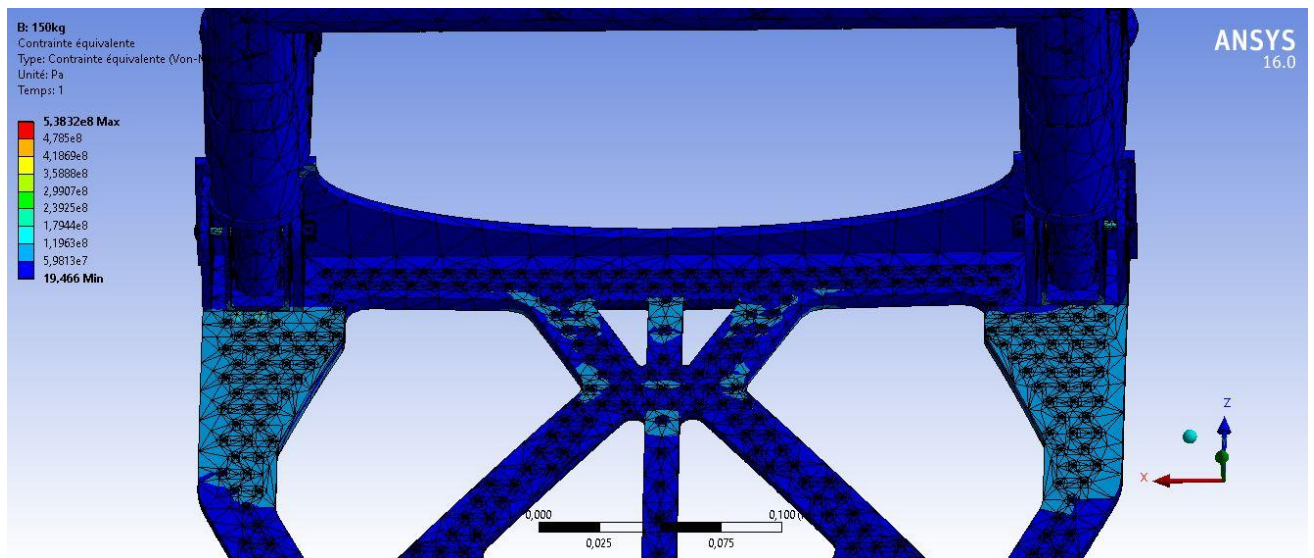


Figure IV 63: Contrainte équivalente

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Détails de "Contrainte équivalente"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Contrainte équivalente (Von-Mises)
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	19,466 Pa
<input type="checkbox"/> Maximum	5,3832e+008 Pa
Valeur minimale sur	support de loquett
Valeur maximale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 64: Détails de contrainte équivalente

❖ Coefficient de sécurité :

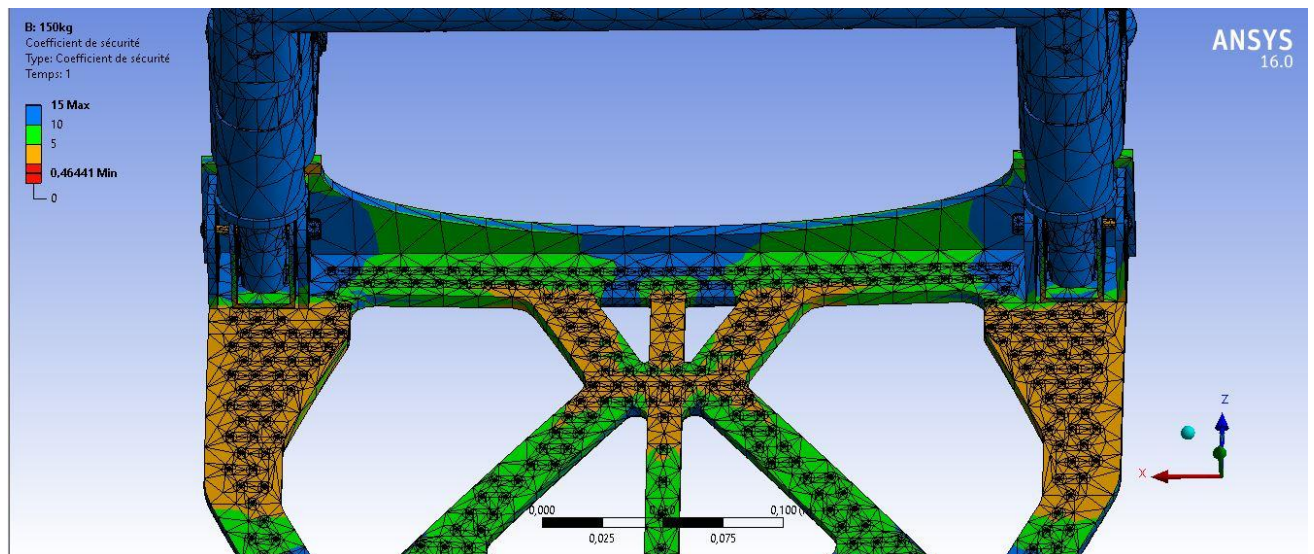


Figure IV 65: Coefficient de sécurité

Détails de "Coefficient de sécurité"	
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	Tous les corps
Définition	
Type	Coefficient de sécurité
Par	Temps
<input type="checkbox"/> Temps d'affichage	Dernier
Calculer l'historique des temps	Oui
Identificateur	
Désactivé	Non
Résultats des points d'intégration	
Option d'affichage	Moyenne
Moyenne sur les corps	Non
Résultats	
<input type="checkbox"/> Minimum	0,46441
Valeur minimale sur	plaque de base
Informations	

Figure IV 66: Détails de coefficient de sécurité

4. Conclusion

Après avoir vu différentes simulations avec différents angles et forces appliquées sur le chariot conçu, on va procéder à un point de vue général pour pouvoir comparer entre les scénarios réalisés précédemment.

Les valeurs enregistrées sont :

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

Tableau IV 1: Resultat de simulation

		Angle 45°/80kg	Angle 60°/80kg	Angle 45°/150kg	Angle 60°/150kg
Déplacement total (mm)	Max	2,4571	3,3055	4,6016	5,3628
Déformation équivalente	Min	2,1933e-13	1,2948e-10	4,1098e-13	2,424e-10
	Max	1,1024e-3	1,6346e-3	2,0645e-3	2,864e-3
Déformations principales	Min	-8,1432e-6	-1,2274e-5	-1,525e-5	-2,391e-5
	Max	7,7759e-4	1,8962e-3	1,4563e-3	3,2313e-3
Contrainte équivalente (Pa)	Min	1,0811e-2	11,289	2,025e-2	19,466
	Max	1,3568e+8	3,1639e+8	2,5409e+8	5,3832e+8
Coefficient de sécurité	Min	1,8426	0,79016	0,9839	0,46441

Dans le cas où le chariot est incliné avec un angle de 45° et supportant une charge de 80kg, on constate que le minimum de la contrainte équivalente est appliqué sur la tige télescopique et le maximum est sur les vis qui maintiennent la base aux supports des roues. Par contre quand le chariot est incliné avec un angle de 60° et subissant la même charge de 80kg, on voit que le minimum de la contrainte est sur le support de loquet, et le maximum est concentré sur la plaque de base, ça implique que la contrainte appliquée s'est déplacée quand on a changé l'angle d'inclinaison du chariot. Ce qui signifie que si on veut garder les bras et la plaque de base en bon état, c'est à dire avoir le minimum de déformations et de contraintes sur ces deux extrémités, on doit utiliser un angle entre 45° et 60° cela minimisera les contraintes sur la tige télescopique et le support de loquet et aussi minimisera les contraintes sur les vis et la plaque de base.

On remarque aussi que le coefficient de sécurité est supérieur à 1 dans la première simulation, le chariot étant incliné d'un angle de 45° et supportant une charge de 80kg, et qu'il est vraiment proche de 1 dans la deuxième simulation, avec un angle d'inclinaison de 45° et

Chapitre IV : Simulation statique du diable pliant

une charge de 150kg. On peut conclure de ce fait que le risque de défaillance ou de rupture des vis peut avoir lieu avec une charge de 150kg dans le même angle 45° ; ce qui signifie que le chariot incliné avec un angle de 45° peut supporter une charge plus importante que 80kg ; mais le seul problème est la flexion des bras du chariot, toutefois sans aucun risque de rupture.

Concernant l'angle 60° le risque de défaillance et de rupture de la plaque de base est minimal avec une charge de 80kg mais pas négligeable ce qui signifie une rupture inévitable au cours du temps. Par contre, avec une charge de 150kg on remarque un coefficient de sécurité très loin de 1 (0.464), impliquant un risque de rupture très grand et imminent.

On conclut donc que le meilleur intervalle d'angle, (pour l'inclinaison du chariot), est $[45^\circ, 60^\circ]$ pour une utilisation optimale du chariot.

Conclusion générale

La manutention est un aspect essentiel dans de nombreux domaines, notamment dans l'industrie, la logistique et la construction. Elle implique le déplacement sécurisé et efficace d'objets lourds ou encombrants. L'utilisation d'un diable pliant peut faciliter cette tâche en offrant une solution pratique et compacte pour le transport de charges.

L'objectif principal de notre projet de fin d'étude était la rétro conception d'un lève charge, appelé diable pliant, en utilisant l'outil de conception assistée par ordinateur SolidWorks, et la simulation du chariot sous différentes inclinaisons et différentes charges.

Pour atteindre ce but, nous avons d'abord donné un aperçu sur la manutention, ses différents types et outils. Nous avons listé par la suite de nombreux exemples sur les chariots disponibles sur le marché en détaillant particulièrement les chariots similaires au notre, qui est le diable pliant.

Nous avons parlé aussi de la CAO (dessin et conception assistés par ordinateur) ainsi que le logiciel SolidWorks et ses différents usages dans la création, la conception, la rétro conception et l'étude de mouvement d'un produit. Enfin nous avons jeté un coup d'œil sur le logiciel Ansys spécialisé dans la simulation.

Après cela on est passé à l'essentiel de notre travail qui est la rétro conception de toutes les pièces qui constituent le diable pliant, dont on a spécifié tous les composants. Ensuite ces pièces ont été assemblées avec différentes contraintes en respectant la fonctionnalité de chacune. La création de l'animation a permis de valider notre assemblage, en simulant l'ouverture et la fermeture des roues avec la plaque de base.

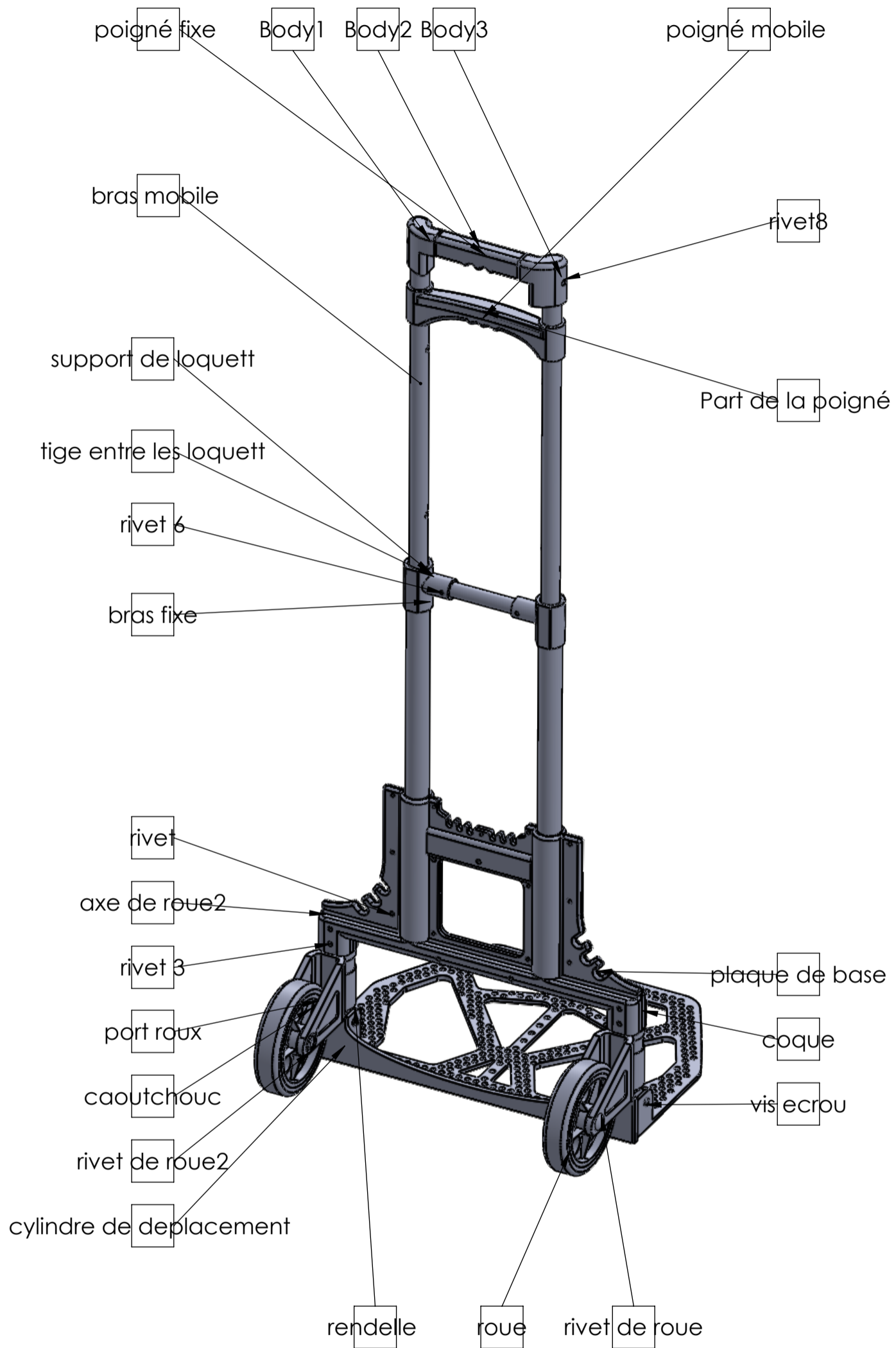
Enfin la dernière étape de ce projet était la simulation d'une étude statique, avec le logiciel Ansys Mechanical, du diable pliant en utilisant deux angles d'inclinaison, 45° et 60°, et en appliquant deux charges distinctes, 80Kg et 150Kg. L'emploi du logiciel Ansys Mechanical, pour la simulation du diable pliant, était une nouvelle initiative pour nous, ce qui nous a permis de prendre connaissance de ses différentes fonctionnalités et applications.

Les résultats de la simulation ont montré les contraintes et déformations, ainsi que le coefficient de sécurité, à différents endroits du chariot, suivant l'inclinaison du chariot et les charges appliquées dessus. De ce fait on a pu constater d'où provient le problème de flexion du bras, afin de trouver une solution pour l'éviter, et par la même occasion trouver le meilleur

intervalle d'angle utilisé pour garder le chariot en bon état en profitant de ses capacités à soulever le maximum de charge pendant une longue période.

Bibliographie

1. <https://www.indiamart.com/proddetail/>
2. <https://cdn.manomano.com/>
3. <https://th.bing.com/>
4. <https://www.scnindustrial.com/>
5. <https://static.ferramentaskennedy.com.br/storage/>
6. <https://th.bing.com/th/>
7. <https://www.villard.tm.fr/fr/chariots-a-dossiers-medicaux/>
8. <https://www.equipement-manutention.com/>
9. <https://thumbs.dreamstime.com/>
10. <https://www.site-annonce.be/>
11. https://images.kkeu.de/is/image/BEG/Manipulation_et_stockage_de_produits_dangereux/
12. <https://assets.unigro.be/i/unigro/>
13. <https://www.rolleco.fr/>
14. <https://th.bing.com/th/id/>
15. <https://www.axess-industries.com/diables-pliers-et-compacts/>
16. <https://cdn.manomano.com/>
17. <https://commons.wikimedia.org/wiki/>
18. https://www.manulevage.fr/946-large_default/
19. <https://fvaprofessional.com.br/wp-content/uploads/>
20. <https://www.leroymerlin.fr/multimedia/>
21. <https://s3.amazonaws.com/toyotaforklifts/product/>
22. <https://static.lceassets.com/thumbnails/ba/>
23. <https://th.bing.com/th/id/>
24. https://content.pearl.fr/media/cache/default/article_ultralarge_high_nocrop/shared/images/articles/K/KT9/
25. <https://th.bing.com/th/id/>
26. <https://www.d-direct.fr/media/catalog/product/cache/>
27. <https://www.digitalmanu.net/uploads/>
28. <https://www.magequip.com/media/catalog/category/>



ECHELLE 1:5

université de tlemcen-faculté de technologie

GM
construction mecanique

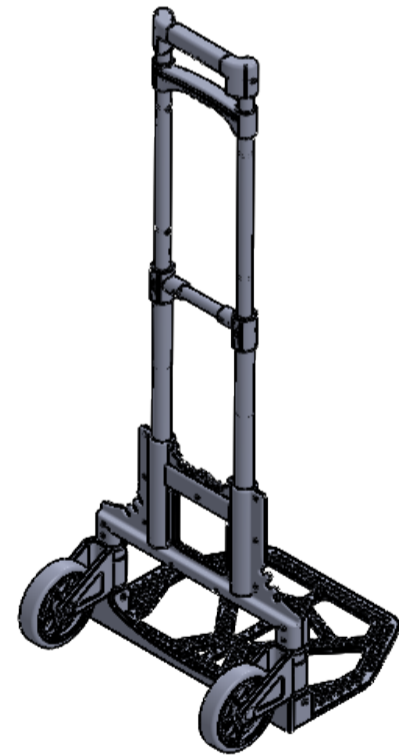
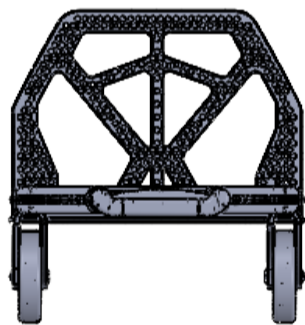
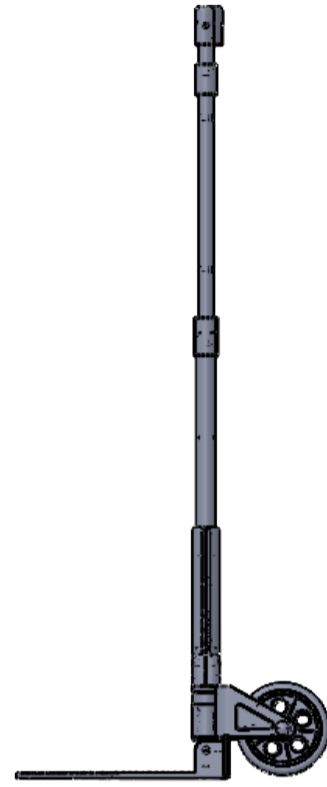
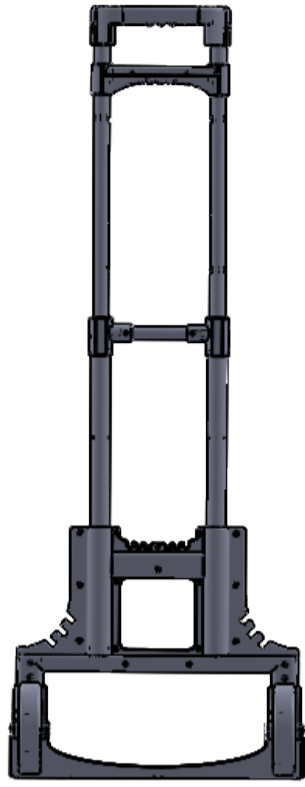


Format A3

Assemblage

BAHBAH RAFIK

21/08/2023



ECHELLE 1:10

université de tlemcen-faculté de technologie

GM
construction mecanique

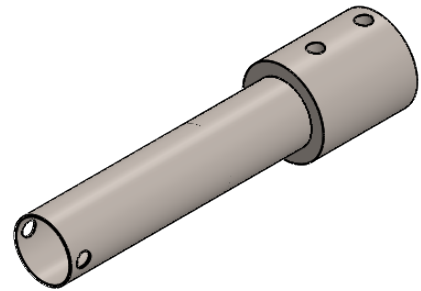
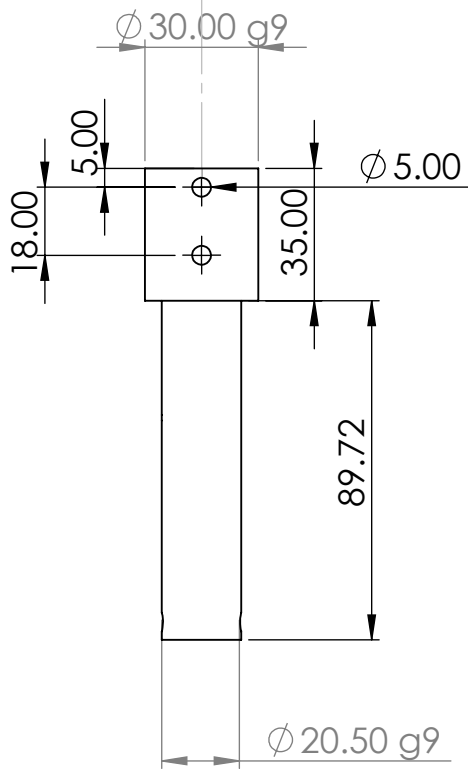
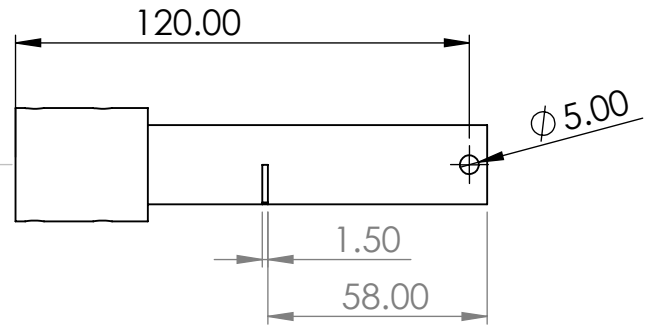
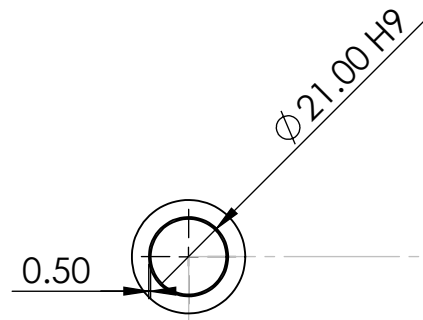


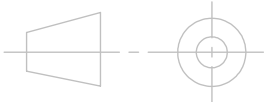
Format A3

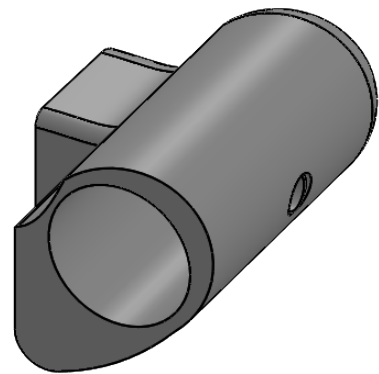
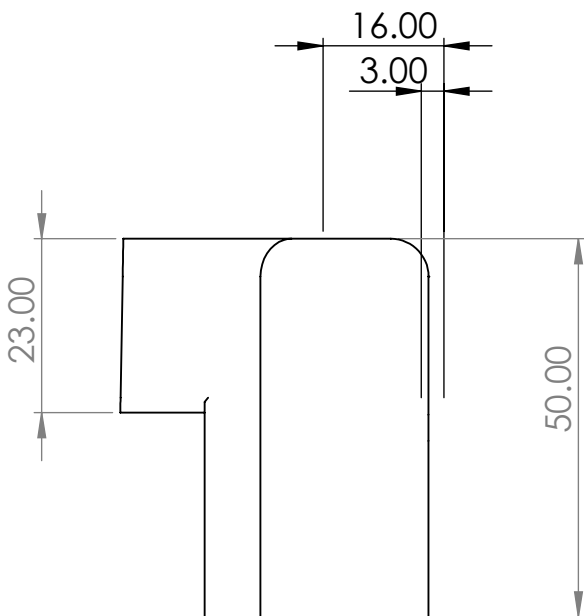
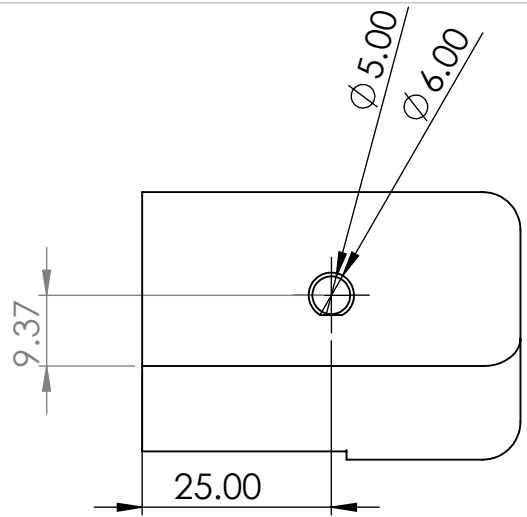
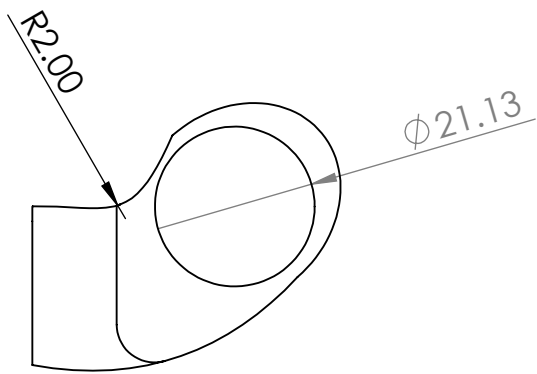
Assemblage

BAHBAH RAFIK

21/08/2023



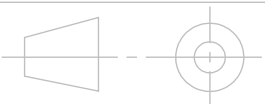
ECHELLE 1:2	Université de Tlemcen- Faculte de Technologie	GM Construction Mécanique
	AXE DE ROUE	BAHBAH RAFIK
Format A4		LE 04/08/2023



ECHELLE 1:1

Université de Tlemcen-
Faculte de Technologie

GM Construction
Mécanique

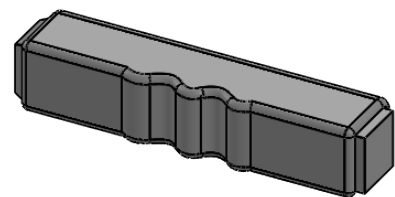
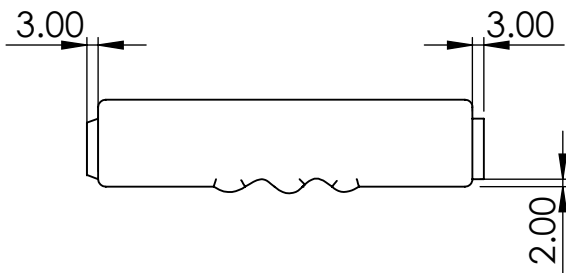
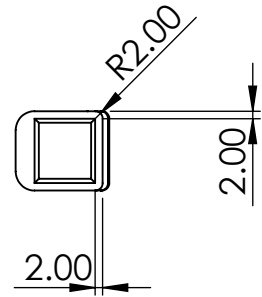
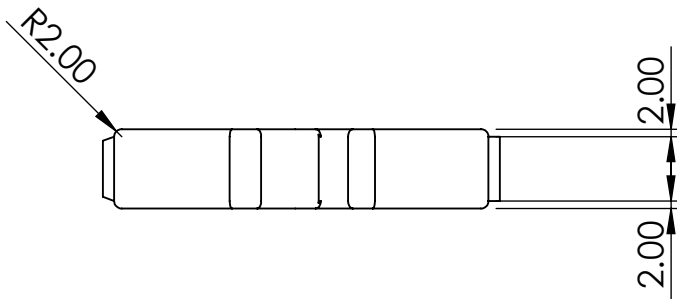


partie 1 de la poigné fix

BAHBAH RAFIK

Format A4

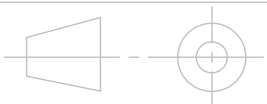
LE 04/08/2023



ECHELLE 1:2

Université de Tlemcen-
Faculte de Technologie

GM Construction
Mécanique

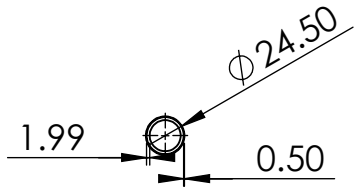
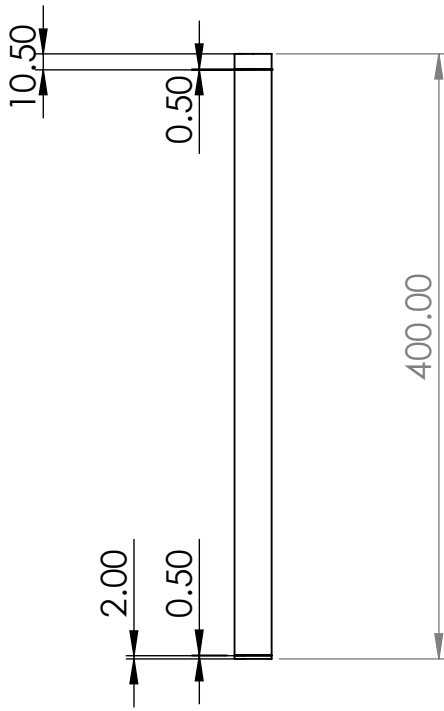


Format A4

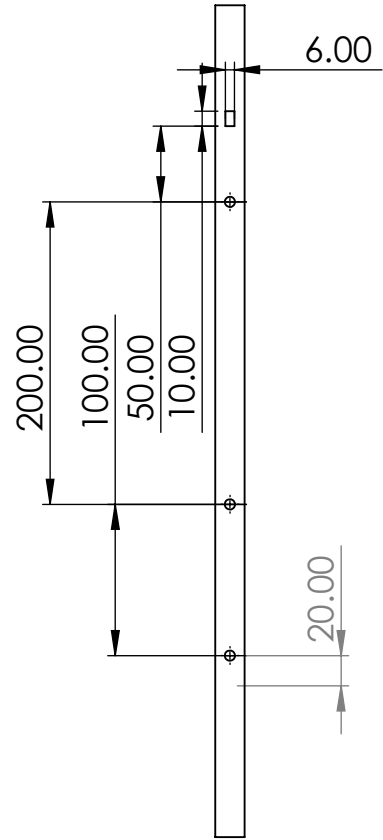
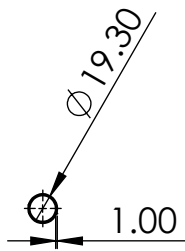
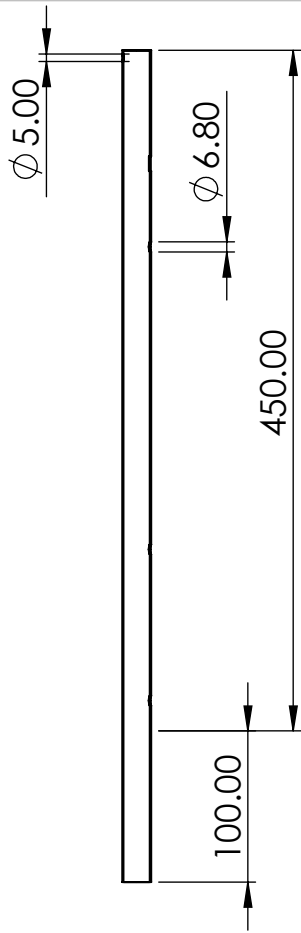
**partie 2 de la poigné
fixe**

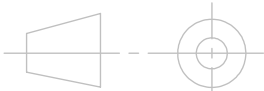
BAHBAH RAFIK

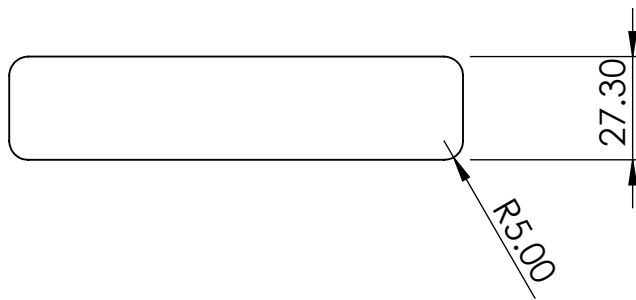
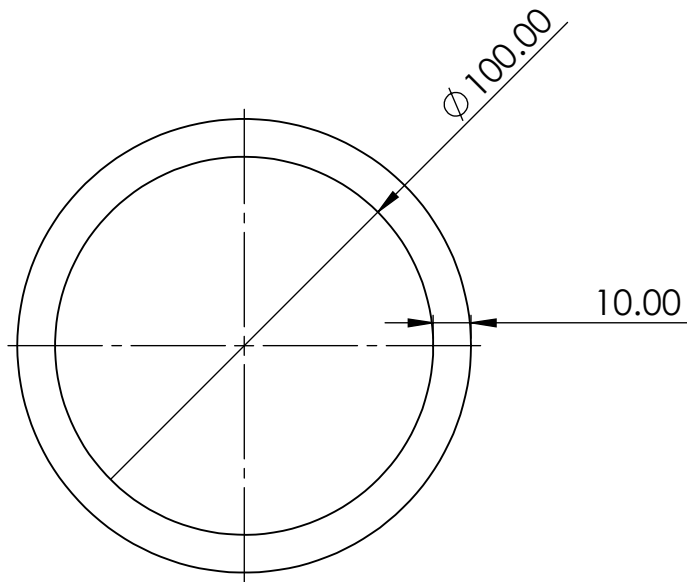
LE 04/08/2023



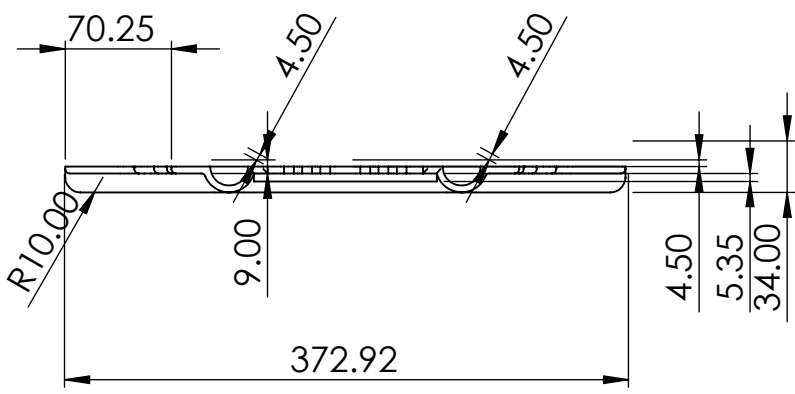
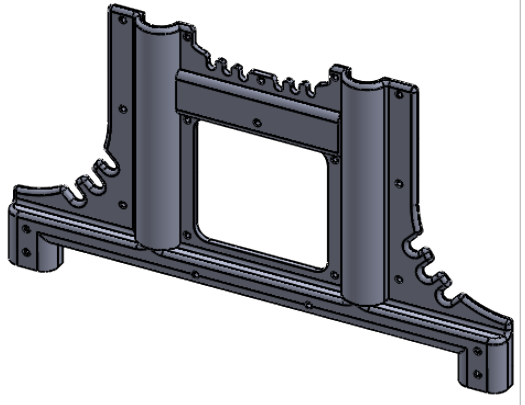
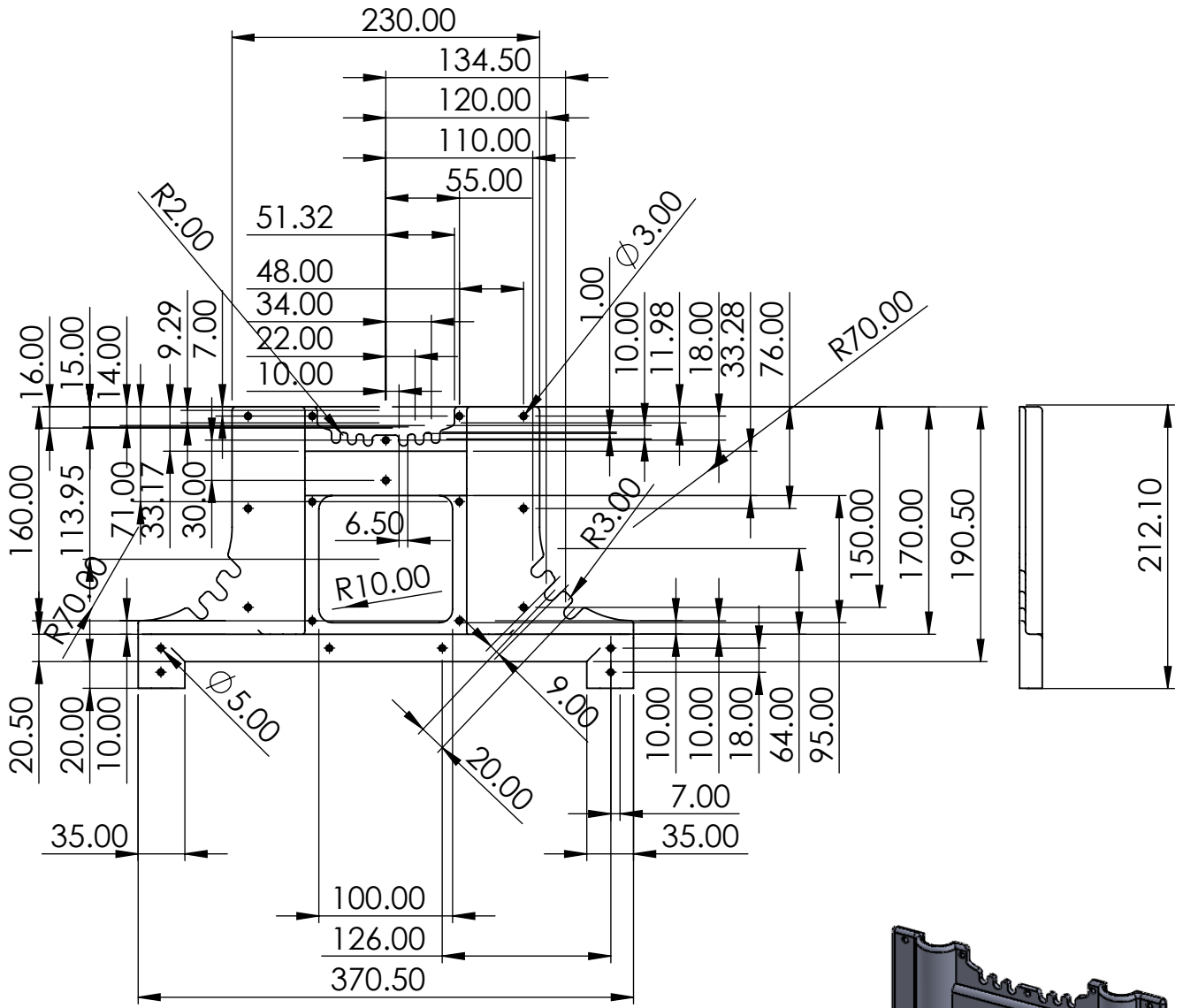
<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>Bras fixe</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



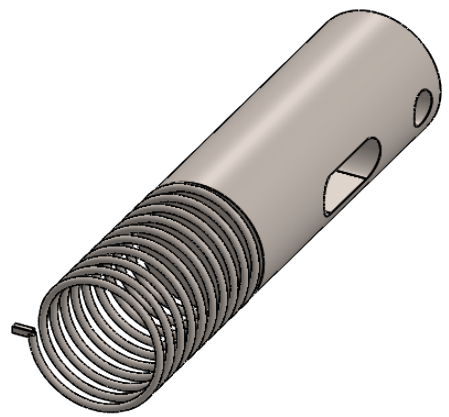
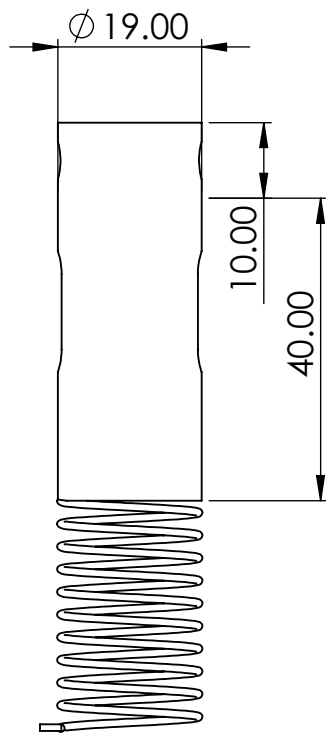
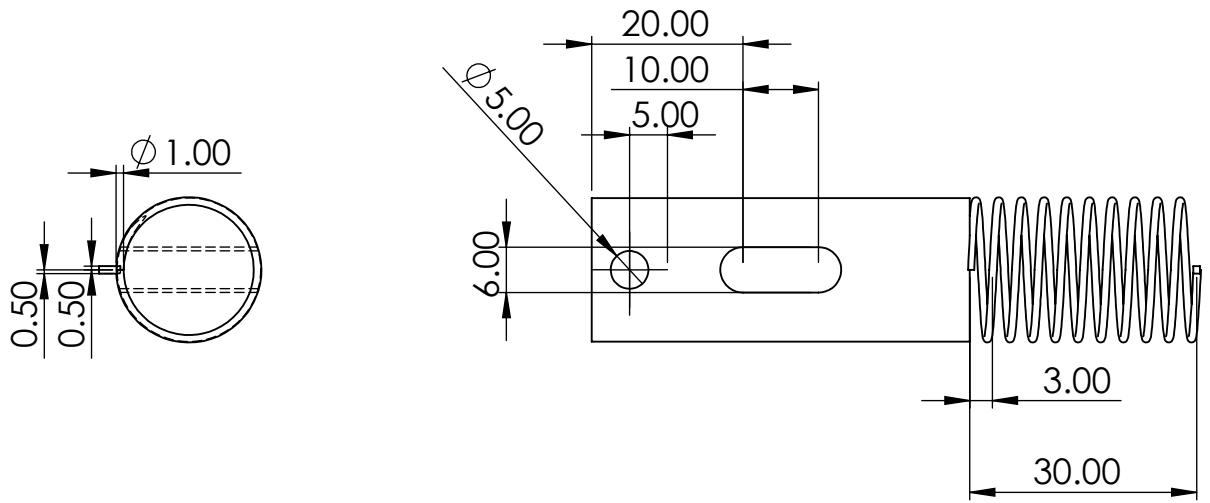
<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>BRAS MOBILE</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>

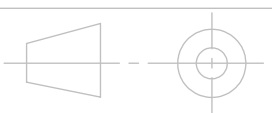


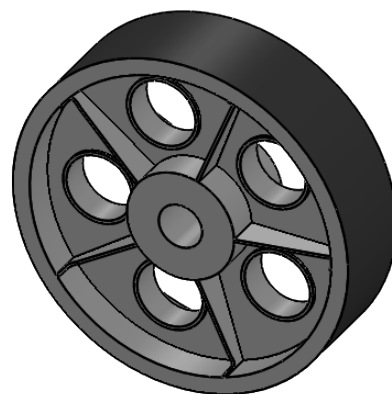
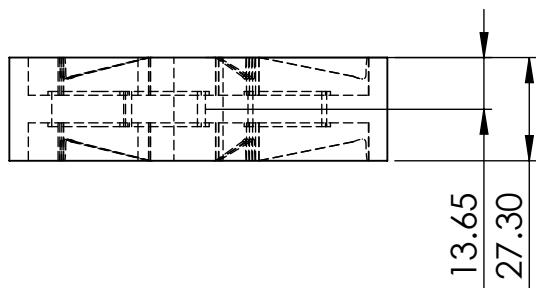
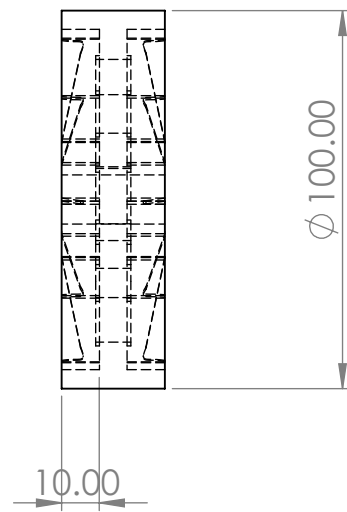
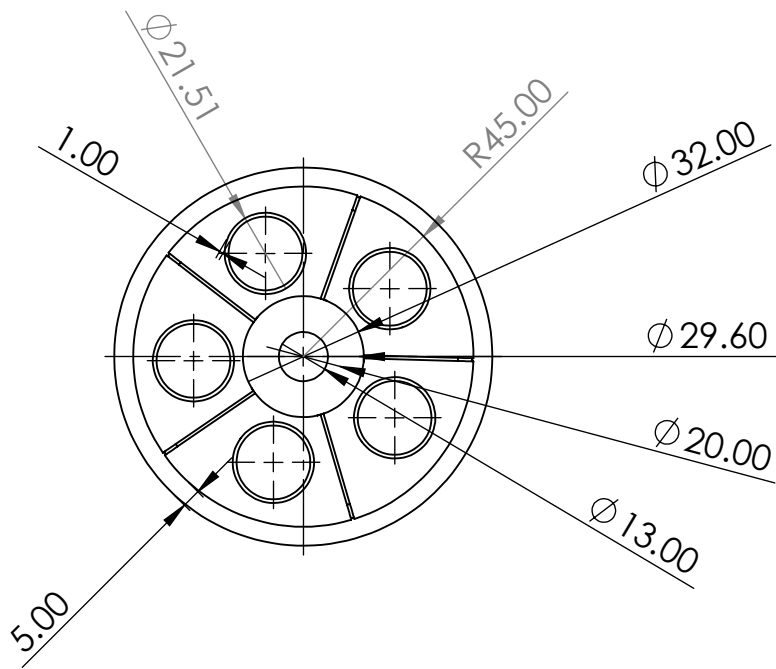
ECHELLE 1:2	Université de Tlemcen- Faculte de Technologie	GM Construction Mécanique
	caoutchouc	BAHBAH RAFIK
Format A4		LE 04/08/2023



ECHELLE 1:5	Université de Tlemcen- Faculte de Technologie	GM Construction Mécanique
	COQUE	BAHBAH RAFIK
Format A4		LE 04/08/2023



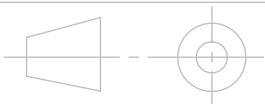
ECHELLE 1:1	Université de Tlemcen- Faculte de Technologie	GM Construction Mécanique
	cylindre a ressort	BAHBAH RAFIK
Format A4		LE 04/08/2023



ECHELLE 1:2

Université de Tlemcen-
Faculte de Technologie

GM Construction
Mécanique

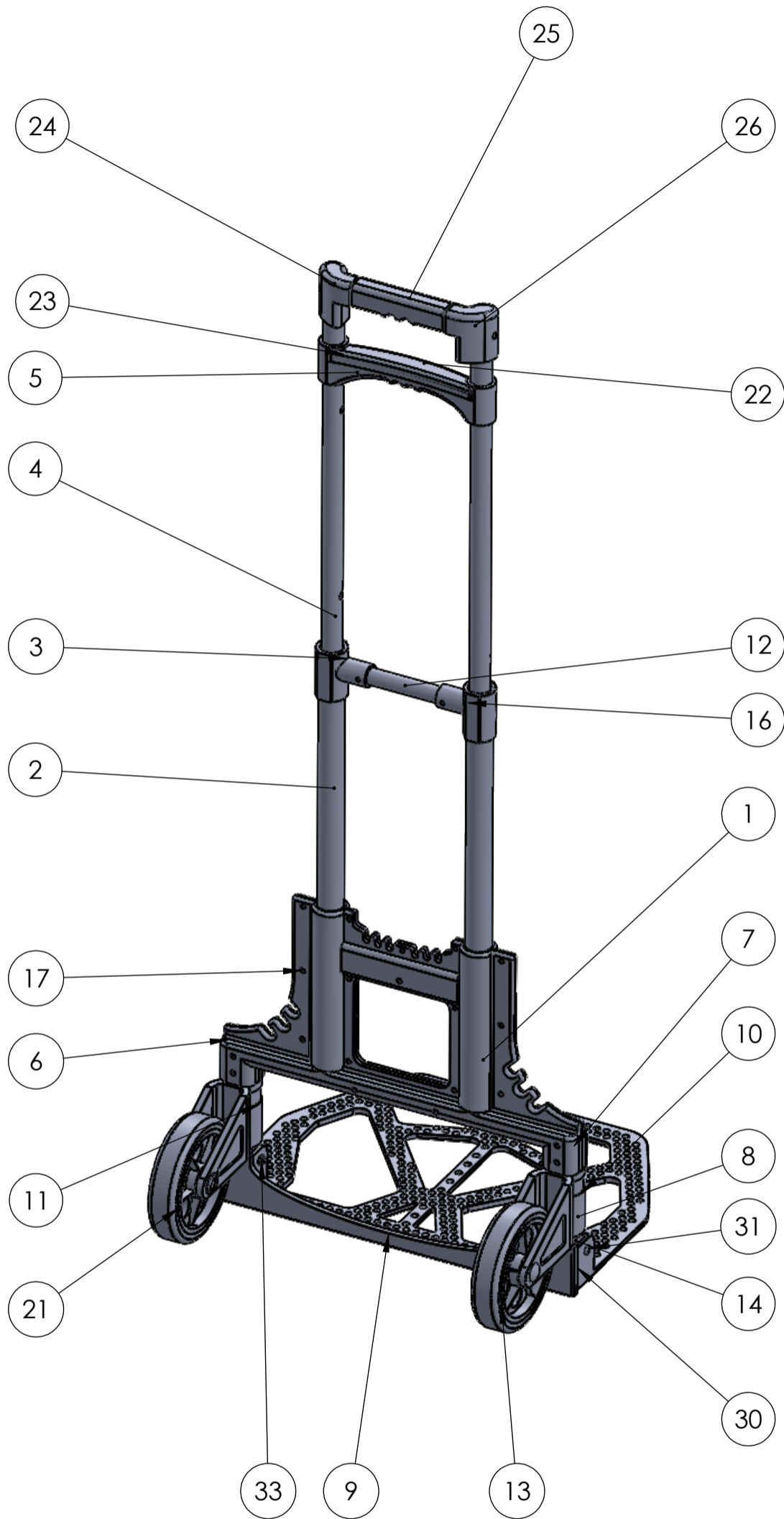


Format A4

jante en plastique

BAHBAH RAFIK

LE 04/08/2023



ECHELLE 1:5

université de tlemcen-faculté de technologie

GM
construction mecanique



nomenclature

BAHBAH RAFIK

Format A3

21/08/2023

NB.	DESIGNATION	MATIERE	QTY.
1	Coque	Plastics PA type 6	2
2	Bras fixe	Aluminium 6063-T6, Rod (SS)	2
3	support de loquet	Plastics PA type 6	2
4	Bras mobile	Aluminium 6063-T6, Rod (SS)	2
5	Poigné mobile	Plastics PA type 6	1
6	Axe de roue 2	Acier allié	1
7	Axe de roue 1	Acier allié	1
8	Port roux	Plastics PA type 6	2
9	Plaque de base	Aluminium 5052-H38, Barre (SS)	1
10	Cylindre à ressort G	Acier allié	1
11	Cylindre à ressort D	Acier allié	1
12	Tige entre loquet	Aluminium 6063-T6, Rod (SS)	1
13	Jante de roue	Plastics PA type 6	2
14	Piece de base	Acier allié	2
15	Tige telescopique	Aluminium 6063-T6, Rod (SS)	2
16	loquet à ressort	Acier allié	2
17	rivet NF E27-153	Aluminium 1060-H18 Barre (SS)	28
21	contour de roue	Rubber	2
22	Partie de la piogné mobile	Plastics PA type 6	1
23	Tete de tige	Acier allié	2
24	Poigné fixe partie 1	Plastics PA type 6	1
25	Poigné fixe partie 2	Plastics PA type 6	1
26	Poigné fixe partie 3	Plastics PA type 6	1
30	cylindre de deplacement	Acier allié	2
31	PHT 4.8x20x18.4-type I-B-S	Acier allié	2
32	C-ring external retaining ring B27.8M - 3FM1-6	Acier allié	4
33	Prevailing torque hex nut AM- M3.5-N	Acier allié	2
35	B18.22M - Plain washer, 16 mm, narrow	Plastics PA type 6	2
37	B18.6.7M - M2.5 x 0.45 x 16 Type I Cross Recessed FHMS --16S	Acier allié	2

ECHELLE 1:1

université de tlemcen-faculté de technologie

GM
construction mecanique

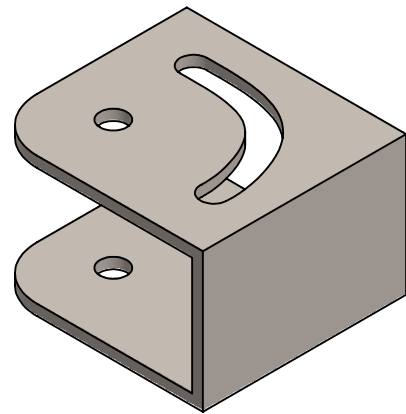
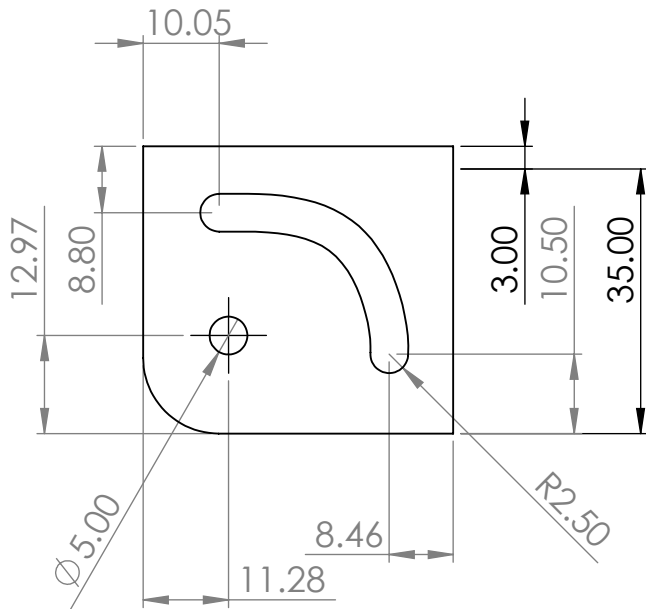
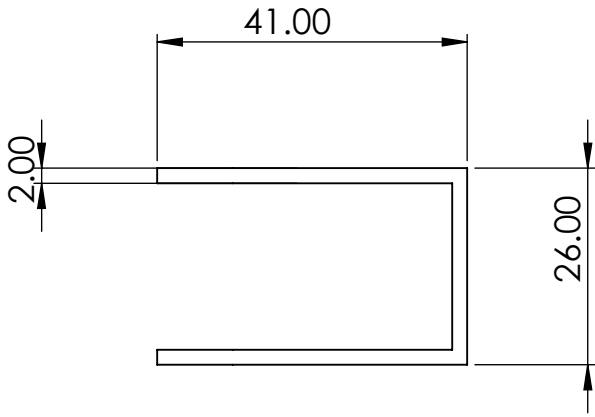


Format A3

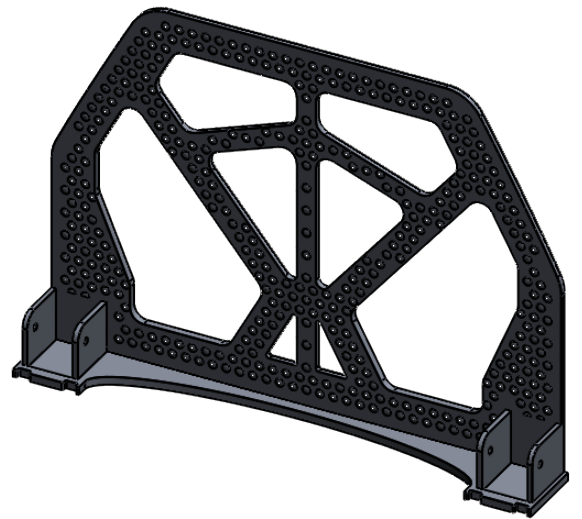
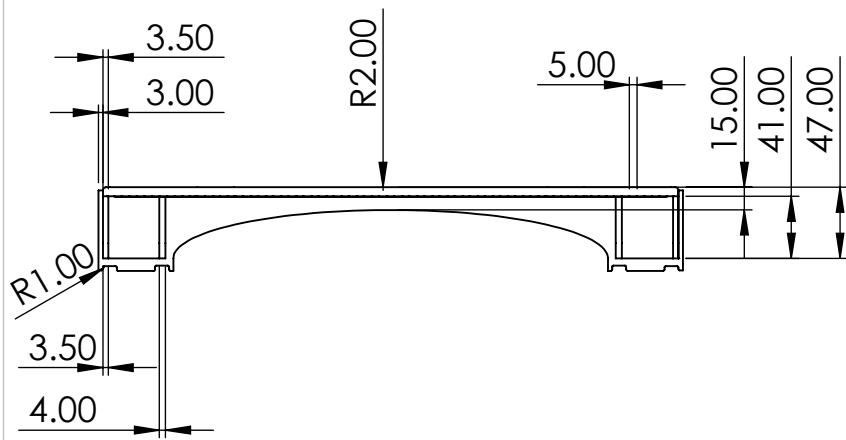
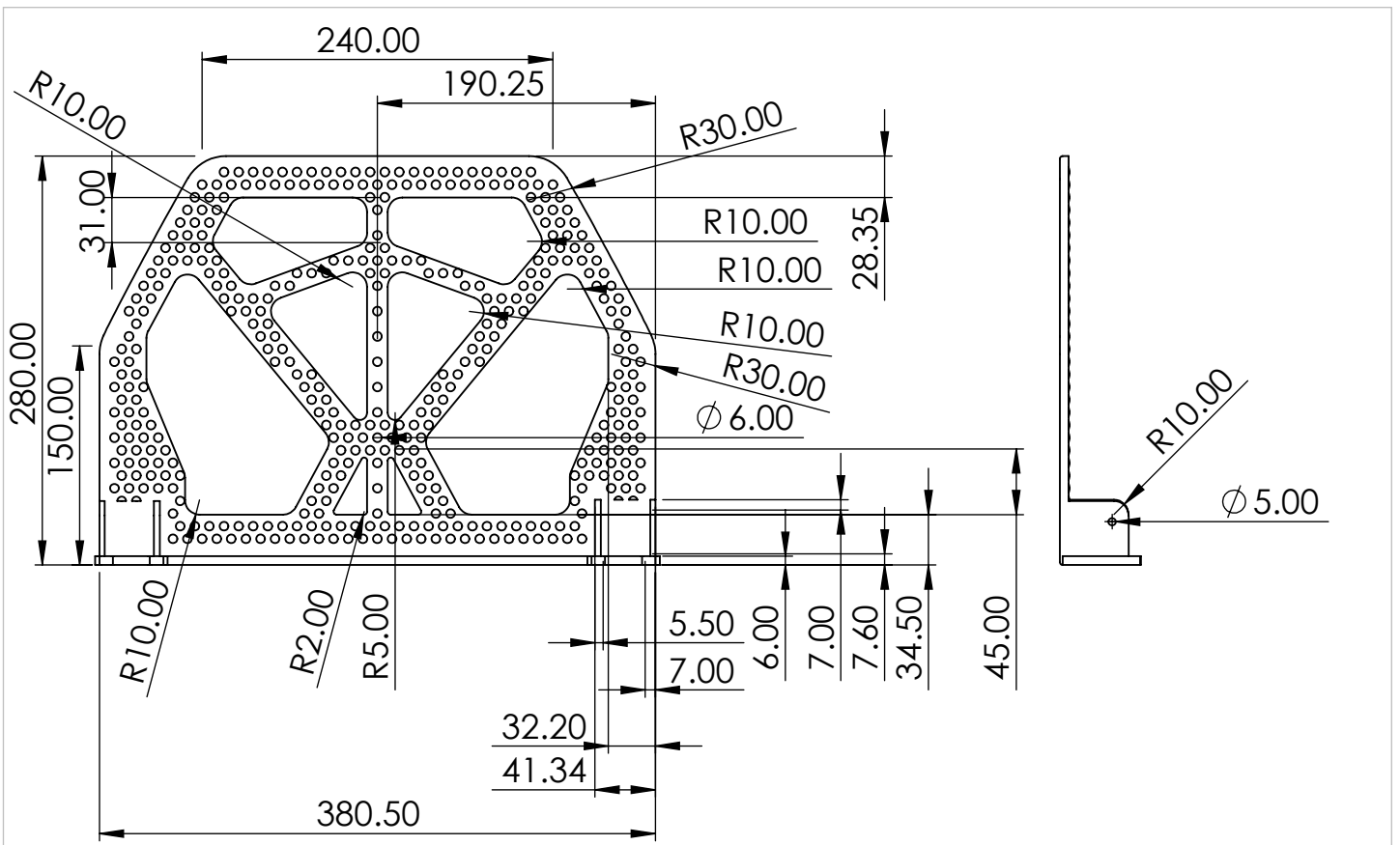
Nomenclature

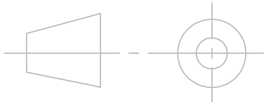
BAHBAH RAFIK

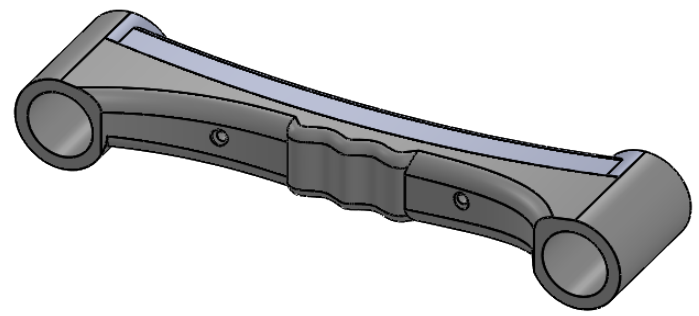
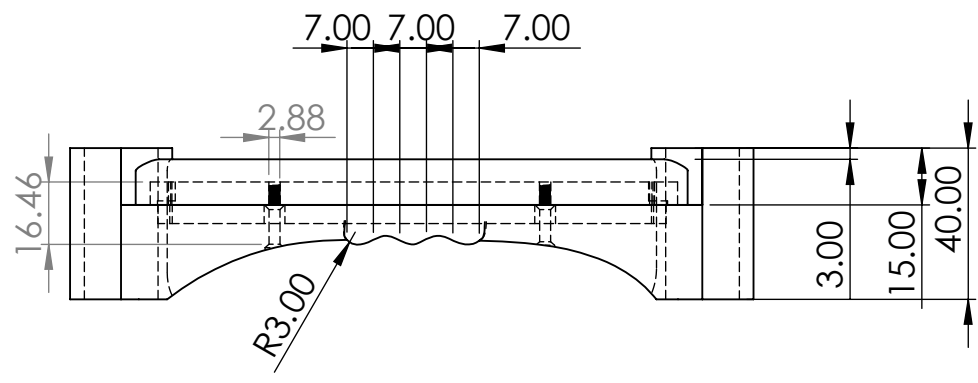
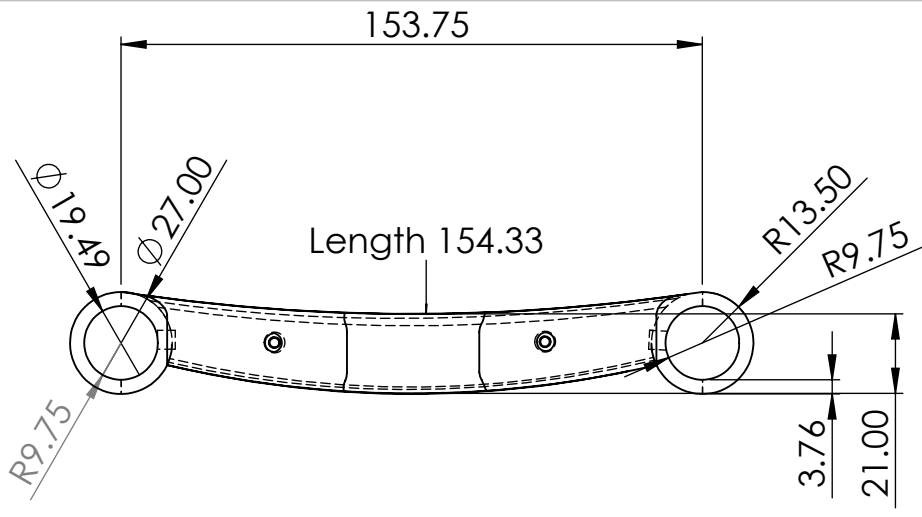
21/08/2023



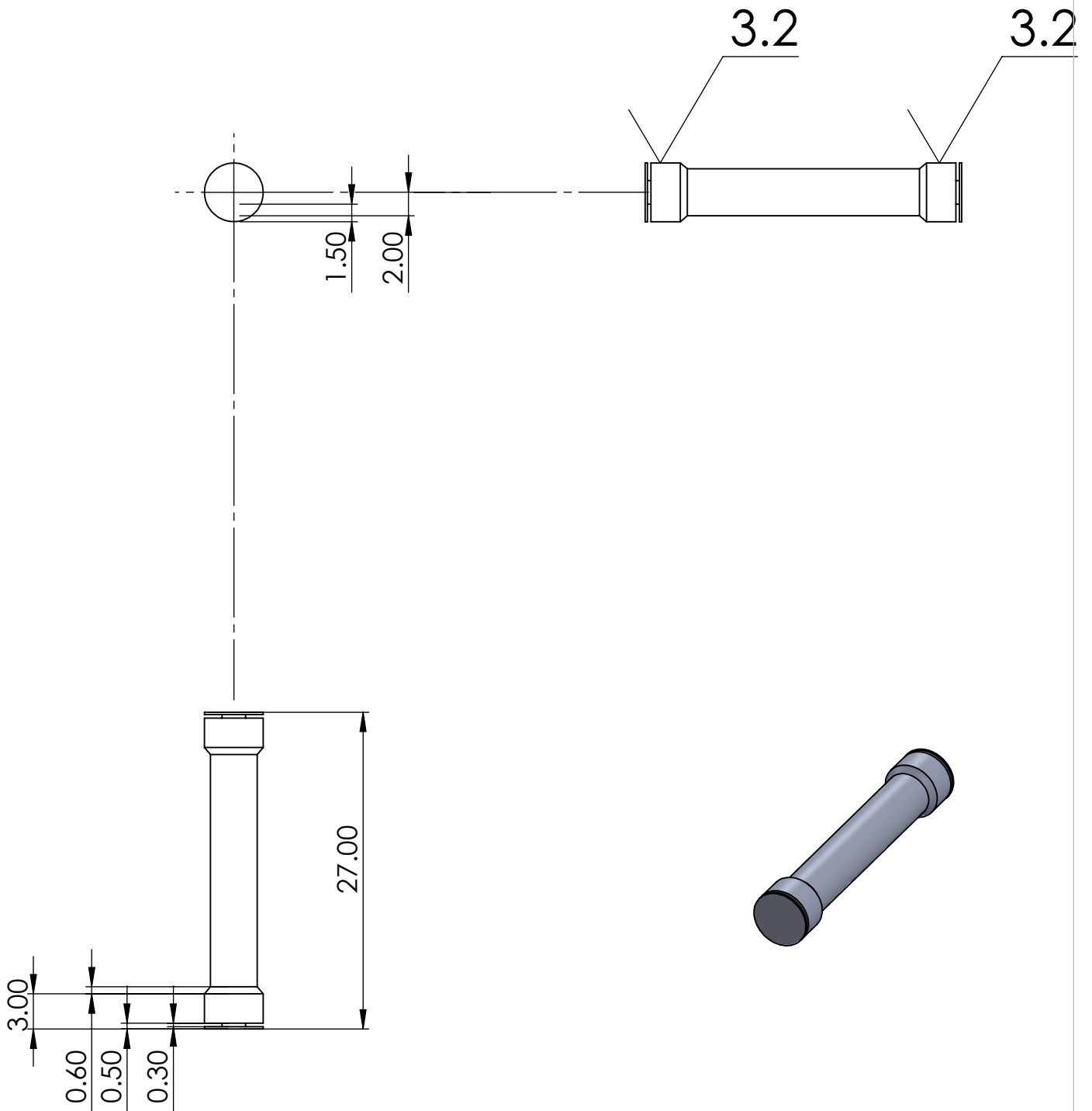
<p>ECHELLE</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>piece de base</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>PLAQUE DE BASE</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



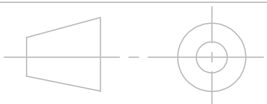
<p>ECHELLE 1:2</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>poigné mobile</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



ECHELLE 2:1

Université de Tlemcen-
Faculte de Technologie

GM Construction
Mécanique

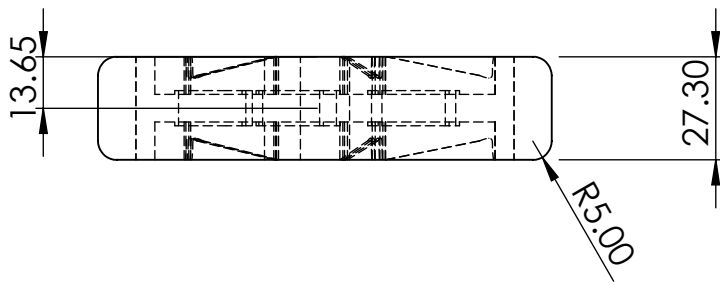
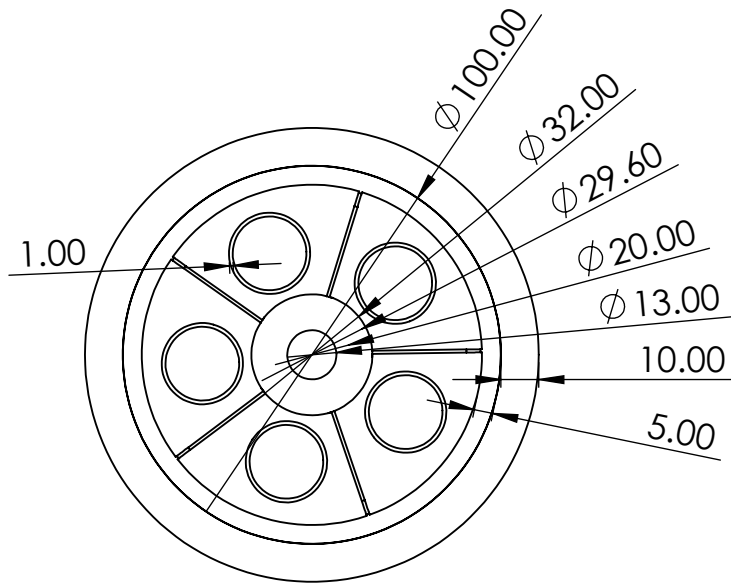


cylindre de déplacement

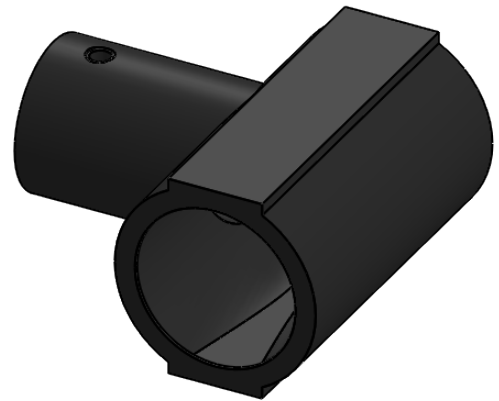
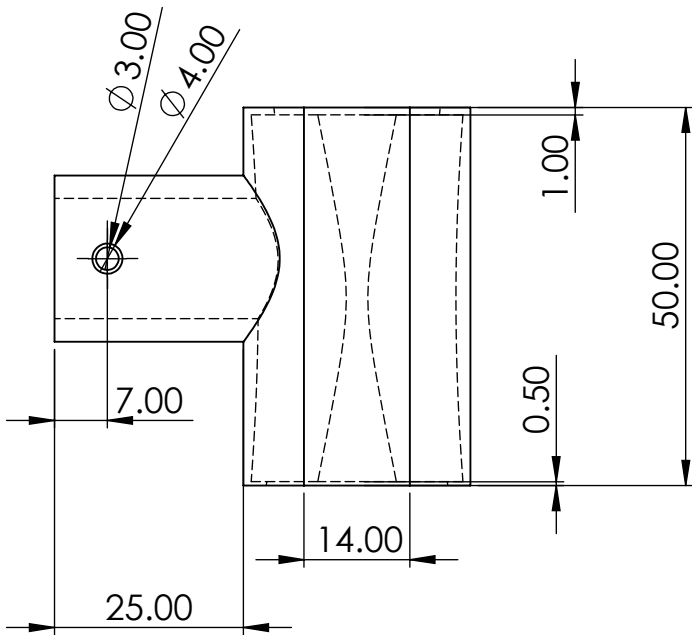
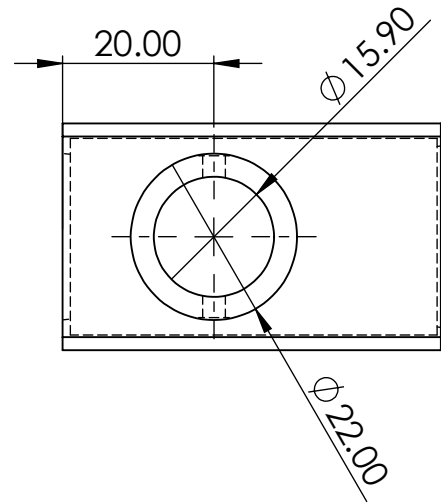
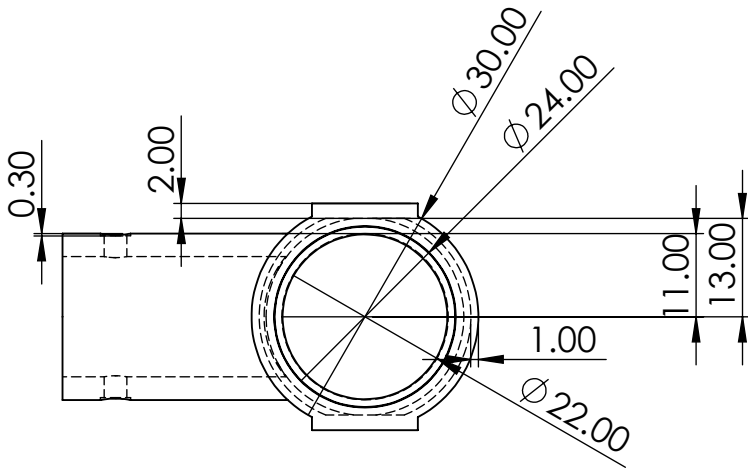
BAHBAH RAFIK

Format A4

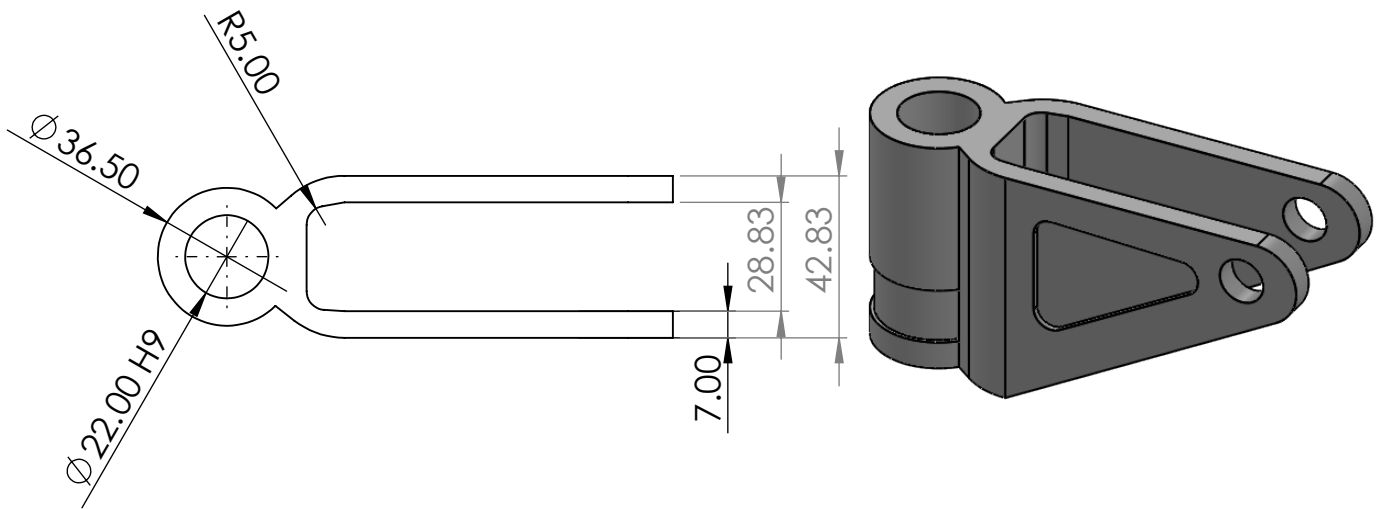
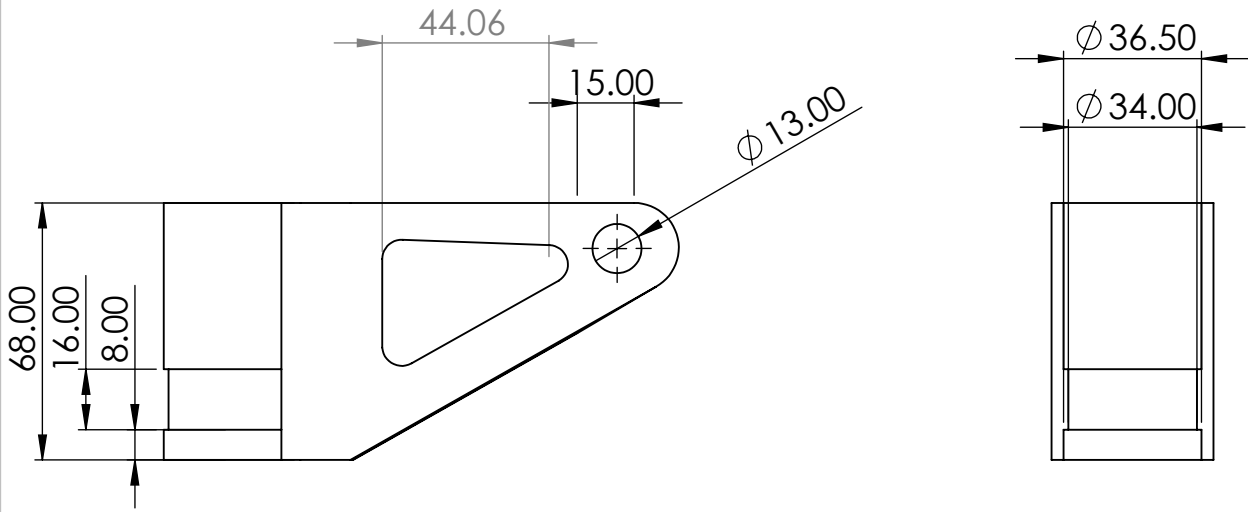
LE 04/08/2023



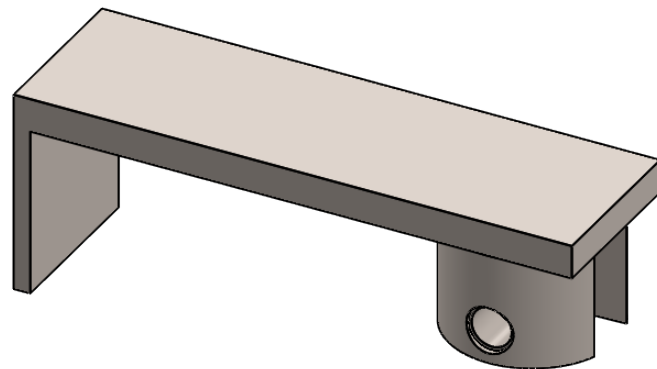
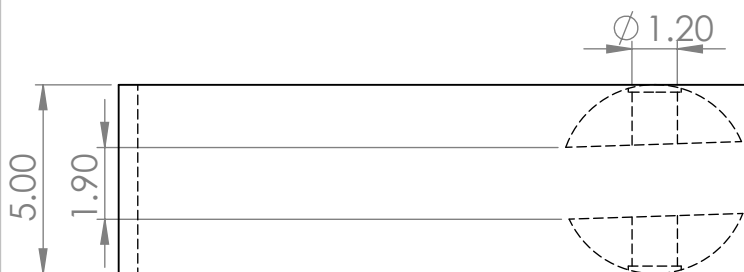
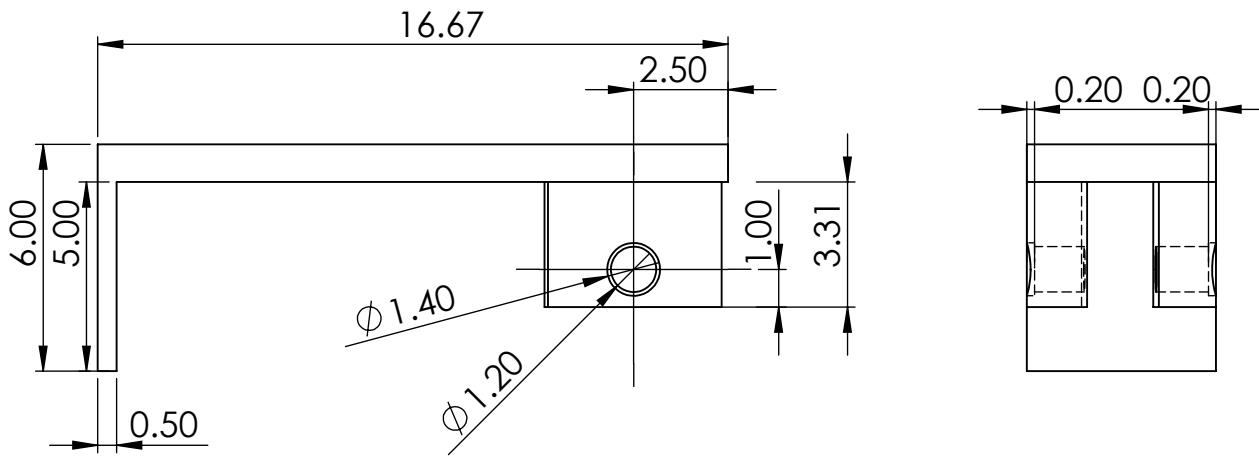
<p>ECHELLE 1:2</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>ROUE</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



<p>ECHELLE 1:1</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>support de loquet</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



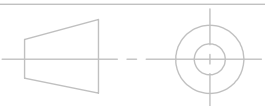
<p>ECHELLE 1:2</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>SUPPORT DE ROUE</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



ECHELLE 5:1

Université de Tlemcen-
Faculte de Technologie

GM Construction
Mécanique

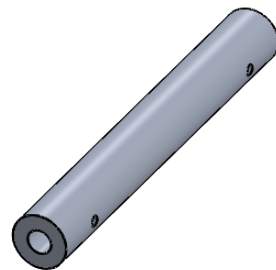
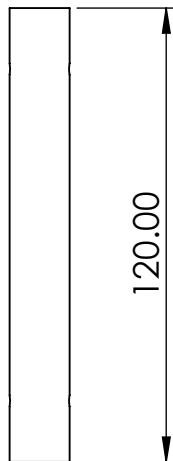
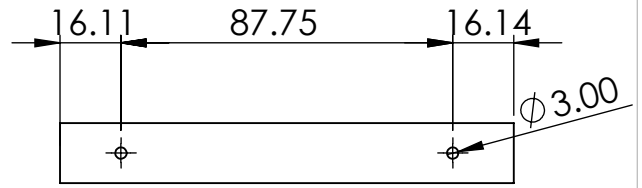
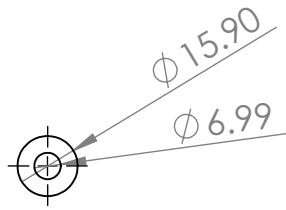


tete de tige

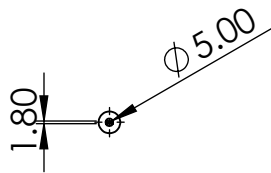
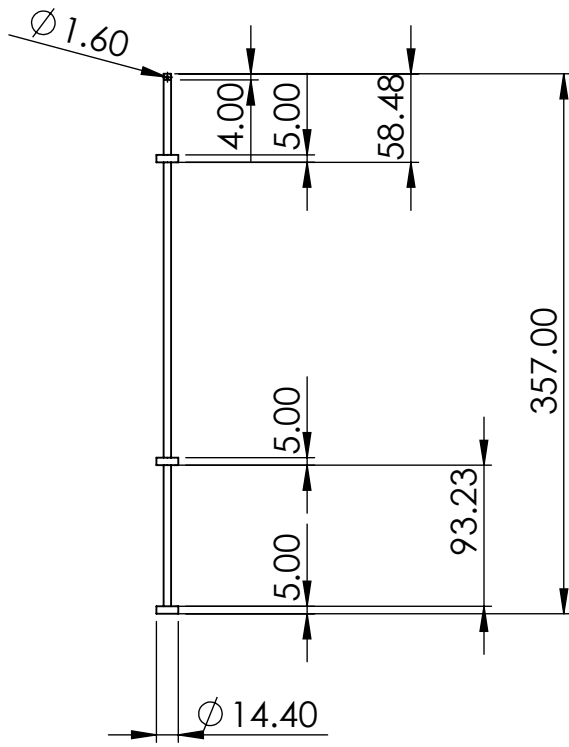
BAHBAH RAFIK

Format A4

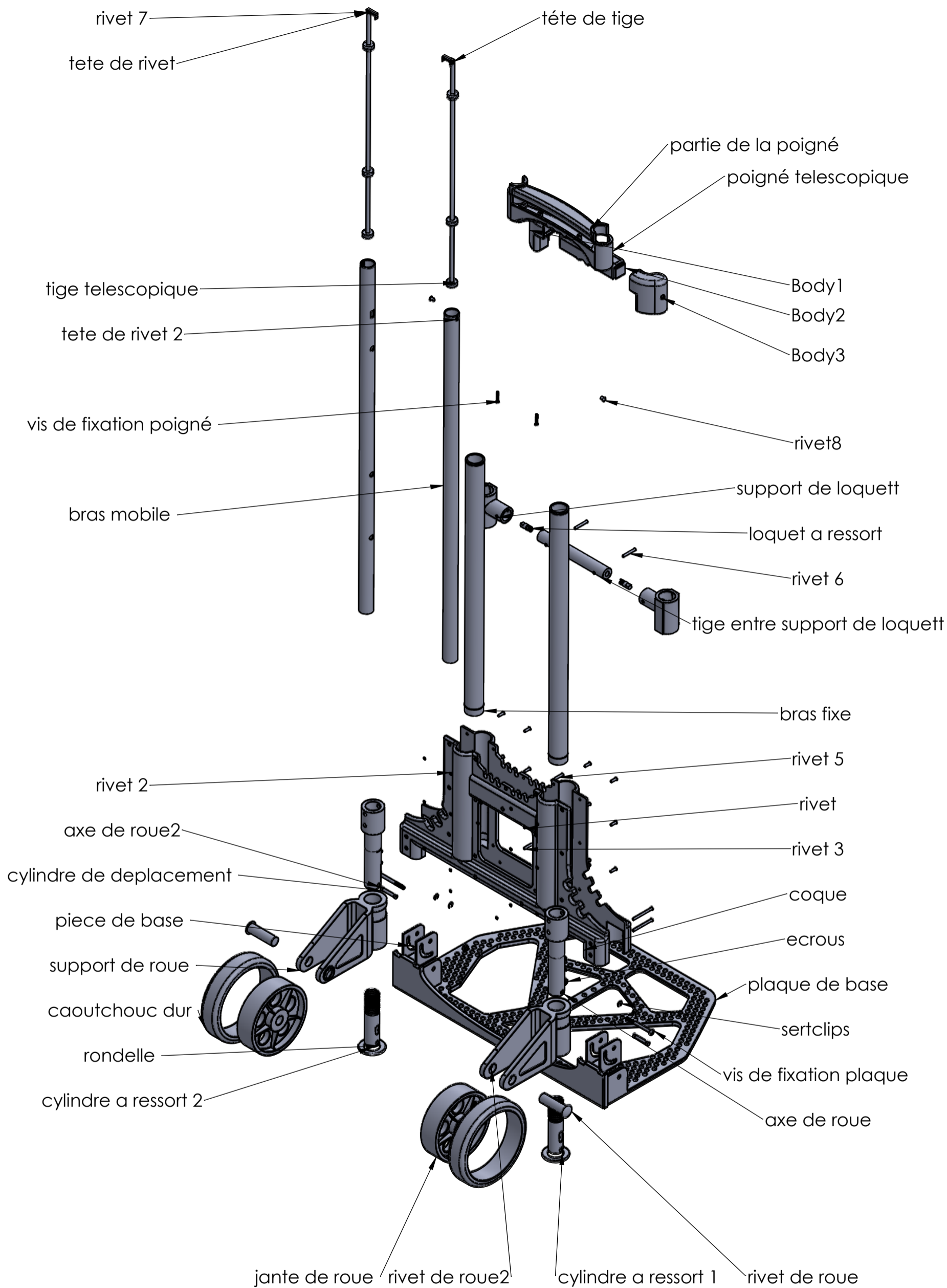
LE 04/08/2023



ECHELLE 1:2	Université de Tlemcen- Faculte de Technologie	GM Construction Mécanique
	tige entre loquet	BAHBAH RAFIK
Format A4		LE 04/08/2023



<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>Université de Tlemcen- Faculte de Technologie</p>	<p>GM Construction Mécanique</p>
	<p>tige telescopique</p>	<p>BAHBAH RAFIK</p>
<p>Format A4</p>		<p>LE 04/08/2023</p>



ECHELLE 1:10

université de tlemcen-faculté de technologie

GM
construction mecanique



vue éclaté

BAHBAH RAFIK

Format A3

21/08/2023