

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département de génie mécanique

N° :...../2023

MEMOIRE DE MASTER

(Réalisé selon l'arrêté 1275 : PFE-Startup N° : FST 09)

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie mécanique

SPECIALITE: Construction mécanique

Thème

Design and manufacturing of novel light alloy wheel rims for vehicles in Algeria

Application example : 16" Fiat Tipo Rim (16x7 ET 35) - 6061-T6

Conception et fabrication de jantes en alliage léger innovantes pour véhicules en Algérie

Exemple d'application : Jante de Fiat Tipo 16" (16x7 ET 35) - 6061-T6

Présenté par : Ridha DERDOUR & Mohamed Tahar BOUDOUR

Date de soutenance : 18/07/2023

Jury de Soutenance

Président : Adel DELIOU	Grade MCA	Univ. MSB Jijel
Encadrant : Larbi GUERAICHE	Grade MCA	Univ. MSB Jijel
Co-encadrant : Rachid BELHADEF	Grade MCB	Univ. MSB Jijel
Examineur : Nasreddine BELHIMER	Grade MAA	Univ. MSB Jijel
Représentant de l'incubateur : Nabil MAHAMDIOUA	Grade MCA	Univ. MSB Jijel
Expert du secteur socio-économique : Farhat SAIFI	Grade ING	AQS

Promotion : 2022 /2023

Dédicaces

Je m'incline devant Dieu Le Tout - Puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé à la franchir.

Je dédie ce modeste travail :

À Mon cher père, qui peut se vanter à trouver ici à la suite de nombreuses années de sacrifices et de difficultés pour m'aider à aller de l'avant dans la vie, Merci mon Père.

À ma mère qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

À mon frère Azzedine, mon bras droit à travers tes encouragements, tu m'as donné la force de continuer, tes qualités sont trop longues à énumérer, je suis chanceux et fier de t'avoir, que dieu te garde.

À mes chères sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

À mon encadrant Dr. GUERAICHE Larbi.

Enfin Une spéciale dédicace à tous mes amis et à mes collègues du département de Génie Mécanique la promotion de 2022 /2023.

DERDUR Ridha

Dédicaces

À ma chère mère, source de ma vie et de ma joie, à mon père, pour son support et la puissance le long de mon parcours scolaire.

À mes chers frères et ma sœur, toutes les personnes les plus proches du cœur, pour vos encouragements et votre soutien réconfortant durant les moments les plus difficiles.

À tous mes amis qui m'ont aidé à surmonter les difficultés et m'ont encouragé pour arriver jusqu'au bout, dans les meilleures conditions possibles

BOUDOUR Mohamed Tahar

Remerciements

Nous remercions «الله» ALLAH qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage ainsi que la force durant ces longues années d'étude et de nous avoir aidé à accomplir ce modeste travail.

En premier lieu nous remercions les plus sincères vont à notre encadrant, Dr. Larbi GUERAICHE pour avoir bien voulu nous encadrer et pour ses précieux conseils et orientations. Nous le remercions d'avoir su partager son expérience et sa passion notamment dans le domaine mécanique.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury qui nous feront l'honneur d'examiner notre travail.

Nous exprimons notre gratitude à tous les enseignants du département de génie mécanique pour leur dévouement et leur assistance tout au long de notre cursus universitaire.

Et enfin, à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail et qui nous ont soutenus de près ou de loin, tout au long de cette année.

Liste des Figures

Chapitre I : Etat de l'art sur les jantes

Figure I.1: Marquage des jantes en alliage [4].	4
Figure I.2 : Liste des profils de coupe d'une jante avec une inclinaison de la paroi de 5° [7].	5
Figure I.3 : Principaux pays producteurs d'aluminium en fonderie dans le monde ; de 2013 à 2022 (en milliers de tonnes) [12].	8

Chapitre II : Procédés de fabrication des jantes

Figure II.1 Découpage de la tôle en acier [1].	18
Figure II.2: Conception d'une plaque d'acier conformée à la forme d'une jante [2].	19
Figure II.3: Conception de tôles d'acier soudées et conformées [2].	20
Figure II.4: Tronçonnage et rabotage de la tôle [2].	20
Figure II.5: Premier évasement [2].	21
Figure II.6: Trois formes de rouleaux de la jante [1].	21
Figure II.7: Formage final par laminage [2].	22
Figure II.8: Poinçonnage du trou de la valve [2].	23
Figure II.9: Disque estampé [1].	24
Figure II.10: Perçage des disques [1].	24
Figure II.11: Presse d'assemblage [2].	25
Figure II.12: Pressage du disque sur la jante [2].	26
Figure II.13: Soudage Mig-Mag du disque à la jante [1].	26
Figure II.14: Processus de phosphatation [1].	27
Figure II.15: Processus de fusion [3].	28
Figure II.16: Remplissage du creuset par le laitier de coulée [4].	28
Figure II.17: Opération de coulée d'alliages de jantes [4].	29
Figure II.18: Schéma du processus LPDC [5].	30
Figure II.19: Schéma du processus d'extrusion [6].	31
Figure II.20: Opérations d'usinage des jantes en alliage [4].	32
Figure II.21: Ebavurage et finition de la jante [3].	32
Figure II.22: Contrôle de la qualité des jantes en alliage [3].	33

Chapitre III : Conception d'une jante en alliage sous SolidWorks

Figure III.1 : Jante 7J*16 H2 ET35.....	35
Figure III.2 : Traçage d'une ligne sur le profil de la jante à l'aide du trusquin.	36
Figure III.3 : Import de la photo de la jante sous SolidWorks.....	38
Figure III.4 : Ajustement de la Spline du profil de coupe de la jante par les coordonnées des points de mesure prélevées.	38
Figure III.5 : Profil extérieur de la jante.	39
Figure III.6 : Profil de coupe de la jante.	39
Figure III.7 : Détails des annotations du profil intérieur de la jante. Pour mieux zoomer le profil de coupe, on a mis détail A et détail B. Le détail B est donné exprès sans révélation en détail de toutes les annotations du profil intérieur.	40
Figure III.8 : Modèle 3D de la révolution de l'esquisse du profil de coupe de la jante.....	41
Figure III.9 : Esquisse du disque.....	41
Figure III.10 : Jante après révolution de l'esquisse du disque.	42
Figure III.11 : Esquisse du motif de répétition et enlèvement de matière.	42
Figure III.12 : Esquisse du cercle central.....	43
Figure III.13 : Conception de l'entraxe et des lamages des écrous des goujons.....	43
Figure III.14 : Esquisse des cercles des trous de passage des goujons.	44
Figure III.15 : Répétition circulaire de l'enlèvement de matière par le motif.	44
Figure III.16 : Vue de face du modèle 3D de la jante.	45
Figure III.17 : Design en perspective de la jante développée.	45
Figure III.18 : Perçage du trou de la valve.....	46
Figure III.19 : Rendus de la jante conçue.	46

Chapitre IV : Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061-T6 sous Ansys

Figure IV. 1 : Définition du type d'analyse « Structure statique ».	49
Figure IV. 2 : Import du modèle 3D et génération de la jante en alliage sous DesignModeler.	49
Figure IV. 3 : Géométrie vérifiée.	49
Figure IV. 5 : Modèle de la jante sous Ansys.....	51
Figure IV. 5 : Maillage de la jante.....	52
Figure IV. 6 : Conditions aux limites.	53

Figure IV. 7 : Lancement de l'analyse statique (Résoudre)	54
Figure IV. 8 : Déformation totale équivalente.....	55
Figure IV. 9 : Déformation élastique principale maximale.....	55
Figure IV. 10 : Contrainte équivalente (Von Mises).....	56
Figure IV. 11 : Contrainte maximale de cisaillement.....	56

Liste des Tableaux

Chapitre I : Etat de l'art sur les jantes

Tableau I. 1 : Compositions des alliages Al-Si commerciaux les plus utilisés [10]. 8

Chapitre III : Conception d'une jante en alliage sous SolidWorks

Tableau III.1 : Coordonnées (X, Z) des points du profil de coupe de la jante..... 37

Chapitre IV : Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061-T6 sous Ansys

Tableau IV. 1 : Définition des données techniques..... 50

Tableau IV. 2 : Propriétés de 6061-T6. 51

Tableau IV. 3 : Affectation des propriétés de 6061-T6..... 51

Tableau IV. 4 : Résultats de l'analyse statique. 57

Liste des symboles

J : Profil de joue de la jante

H : Profil de coupe de la jante

Liste des abréviations

ET : De l'allemand « Einpresstiefe » ou « Offset » en anglais (Profondeur d'empreinte)

PCD : De l'anglais « Pitch Circle Diameter » (Diamètre de perçage ou Entraxe)

LPDC : Low Pressure Die Casting

CMM : Coordinate Measuring Machine

PIMA : Produit Industriel Métallurgique Algérie

OEM : Original Equipment Manufacturer

SUV : Sport Utility Vehicles

TÜV : Technischer Überwachungsverein (Technical Inspection Association)

ECE : Economic Commission for Europe

NAD : National Association of the Deaf in USA

EEA : European Economic Area

Table des matières

Remerciements et dédicaces	I
Liste des Figures	IV
Liste des Tableaux	VII
Liste des symboles et abréviations.....	VIII
Introduction générale	1

Chapitre I : Etat de l'art sur les jantes

I.1 Introduction	2
I.2 Types de jantes	2
I.2.1 Jantes en aluminium.....	2
I.2.2 Jantes en métal	3
I.2.3 Jantes en alliage	3
I.3 Dimensions des jantes	4
I.4 Matières des jantes [8].....	6
I.4.1 Pays exportateurs de l'aluminium et des alliages d'aluminium.....	8
I.4.2 Fournisseurs algériens de la matière première.....	9
I.5 Fabricants de jantes	10
I.5.1 Leader mondiaux des jantes.....	10
I.5.2 Fabricants chinois des jantes.....	12
I.5.3 Fabricants indiens des jantes.....	13
I.5.4 Fabricants turcs	13
I.5.5 Fabricants italiens	14
I.6 Conclusion	15
I.7 Références bibliographiques.....	15

Chapitre II : Procédés de fabrication des jantes

II.1 Introduction	18
II.2 Procédés de fabrication des jantes en métal	18
II.2.1 Découpage de la tôle en acier	18
II.2.2 Processus de laminage – conformation de la jante	19
II.2.3 Soudage par étincelage	20
II.2.4 Tronçonnage, rabotage et coupe en bout	20
II.2.5 Evasement.....	21
II.2.6 Processus de laminage - Formage de rouleaux et bordures.....	21
II.2.7 Test d'étanchéité au gaz, poinçonnage du trou de la valve.....	22
II.2.8 Processus de production de disques.....	23
II.2.9 Terminaison de la jante en acier	25
II.3 Procédés de fabrication des jantes en alliage	27
II.3.1 Moulage ou forgeage	27
II.3.2 Extrusion des jantes	31
II.3.3 Usinage	31
II.3.4 Finition.....	32
II.3.5 Contrôle de qualité.....	33
II.4 Conclusion.....	33
II.5 Références bibliographiques	34

Chapitre III : Conception d'une jante en alliage sous SolidWorks

III.1 Introduction.....	35
III.2 Conception d'une jante en alliage sous SolidWorks.....	35
III.2.1 Prélèvement des mesures du profil de coupe de la jante (H2)	35
III.2.2 Conception du profil H2 sous SolidWorks	37

III.2.3 Conception du disque, du motif, de l'alésage central, des trous de l'entraxe, et du trou de la valve.....	41
III.3 Conclusion	47

Chapitre IV : Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061-T6 sous Ansys

IV.1. Introduction.....	48
IV.2. Analyse d'une jante en alliage d'aluminium sous Ansys	48
IV.2.1. Présentation d'Ansys Workbench 2023	48
IV.3 Discussion des résultats	57
IV.4 Références bibliographiques.....	57

Introduction générale

Les jantes jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement et l'apparence des véhicules. Elles sont responsables de la fixation des pneus et de la transmission de la puissance de la voiture à la route. De plus, elles contribuent également à l'esthétique globale du véhicule.

Notre objectif dans ce mémoire est de la conception, l'analyse et l'optimisation d'une jante en alliage d'aluminium, on concentre aussi sur l'étude générale des jantes, en mettant l'accent sur les différents types de jantes, les dimensions, les matériaux utilisés et les fabricants leaders dans le domaine.

Ce travail comprend quatre chapitres :

Le premier chapitre de ce mémoire présente un aperçu général sur les jantes, en mettant l'accent sur les jantes en aluminium, en métal et en alliage. Il examine également les dimensions des jantes et les différents matériaux utilisés dans leur fabrication. De plus, il présente les pays exportateurs d'aluminium et d'alliages d'aluminium, ainsi que les fournisseurs algériens de matières premières. Enfin, il présente les principaux fabricants de jantes dans le monde, en se concentrant sur les leaders mondiaux ainsi que les fabricants chinois, indiens, turcs et italiens.

Le deuxième chapitre est dédié aux procédés de fabrication des jantes. Il examine en détail les différentes étapes impliquées dans la fabrication des jantes en métal. De plus, il explore également les procédés de fabrication des jantes en alliage, tels que le moulage, le forgeage, l'extrusion, l'usinage et la finition. Enfin, il aborde également le contrôle de qualité dans le processus de fabrication des jantes.

Le troisième chapitre est consacré à la conception d'une jante en alliage sous SolidWorks. Il explique comment les mesures du profil de coupe de la jante sont prélevées et comment le profil est conçu sous SolidWorks. De plus, il aborde également la conception du disque, du motif, de l'alésage central et de l'entraxe.

Le quatrième chapitre est une analyse statique et une optimisation de la géométrie d'une jante en alliage à l'aide du logiciel Ansys. Il présente une analyse détaillée d'une jante en alliage d'aluminium 6061-T6 qui explique comment Ansys est utilisé pour analyser et optimiser la géométrie notre jante conçue.

Chapitre I

Etat de l'art sur les jantes

I.1 Introduction

La conception et la fabrication de jantes dépendent de plusieurs facteurs, notamment les tendances du marché, les avancées technologiques, les normes et les réglementations en matière de sécurité, la disponibilité des matériaux et des composants, ainsi que la demande du marché.

Les jantes en alliage léger sont de plus en plus populaires pour les véhicules, car elles offrent un excellent rapport poids/résistance et peuvent améliorer les performances du véhicule, ainsi que son apparence. De plus, les jantes en alliage léger peuvent également contribuer à réduire la consommation de carburant.

En termes de technologie, l'utilisation de la simulation numérique pour la conception de jantes de roue s'est considérablement développée ces dernières années, ce qui a permis une amélioration significative de la qualité et des performances des jantes des roues. De plus, l'utilisation de matériaux de plus en plus légers et plus résistants, tels que le titane et le carbone, est en train de devenir de plus en plus courante.

I.2 Types de jantes

La Jante est une composante de la roue qui lie le moyeu et le pneu. Sa performance varie selon le type du matériau duquel elle est fabriquée. On distingue principalement trois types de jantes.

I.2.1 Jantes en aluminium

Les jantes en aluminium (parfois appelées jantes en alliage) sont fabriquées d'un mélange d'aluminium et de nickel. La majorité des jantes aujourd'hui sont en alliages d'aluminium moulés, ce qui signifie qu'elles sont fabriquées en coulant de l'aluminium fondu dans un moule. Elles sont légères mais solides, résistent bien à la chaleur et généralement plus attrayantes que les jantes en acier [1].

Un alliage de roue en aluminium combine de l'aluminium avec de petites quantités d'autres éléments qui améliorent la dureté, la résistance à la traction et la durabilité globale du matériau. La composition exacte d'une roue en alliage personnalisée varie d'un fabricant à autre, mais comprend souvent des traces de silicium et de magnésium, entre autres éléments, l'aluminium représentant souvent 95 à 99% de l'alliage.

La plupart des jantes en alliage personnalisées sont coulées ou forgées. Les jantes en alliage coulé sont plus faciles à produire, tandis que les jantes en alliage forgé sont extrêmement légères et solides, mais aussi plus chères que les jantes coulées.

L'alliage d'aluminium est également plus facile à travailler que l'acier, permettant aux jantes en alliage de se décliner dans une large gamme de designs créatifs et attrayants [2].

I.2.2 Jantes en métal

Les jantes en métal peuvent être fabriquées à partir de différents alliages, ou mélanges de métaux, avec des caractéristiques de maniabilité, des besoins d'entretien et des avantages différents. Les deux principaux types de matériaux de roue automobiles sont l'aluminium et l'acier.

Les jantes en acier sont fabriquées d'un alliage de fer et de carbone. Elles sont plus lourdes mais plus durables et peuvent être plus faciles à réparer et à retoucher. En raison de la façon dont elles sont fabriquées - découpées sur une presse et soudées ensemble - elles n'offrent pas tous les choix esthétiques de rayons des autres types de roues.

Les jantes en acier sont généralement moins chères que les jantes en aluminium [1].

I.2.3 Jantes en alliage

Les jantes en alliage sont fabriquées à partir d'un alliage d'aluminium ou de magnésium. Elles sont généralement plus légères que celles en acier pour la même résistance et offrent une meilleure conduction de la chaleur. Des roues plus légères peuvent améliorer la tenue de route en réduisant les masses non suspendues, permettant à la suspension de mieux suivre pour améliorer l'adhérence. La réduction de la masse globale du véhicule peut également aider à réduire la consommation de carburant et les jantes en alliage sont non corrosives et peuvent résister aux vibrations. La conception et l'analyse des jantes en alliage pour les applications automobiles sont effectuées pour optimiser la masse de la jante en alliage. L'analyse structurelle des jantes en alliage pour voiture utilisant des alliages d'aluminium et de magnésium est effectuée à l'aide de techniques d'éléments finis pour étudier la distribution des contraintes et des déplacements dans les roues des véhicules soumises à l'influence conjointe de la pression de gonflage et de la charge radiale [3].

I.3 Dimensions des jantes

Le dimensionnement des jantes est un sujet complexe qui implique de nombreux facteurs. La largeur de la jante, le diamètre de la jante et le déport sont des mesures importantes à prendre en compte.

- **Diamètre (en pouces) :** Il s'agit du diamètre du fond du talon de la jante, et non du diamètre du bord extérieur de la jante. Le bord de la jante, ou lèvre, s'étend au-delà de la zone du talon pour capturer le talon et l'empêcher de glisser hors de la jante. Si nous disons qu'une roue a un diamètre de 19 pouces, cela signifie que le diamètre du fond de la tringle mesure 19 pouces. Le diamètre du bord extérieur de la jante peut en fait mesurer 22 pouces environ, en fonction de la conception [4].
- **Largeur de la jante (en pouces) :** Il s'agit de la distance entre le siège du talon extérieur et le siège du talon intérieur. Tout comme le diamètre de la jante, la largeur de la jante n'est pas mesurée en fonction de la largeur totale de la roue (vous ne devez-vous préoccuper que de la largeur d'assise que la roue offre aux talons du pneu). Si l'on dit qu'une roue a une largeur de 10 pouces, la distance entre les sièges des talons est de 10 pouces. La largeur totale, mesurée entre les bords extérieurs de la jante est automatiquement plus grande que la largeur de la jante [4]
- **ET (mm) :** De l'allemand « Einpresstiefe » ou « Offset » en anglais (profondeur d'empreinte) ; cette mesure indique la distance entre le plan milieu de la largeur de la jante et sa face sur laquelle le moyeu de la roue prend appui ; voir Figure 0.1.
- **PCD (mm) :** De l'anglais « Pitch Circle Diameter » (Diamètre de perçage ou Entraxe) ; cette mesure indique le diamètre du cercle qui relie le centre des orifices de fixation.
- **Nombre de trous :** Nombre d'orifices sur la jante qui sont nécessaires pour la fixer à la voiture. Cette mesure est indiquée avec le PCD.
- **Centrage (mm) :** Également appelé « Center Bore » (CB) en anglais et parfois Hub ; cette mesure indique le diamètre de l'orifice central sur lequel le moyeu de la voiture vient se placer [5].

Exemple : 6J x 15 H2 ET43

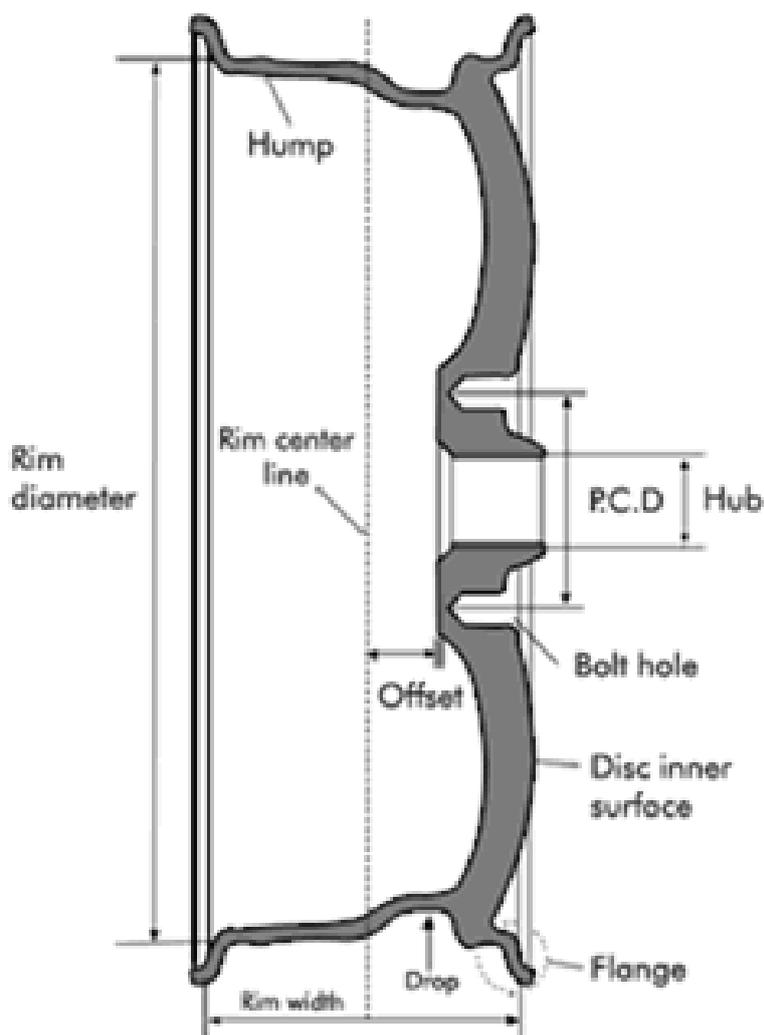


Figure 0.1: Marquage des jantes en alliage [4].

- **6** : Largeur de la jante en pouces (1 pouce : 25.4 mm)
- **15** : Diamètre de la jante en pouces
- **ET43** : Déport de la jante

La lettre **J** correspond au profil de la joue de la jante. C'est le profil de joue de la jante le plus usuel.

Le marquage **H2** s'agit du profil de la coupe (contour) de la jante. Ce marquage se situe en général à la fin de la série de chiffres et de lettres gravée sur la jante. Cela correspond en fait à la rigidité de la jante. Il existe plusieurs types de contours de jante [7].

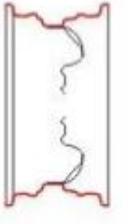
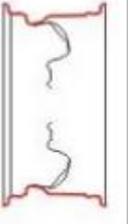
Marquage	H	H2	FH	FH2	CH	EH2	EH2+	
Profil								
Description	Hump	Double Hump	Flat Hump	Double Flat Hump	Combination Hump	Extended Hump	Extended Hump +	
Forme	intérieure	courbure	courbure	courbure plate	courbure plate	courbure plate	courbure élargie	courbure élargie
	extérieure	normale	courbure	normale	courbure plate	normale	courbure élargie	courbure élargie

Figure 0.2 : Liste des profils de coupe d'une jante avec une inclinaison de la paroi de 5° [7].

I.4 Matières des jantes [8]

Les jantes haut de gamme pour voitures, aussi connues sous le nom de jantes composites en alliage, sont fabriquées à partir de l'assemblage de divers matériaux :

- L'aluminium,
- Le kevlar,
- Le magnésium,
- Le carbone,
- Et autres matériaux composites.

Les différents matériaux peuvent être assemblés avec une colle époxy à forte résistance pour une plus grande solidité.

Pour fabriquer une jante en aluminium, on utilise un alliage de ce métal car l'aluminium pur est trop souple. L'alliage est créé en mélangeant de la bauxite transformée en aluminium avec d'autres substances. Ensuite, la jante est formée à partir de cet alliage.

L'appellation « jante alu » n'est donc pas exacte et crée souvent la confusion avec la jante en alliage. La différence entre ces deux types de jantes tient dans :

- Les alliages utilisés pour leur composition,
- Le façonnage des alliages : forgé ou moulés.

Les jantes en métal (tôle) pour automobiles peuvent être fabriquées à partir de tôle en acier. Les pièces en tôle pour la fabrication des jantes peuvent être formées à chaud à partir d'un produit plat en acier.

OZ Racing est un fabricant bien connu de jantes en aluminium de haute performance. OZ utilise sa propre technologie de formation de flux, qui combine les caractéristiques de la coulée et de la forge pour produire une jante de haute résistance avec un poids réduit. Cette technologie permet à OZ d'utiliser moins de matériaux pour produire une jante ayant la même ou une plus grande résistance qu'une roue plus lourde fabriquée par un procédé de moulage traditionnel. OZ utilise une variété d'alliages d'aluminium dans leur production de bordures de jantes, y compris :

A356 T6 : Cet alliage d'aluminium est couramment utilisé dans la production des jantes d'OZ. C'est un alliage d'aluminium de haute résistance qui est résistant à la corrosion et à la fatigue.

7075 T6 : Cet alliage d'aluminium est utilisé dans certaines des jantes de course de haute performance d'OZ. C'est un alliage de haute résistance qui est également léger, ce qui le rend idéal pour les applications de course.

6061 T6 : Cet alliage est souvent utilisé dans les jantes routières d'OZ. Il s'agit d'un alliage d'aluminium de haute résistance qui est léger et a une bonne résistance à la corrosion.

Dans l'ensemble, OZ utilise une gamme d'alliages d'aluminium pour produire ses jantes, en fonction de la résistance, du poids et des caractéristiques de performance souhaitées pour chaque application [9].

Le Tableau I. 1 montre les compositions de certains des alliages les plus couramment utilisés. Plusieurs dénominations d'alliage selon (AA : Aluminum Association) comprennent une lettre de préfixe. Les alliages qui commencent par la lettre A sont souvent utilisés pour des applications de moulage. La lettre B est en fait une désignation pour les alliages d'aluminium qui ont une teneur en silicium élevée et qui sont utilisés pour le moulage sous pression. Ces lettres sont utilisées pour distinguer les alliages qui ont la même composition générale mais qui se différencient par le pourcentage d'impuretés ou par la proportion d'éléments d'alliage mineurs, par exemple 356 et A356, ou 380, A380 et B380 [10].

Alliage	Désignation actuelle ISO	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Sn
319.0	Al-Si5Cu3	5.5-6.5	1.0	3.0-4.0	0.50	0.10	0.35	1.0	0.25	-
A356.0	Al-Si7Mg (EN AC-42100 -Al Si7Mg0,3)*	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.25-0.45	-	0.10	0.20	-
A357.0	Al-Si7Mg (EN AC-42200 -Al Si7Mg0,6)*	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.40-0.7	-	0.10	0.20	-
A380.0	Al-Si8Cu3Fe	7.5-9.5	1.3	3.0-4.0	0.50	0.10	0.50	3.0	-	0.35
A413.0	Al-Si12Cu (EN AC-47000 -Al Si12(Cu)) *	11.0-13.0	1.3	1.0	0.35	0.10	0.50	0.50	-	0.15
B390.0	Al-Si17Cu4Mg	16.0-18.0	1.3	4.0-5.0	0.50	0.45-0.65	0.10	1.5	0.20	-

*Désignation suivant la norme NF EN 1706.
Les compositions sont en pourcentage massique et les valeurs individuelles sont des limites maximales. Le reste est constitué d'aluminium et d'autres traces telles que Cr, Pb et Be.

Tableau I. 1 : Compositions des alliages Al-Si commerciaux les plus utilisés [10].

Les alliages Al-Si-Mg tels que les A356 et A357 sont largement utilisés dans l'industrie automobile et aéronautique. Par exemple, les jantes en alliage A356.0 sont couramment utilisées dans l'industrie automobile [10].

I.4.1 Pays exportateurs de l'aluminium et des alliages d'aluminium

Les principaux pays exportateurs de l'aluminium et des alliages d'aluminium sont la Chine, la Russie, l'Inde, le Canada et les Émirats arabes unis. En 2022, la Chine dominait ce classement avec une production issue de la fonderie d'environ 40 millions de tonnes d'aluminium [11].

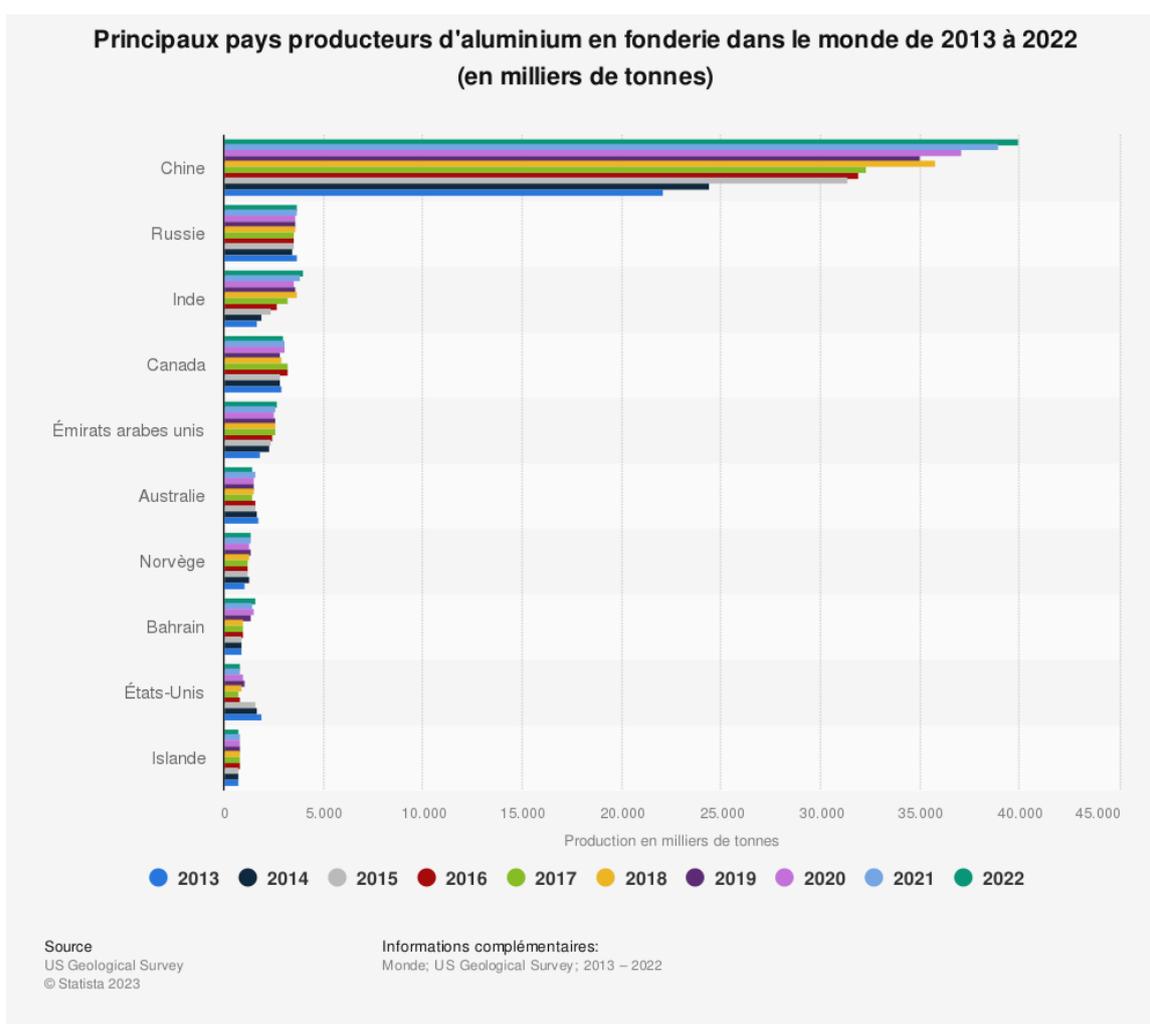


Figure 0.1 : Principaux pays producteurs d'aluminium en fonderie dans le monde ; de 2013 à 2022 (en milliers de tonnes) [12].

I.4.2 Fournisseurs algériens de la matière première

a. SIDER EL HADJAR, Complexe Sidérurgique d'El Hadjar [13]

C'est un complexe sidérurgique intégré, filiale du groupe IMETAL, placé sous la tutelle du ministère de l'Industrie et des Mines. Il se situe à 12 km d'Annaba. SIDER EL HADJAR dispose de ses propres installations maritimes reliées au réseau ferroviaire pour le transport des matières premières et les expéditions des produits finis. Il a pour missions la fabrication et la commercialisation des produits sidérurgiques finis et semi-finis pour le marché national et international. Voici quelques produits qui nous intéressent :

- Les tôles fortes utilisées pour la construction métallique, chantiers navals, tubes et bouteilles à gaz.

- Les tôles fines utilisées dans l'électroménager, le mobilier métallique et l'industrie de transformation.

- Les tôles galvanisées utilisées dans les bâtiments, pour l'agronomie industriel et l'élevage.

b. STM Steel [14]

Elle est spécialisée à la vente et la transformation des produits ferreux et non-ferreux.

Parmi les produits de cette société :

- Barres en acier noir & galvanisé,
- Tubes creux en acier noir & galvanisé,
- Tôle en acier noir & galvanisé,
- Poutrelles en acier.

Pour les jantes fabriquées en alliage d'aluminium, on a quelques importateurs algériens des barres d'aluminium comme :

a. PIM Algérie (Produit Industriel Métallurgique Algérie) :

Produit Industriel Métallurgique Algérie (PIMA) est une société algérienne d'importation et de distribution des produits ferreux et non ferreux. Parmi ses produits commercialisés, l'acier et l'aluminium utilisés dans les industries de construction et fabrication mécanique et le transport. Son stock compte de la matière première présente une variété de formes : rondes, carrées ; hexagonales, plates, tôles, tubes et plaques. PIMA fournit la matière au client avec certificat de conformité et analyse chimique selon les normes [15].

I.5 Fabricants de jantes

I.5.1 Leader mondiaux des jantes

- 1) **BBS** est un fabricant allemand des jantes en alliage d'aluminium haut de gamme pour les applications de haute performance. Les jantes BBS sont connues pour leur qualité, leur performance et leur design innovant.

BBS utilise une gamme d'alliages d'aluminium pour produire ses jantes, en fonction de la résistance, du poids et des caractéristiques de performance souhaitées pour chaque application. L'utilisation d'alliages à haute résistance, tels que A356-T6, 6063-T6, 6061-T6 et 7075-T6, dans les jantes de course et de haute performance de BBS permet une réduction du poids et une performance améliorée.

- 2) **OZ RACING** est un fabricant italien de jantes en alliage léger stylées pour les véhicules de course et les véhicules de sport. Les jantes OZ sont connues pour leur poids léger, leur style élégant et leur performance supérieure.
- 3) **ENKEI** est un fabricant japonais de jantes en alliage d'aluminium de haute qualité pour les applications de haute performance et les véhicules de compétition. Les jantes de l'équipementier automobile Enkei sont connues pour leur qualité, leur performance et leur design innovant.
- 4) **KONIG** est un fabricant de jantes en alliage léger basé aux États-Unis. Il est connu pour ses designs de jantes de performance stylés pour les véhicules de sport et de performance. Les jantes Konig sont populaires en raison de leur design innovant, de leur qualité de construction élevée et de leur performance supérieure. Les produits Konig sont également proposés à des prix abordables pour les consommateurs qui cherchent à améliorer l'apparence et les performances de leur véhicule.
- 5) **SSR** est un fabricant japonais de jantes en alliage léger et de designs élégants pour les véhicules de performance et de style. Les jantes SSR sont connues pour leur poids léger, leur style élégant et leur performance supérieure.
- 6) **BORBET** est un fabricant allemand de jantes en alliage d'aluminium de qualité supérieure pour l'industrie automobile et du commerce spécialisé. Les jantes BORBET sont connues pour leur qualité, leur performance et leur design innovant et le respect de l'environnement. BORBET emploie une gamme d'alliages d'aluminium pour fabriquer ses roues, en fonction de la résistance, du poids et des qualités de performance requises pour chaque application. Les alliages à haute résistance utilisés dans les roues de course et de haute performance de BORBET, telles que A356.2, 6061-T6, 7021-T6 et 6063-T6, permettent des roues plus légères avec de meilleures performances.
- 7) **RONAL WHEELS** : Ronal Wheels est un fabricant de jantes en alliage léger basé en Allemagne et reconnu pour la qualité de ses produits. La société propose une large

gamme de jantes pour les véhicules de tourisme et de haute performance, avec un design élégant et de haute performance. Ronal Wheels est considérée comme une entreprise de renommée dans l'industrie des jantes en raison de sa qualité de construction supérieure, de son innovation constante et de sa réputation pour les produits fiables et performant [16], [17].

I.5.2 Fabricants chinois des jantes

- 1) **CITIC DICASTAL** est une entreprise multinationale spécialisée dans la fabrication de jantes en alliage d'aluminium pour l'industrie automobile. L'entreprise est basée en Chine et est l'un des plus grands fabricants de jantes de roue au monde, fournissant des produits aux plus grandes marques automobiles mondiales. CITIC Dicastal a un fort accent sur l'innovation et est reconnue pour ses processus de production avancés et ses produits de haute qualité. L'entreprise a une présence mondiale avec des installations de production en Chine, en Amérique du Nord et en Europe, et s'engage à pratiquer des activités durables dans toutes ses opérations.
- 2) **LIZHONG WHEEL GROUP** : Créé en 1995, le groupe Lizhong Wheel était à l'origine détenu par Hebei Lizhong Non-ferrous Metal Group. Il a aujourd'hui une capacité annuelle de production de jantes en alliage d'aluminium de 15 millions. La roue Lizhong est un mariage de la technologie et de l'art. Le groupe a établi des partenariats avec des clients de renom tels que BMW, Chrysler, GM, Hyundai, Mazda, Nissan, Suzuki, Fiat, Renault, Great Wall, Geely, SAIC, entre autres. Il poursuit son engagement à améliorer l'industrie des jantes en alliage d'aluminium et l'industrie automobile légère en Chine.
- 3) **DONGFENG MOTOR WHEEL** est une filiale de Dongfeng Motor Corporation, l'un des plus grands fabricants automobiles en Chine. L'entreprise se spécialise dans la production de jantes en alliage d'aluminium pour divers types de véhicules, y compris les voitures, les camions et les autobus. Dongfeng Motor Wheel jouit d'une réputation de produits de haute qualité et de technologie innovante et a établi des partenariats avec les principales entreprises automobiles à la fois en Chine et dans le monde entier. Avec des installations de production avancées et un engagement en faveur d'une amélioration continue, Dongfeng Motor Wheel est bien positionné pour jouer un rôle significatif dans

la croissance et le développement du marché mondial des jantes en alliage d'aluminium [16].

I.5.3 Fabricants indiens des jantes

- 1) **NEO WHEELS** est un fabricant de jantes en alliage d'aluminium de haute qualité pour les véhicules automobiles. Avec une expertise en matière de production, la société propose une large gamme de produits pour répondre aux besoins des clients dans divers segments du marché. Neo Wheels est reconnu pour sa technologie innovante et son engagement en faveur de la qualité, ce qui lui a permis de se développer en tant que leader sur le marché mondial des jantes en alliage d'aluminium [18].
- 2) **CARRIER WHEELS** : Carrier Wheels Private Limited est l'un des principaux fabricants de roues en acier pour l'automobile, l'agriculture, la construction, le terrassement, la foresterie, la flottation et l'équipement tout-terrain. Suivre le rythme des nouvelles technologies, Carrier Wheels Pvt. Ltd. fabrique des roues pour une variété de véhicules, servant de fournisseur de roues de niveau 1 aux fabricants d'équipement d'origine (OEM) en INDE et sur les marchés mondiaux.

I.5.4 Fabricants turcs

- 1) **CMS WHEELS** : CMS est un fabricant de jantes pour automobiles. C'est le plus grand fabricant de jantes en Turquie avec une capacité de production de 9 millions de jantes. L'entreprise a mené des recherches intensives sur des solutions permettant d'atteindre un équilibre parfait entre le poids effectif et l'aérodynamisme pour les véhicules hybrides et électriques.

CMS utilise une gamme d'alliages d'aluminium pour produire ses jantes, en fonction des caractéristiques de résistance, de poids et de performance souhaitées pour chaque application. L'utilisation d'alliages à haute résistance, tels que le 6061-T6 et le 7075-T6, dans les roues de course et de haute performance permet de réduire le poids et d'améliorer les performances. En outre, l'utilisation de l'alliage A356-T6 dans les roues standard et légères permet d'obtenir de bonnes propriétés de moulage et une excellente résistance à la corrosion [19].

- 2) **JAMAC Machinery Industry and Trade Inc.**: L'un des principaux fabricants mondiaux de roues industrielles de type lourd, a été créée sous le nom de marque

JAMAK en 1978. Après avoir produit différents types de roues de camions et tout-terrain avec une gamme de roues industrielles, la société a atteint 90% d'exportation taux et lance de nouveaux produits en fonction des besoins du marché en permanence [20].

- 3) **JANTSA** est un fournisseur automobile parmi les 30 principaux de Turquie, spécialisé dans la fabrication de roues en acier pour les machines commerciales, industrielles et agricoles. C'est une entreprise mondiale avec 1500 employés et une capacité de production annuelle de 2,7 millions de roues. 80% des produits sont exportés vers des clients OEM (Original Equipment Manufacturer) et Aftermarket réputés dans plus de 85 pays. L'entreprise produit des roues de 300 tailles en 8 000 modèles différents, ce qui en fait le seul fabricant capable de fournir une gamme étendue de produits dans tous les segments. La qualité du produit est garantie par plus de 40 ans d'expérience et d'expertise, ainsi que par des investissements dans les centres de test et les systèmes de gestion de la qualité [6], [21].

I.5.5 Fabricants italiens

- 1) **OZ RACING** est l'un des fabricants de jantes les plus connus et respectés au monde. La société a été fondée en 1971 et est basée à Rossano Veneto, en Italie. OZ Racing produit une grande variété de jantes pour différents types de voitures, y comprises les voitures de sport, les super cars et les SUV (Sport Utility Vehicles). Les roues de la société sont connues pour leur haute qualité, leurs performances et leur design élégant.
- 2) **MAK WHEELS** est un autre fabricant de jantes italien populaire. La société a été fondée en 1991 et est basée à Calenzano, en Italie. MAK Wheels produit une grande variété de jantes pour différents types de voitures, y comprises les voitures de sport, les berlines et les SUV. Les roues de la société sont connues pour leur haute qualité, leurs performances et leur prix abordable. La durabilité environnementale est l'un des défis de l'entreprise.
- 3) **FONDMETAL** est un troisième fabricant italien populaire de jantes. La société a été fondée en 1970 et est basée à Turin, en Italie. Fondmetal produit une grande variété de jantes pour différents types de voitures, y compris les voitures de sport, les berlines et les SUV. Les roues de la société sont connues pour leur haute qualité, leurs performances et leur design élégant [22]. La haute qualité de ses jantes (homologations

TÜV, ECE, NAD), certification IATF 16949, UNI EN ISO 14001 et UNI EN ISO 9001, mentalité technologique acquis sur les terrains de course du monde entier, production à la pointe de la technologie, flexibilité des usines, fiabilité, rapidité ont fait de Fondmetal un leader mondial dans le domaine des jantes en alliage léger.

I.6 Conclusion

Les jantes sont des éléments importants des roues des véhicules. Elles sont disponibles dans une variété de matériaux et de dimensions pour répondre aux besoins des différents types de véhicules et terrains. Les principaux pays exportateurs d'aluminium et d'alliages d'aluminium sont la Chine, la Russie, le Canada, l'Inde et les Émirats arabes unis. Les importateurs algériens les plus importants sont PIM Algérie et STM Steel. Enfin, il existe de nombreux fabricants de jantes dans le monde, allant des grandes multinationales aux petites entreprises locales.

SARL Khrabcha de Sétif est la seule société de fabrication de jantes métalliques en Algérie. Cependant, il n'existe pas encore de fabricants de jantes en alliage dans notre pays c'est pourquoi on a proposé ce thème afin de créer une Startup qui développe des designs et fabrique des jantes en alliages.

I.7 Références bibliographiques

- [1] « What's the Difference Between Aluminum and Steel Wheels? - Les Schwab » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lesschwab.com/article/whats-the-difference-between-aluminum-and-steel-wheels.html> (consulté le 17 avril 2023).
- [2] « Aluminum Alloy Wheels -Discounted Wheel Warehouse » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.discountedwheelwarehouse.com/aluminum-alloy-wheels-or-aluminum-alloy-rims> (consulté le 27 mai 2023).
- [3] S. K. Nakka, K. N. Babu, N. Ganesh, K. R. Teja, et V. S. C. Murthy, « Structural Analysis of Car alloy wheel using Aluminum and magnesium Alloys », IJDCST, vol. 4, p. I-2, SW-09, 2016.
- [4] « Wheel Basics », ReadyWheels [En ligne]. Disponible sur : <https://www.readywheels.com/wheel-basics> (consulté le 26 juin 2023).

- [5] « La Technologie des Jantes | Dimensions et Détails | Oz Racing - OZ Racing », *O.Z Italian Company* [En ligne]. Disponible sur : <https://www.ozracing.com/fr/decouvrez-oz/technologie/jante> (consulté le 22 mai 2023).
- [6] « Rim & Tire Size Calculator. Custom Offsets », *Wheel-Size.com* [En ligne]. Disponible sur : <https://www.wheel-size.com/calc/> (consulté le 22 mai 2023).
- [7] Oponeo, « Les marquages sur les jantes - comment les lire ? » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.oponeo.fr/blog/comment-lire-les-marquages-sur-les-jantes-la-dimension-de-jantes-le-profil-de-la-bride-et-de-la-coupe-de-la-jante> (consulté le 22 mai 2023).
- [8] « Jante voiture : modèles et prix - Ooreka », *Ooreka VEHICULE* [En ligne]. Disponible sur : <https://jante.ooreka.fr/comprendre/jante-voiture> (consulté le 22 mai 2023).
- [9] « Made in Italy light weight Alloy Wheels - OZ Racing » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.ozracing.com/> (consulté le 26 mai 2023).
- [10] B. Saïd, « Étude de la coulée d'un alliage d'aluminium. », Thèse de doctorat, 2020 [En ligne]. Disponible sur : <http://archives.univ-biskra.dz:80/handle/123456789/24657> (Consulté le 26 mai 2023).
- [11] « Mineral commodity summaries 2023 », U.S. Geological Survey, Reston, VA, USGS Numbered Series 2023, 2023. [doi: 10.3133/mcs2023](https://doi.org/10.3133/mcs2023).
- [12] « Principaux pays du monde producteurs d'aluminium 2013-2022 », Statista [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.statista.com/statistiques/565203/principaux-pays-producteurs-d-aluminium-dans-le-monde/> (consulté le 26 mai 2023).
- [13] Bengacemi Ilyes El Houari, « Laminage à chaud », Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2018 [En ligne]. Disponible sur : https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2018/10/Bengacemi-Ilyes-El-Houari.pdf?fbclid=IwAR1edk5IKoNbQ7JEU83LuhbPalSKR-UVGFZLd_84h6k3msinrKYvle9BZHw (consulté le 04 juillet 2023).
- [14] « STM STEEL – Vente & transformation des produits ferreux et non ferreux » [En ligne]. Disponible sur : <http://stm-steel.dz/> (consulté le 30 mai 2023).
- [15] « PIM ALGERIE » [En ligne]. Disponible sur : <https://pimalgerie.com/cms/> (consulté le 28 mai 2023).
- [16] R. Panchal, « Top 42+ Best Rim Brands in the World » [En ligne]. Disponible sur : <https://benextbrand.com/top-42-best-rim-brands-in-the-world/> (consulté le 28 mai 2023).

- [17] Tito, « Top 10 Best Rim Brands 2023 », Rx Mechanic [En ligne]. Disponible sur : <https://rxmechanic.com/rim-brands/> (consulté le 28 mai 2023).
- [18] gd-admin, « 2023 Top Alloy Wheels Manufacturers in India » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.rayonewheels.com/news/2023-top-alloy-wheels-manufacturers-in-india/> (consulté le 28 mai 2023).
- [19] T. D. İ. Ç. L. Şti, « CMS Wheels », CMS Wheels [En ligne]. Disponible sur : <https://www.cms.com.tr/en> (consulté le 28 mai 2023).
- [20] « JMS – JAMAK Wheel Trade Inc. » [En ligne]. Disponible sur : <http://www.jamak.com.tr/> (consulté le 28 mai 2023).
- [21] « Ana Sayfa », JANTSA [En ligne]. Disponible sur : <https://jantsa.com/> (consulté le 28 mai 2023).
- [22] « Italy Manufacturer producer wheel rims - Europages » [En ligne]. Disponible sur : <https://www.europages.co.uk/companies/italy/manufacturer%20producer/wheel%20rims.html> (consulté le 28 mai 2023).

Chapitre II

Procédés de fabrication des jantes

II.1 Introduction

Les jantes en acier, qui constituent l'alternative la plus simple et la moins chère aux jantes en alliage pour la locomotion des véhicules, doivent passer par un certain nombre de processus de fabrication pour être produites. Même une simple plaque d'acier doit subir ces processus pour que les jantes en acier puissent être produites.

Le fabricant doit disposer d'un certain nombre d'instruments pour garantir la sécurité et la haute qualité des jantes avant qu'elles ne soient expédiées au consommateur afin d'assurer la sécurité des différentes voitures du secteur automobile [1].

II.2 Procédés de fabrication des jantes en métal

II.2.1 Découpage de la tôle en acier

La guillotine, un type d'instrument utilisé pour couper les plaques de métal, notamment l'aluminium, l'acier, le laiton, le bronze et le cuivre, est utilisée tout au long du processus de production pour couper les plaques d'acier. Malgré son nom peu flatteur, la guillotine est également un outil couramment utilisé pour couper ou façonner les feuilles en plastique. Elle se caractérise par des bords relativement carrés, contrairement aux lames ou aux outils de coupe conventionnels [1].



Figure II.1 : Découpage de la tôle en acier [1].

II.2.2 Processus de laminage – conformation de la jante

La transformation d'un corps métallique en un autre corps distinct est appelée conformation du métal.

Il existe deux catégories de procédés de formage : les opérations mécaniques où les ajustements de style résultent de l'application de tensions externes, et les méthodes métallurgiques où les modifications de forme résultent de l'exposition à des températures élevées.

Les procédés mécaniques comprennent aussi bien les méthodes d'usinage par déformation, pour lesquelles les contraintes appliquées sont invariablement supérieures à la limite susmentionnée, que les procédés de déformation plastique pour lesquels les contraintes appliquées sont souvent inférieures à la limite de résistance à la traction. Par conséquent, la forme finale est obtenue par élimination du contenu. Ces procédés sont également appelés "Procédés de mise en forme - Mécanique" par nature [1].

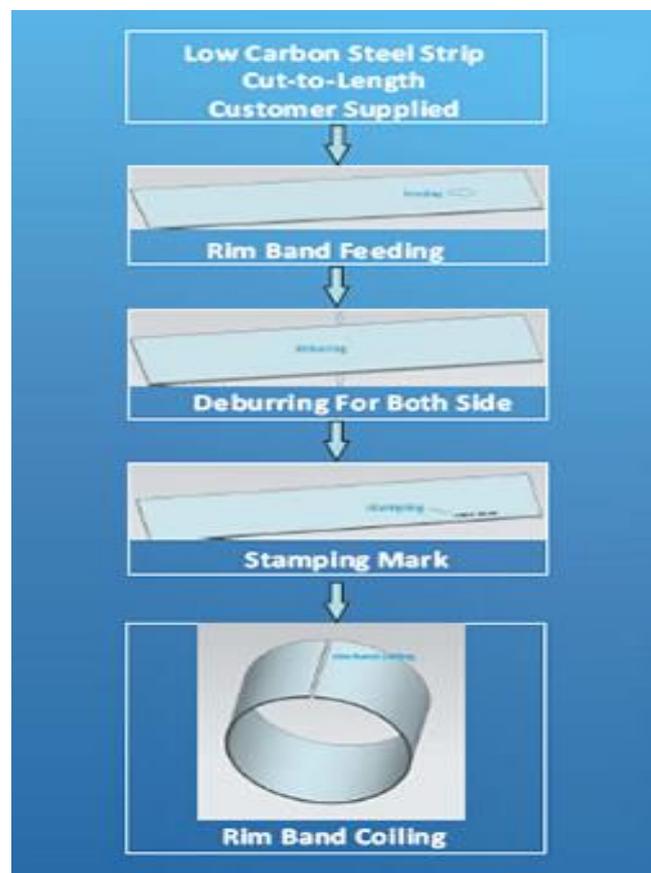


Figure II.2 : Conception d'une plaque d'acier conformée à la forme d'une jante [2].

II.2.3 Soudage par étincelage

Après avoir été conformées, les deux moitiés de la plaque d'acier sont assemblées au moyen d'une procédure appelée soudage bout à bout par étincelage. Peu après, elle est soumise à des étapes visant à éliminer le laitier laissé par la soudure, à raboter le cordon de soudure, à le refroidir et à l'arrondir à nouveau [1].



Figure II.3 : Conception de tôles d'acier soudées et conformées [2].

II.2.4 Tronçonnage, rabotage et coupe en bout

Après l'opération de soudage, le joint de soudure créera des scories de soudage sur les surfaces intérieures et extérieures. Le laitier peut être enlevé et la surface du joint de soudure peut être rendue plate et lisse à l'aide d'une unité de machine spécifique composée d'une rogneuse, d'une raboteuse et d'une machine à couper les extrémités [2].

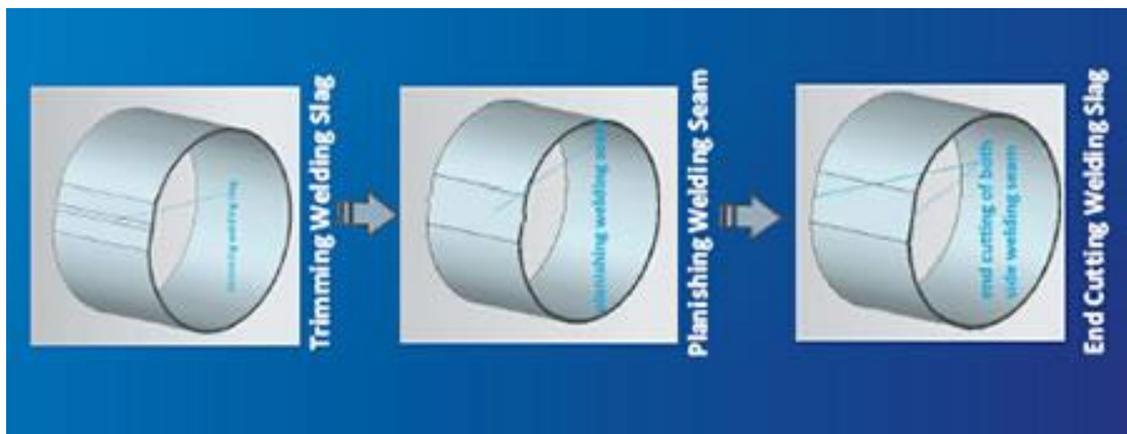


Figure II.4 : Tronçonnage et rabotage de la tôle [2].

II.2.5 Evasement

Pour faciliter les procédures ultérieures de profilage, les deux bords de la jante seront évasés à l'aide d'une machine à évaser horizontale après les procédures de traitement des joints de soudure, de refroidissement et de ré-arrondissement [2].



Figure II.5 : Premier évasement [2].

II.2.6 Processus de laminage - Formage de rouleaux et bordures

Les laminages sont des procédés qui donnent à la jante une variété de formes régulières. Ils se décomposent en trois étapes, chacune d'entre elles étant chargée d'une étape particulière du profilage. Après l'étape de profilage, la jante passe à l'étape de perforation de l'orifice de la valve et elle est alors préparée à recevoir le disque [1].

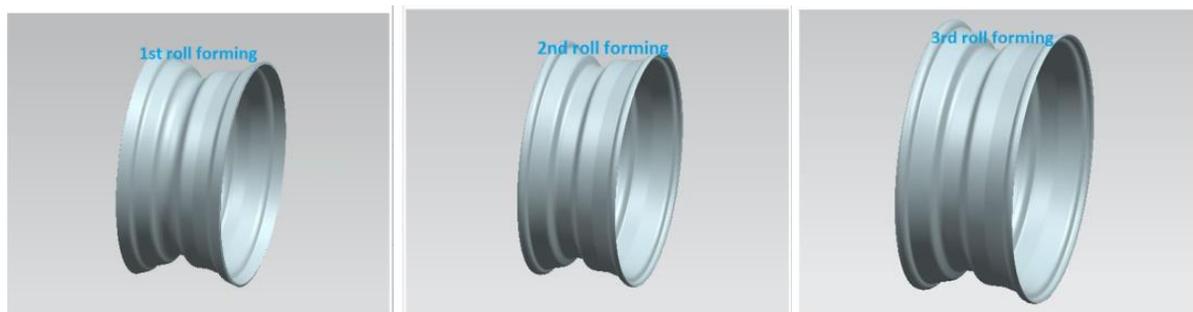


Figure II.6 : Trois formes de rouleaux de la jante [1].

Après le profilage des jantes, la procédure d'expansion est effectuée sur une machine d'expansion horizontale. Les jantes produites peuvent être expansées et dimensionnées avec précision à l'aide d'outils spécialisés afin de satisfaire aux spécifications de conception en matière de diamètre [2].



Figure II.7 : Formage final par laminage [2].

II.2.7 Test d'étanchéité au gaz, poinçonnage du trou de la valve

Afin de garantir la qualité du soudage et de minimiser les pertes d'air, des tests de détection de l'étanchéité au gaz sont effectués. Le processus de poinçonnage du trou de la valve qui vient après le profilage est crucial pour la production de jantes en acier. Il permet de poinçonner le trou approprié de la valve sur la partie fonctionnelle de la jante à l'aide d'un moule adapté. Pour le pressage à plat et le poinçonnage des trous sur les jantes de pneus sans chambre à air, une presse à poinçonner les trous des valves est utilisée [2].



Figure II.8 : Poinçonnage du trou de la valve [2].

II.2.8 Processus de production de disques

a) Application de l'huile lubrifiante pour emboutissage

Pour maintenir les surfaces de l'outil (poinçon et matrice) à l'écart du matériau à conformer, le lubrifiant est un fluide ayant une faible résistance au cisaillement. Cela permet de réduire la friction. Comme dans diverses applications d'incrustation et d'étirement, la performance des lubrifiants dans l'emboutissage de pièces peut affecter de manière significative la procédure. Les lubrifiants créent une surface facilement cisailée ce qui réduit le frottement. Une barrière lubrifiante est un revêtement qui sépare entièrement la surface de la tôle de la surface de la matrice [1].

Pour éviter l'agressivité des matériaux, une huile lubrifiante est appliquée sur les tôles d'acier dans la chaîne de fabrication des disques avant l'emboutissage. La plaque d'acier est ensuite soumise à une procédure de pré-emboutissage avant de subir l'emboutissage final et obtenir la forme du disque [1].

b) Estampage

Lors de la fabrication du disque, le format de ce dernier est déterminé par la pression appliquée à la tôle d'acier lorsqu'elle est placée sur la matrice d'emboutissage [1].

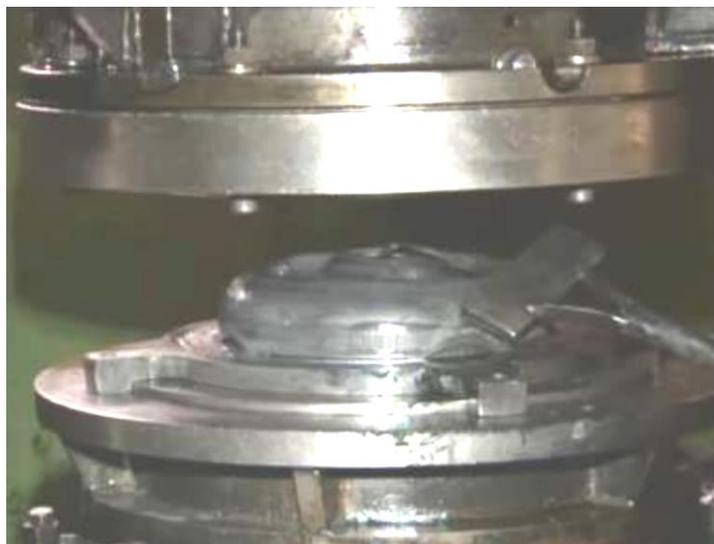


Figure II.9 : Disque estampé [1].

c) Processus d'usinage – Perçage

Le perçage permet de créer les trous du disque qui sont couramment en nombre de 3 à 5. Une fois le perçage terminé, le disque est prêt à être connecté à la jante [1].



Figure II.10 : Perçage des disques [1].

II.2.9 Terminaison de la jante en acier

Le processus de finition d'une jante en acier consiste à relier le disque au rouleau, à le peindre et à effectuer d'autres finitions avant de l'emballer et de l'expédier au client. Ce processus intervient après la finition du rouleau et du disque.

d) Pressage du disque dans la jante

Le rouleau et le disque forment une jante en acier. Pour supporter le poids du véhicule et transmettre la puissance, la jante et le pneu forment un ensemble étanche. Le disque de la jante distribue la puissance du moteur par l'intermédiaire du moyeu auquel elle est fixée. Les grandes jantes et les disques des véhicules agricoles sont souvent boulonnés, alors que les jantes et les disques des voitures particulières et des camions sont généralement assemblés par soudage [2].



Figure II.11 : Presse d'assemblage [2].

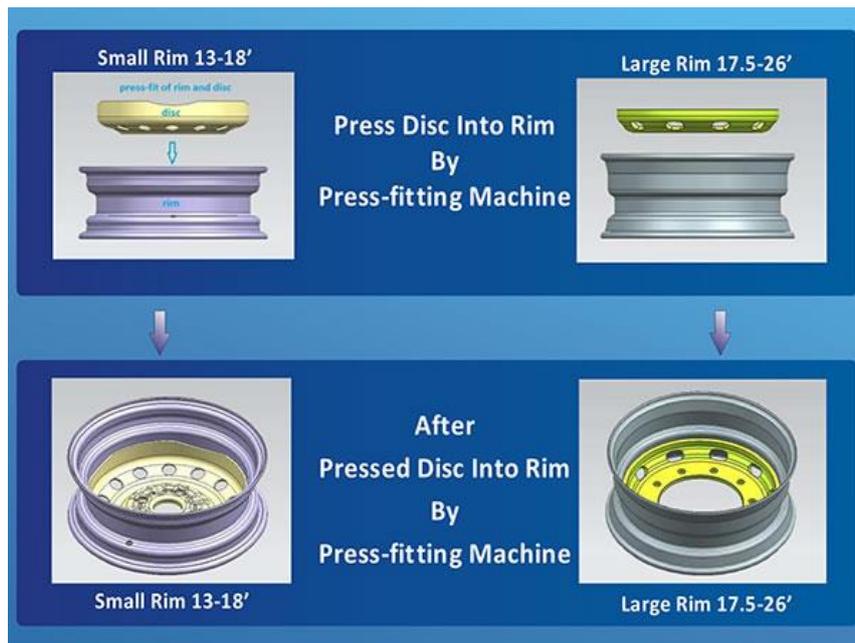


Figure II.12 : Pressage du disque sur la jante [2].

e) Soudage Mig-Mag du disque à la jante

Sur la plupart des petites et moyennes jantes, la soudure Mig-Mag est utilisée pour s'assurer que le disque est complètement fixé à la jante. Cependant, la soudure Mig-Mag est remplacée par le boulonnage sur les grandes jantes dont le diamètre est supérieur à 26 pouces. Après la soudure Mig-Mag, la jante est dégraissée pour la débarrasser de toute salure avant d'être envoyée à l'atelier de peinture [1].



Figure II.13 : Soudage Mig-Mag du disque à la jante [1].

f) Processus de phosphatation

La jante est déjà prête après refroidissement de la soudure et son dégraissage. Il ne reste que sa peinture lors de la phosphatation.



Figure II.14 : Processus de phosphatation [1].

Après avoir reçu la poudre de phosphate, la jante doit rester dans un brûleur jusqu'à ce qu'elle soit peinte. Une fois la peinture terminée, la jante sera emballée et expédiée aux clients [1].

II.3 Procédés de fabrication des jantes en alliage

II.3.1 Moulage ou forgeage

a) Moulage

Le moulage est le processus qui consiste à couler du métal en fusion dans un moule pour créer un objet solide. Dans le cas des jantes en alliage, il s'agit de verser de l'aluminium ou du magnésium en fusion dans un moule conçu pour créer la forme et la taille souhaitées de la jante. Une fois le métal refroidi et solidifié, la jante sera démoulée et subira d'autres traitements.



Figure II.15 : Processus de fusion [3].



Figure II.16 : Remplissage du creuset par le laitier de coulée [4].



Figure II.17 : Opération de coulée d'alliages de jantes [4].

Le moulage sous pression (LPDC) est une méthode fréquemment utilisée pour mouler des jantes de voiture en alliage d'aluminium. Un moule permanent en acier, constituée généralement de quatre parties principales : deux matrices latérales, une matrice supérieure et une matrice inférieure, est souvent utilisé pour créer l'empreinte/la cavité formant la jante. Comme le montre la Figure II.18, la structure de la filière est placée au-dessus d'un four scellé qui contient la matière en fusion. En augmentant la pression de l'air au-dessus du métal liquide dans le four de maintien, le métal est forcé de remonter le tube de transfert et de pénétrer dans la cavité de la filière pour la remplir. Une fois remplie, la solidification du métal de la jante est assurée par refroidissement à air ou à eau. Plusieurs canaux dans le système permettent au fluide de refroidissement de circuler dans un ordre prédéfini [5].

Les avantages des jantes moulées peuvent être présentés comme suit [4] :

- Large choix d'alliages,
- Moins coûteux grâce à un processus d'outillage moins onéreux,
- Pas de limites dans le poids de la jante à mouler,
- Il est facile de produire des pièces compliquées.

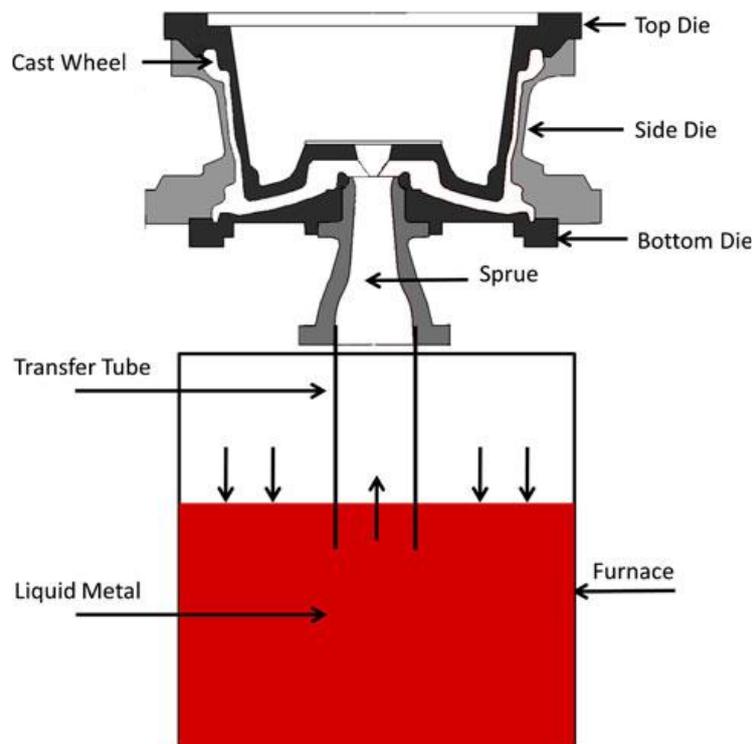


Figure II.18 : Schéma du processus LPDC [5].

b) Forgeage

Une pièce en métal solide appelée billette est utilisée pour créer des jantes forgées. Pour modifier la billette, elle est chauffée et soumise à une forte pression. Les roues forgées sont donc des roues en une seule pièce. Toutefois, la procédure de forgeage est un peu plus difficile. Dans ce cas, une ébauche d'alliage de forgeage spécifique est pressée de manière répétée à une température d'environ 500 °C et à une force de pression allant jusqu'à 2000 t pour obtenir une forme semblable à celle utilisée dans le moulage sous pression. C'est également à ce stade qu'on perce les trous. Le bol de la jante a été achevé à l'aide de la procédure de fraisage à rouleaux. Pour la qualité du processus de production et le recuit final de la solution, le contrôle de la température est essentiel. Un processus connu sous le nom de "brunissage" éliminant l'argent est ensuite appliqué, suivi d'un autre cycle de peinture par pulvérisation. Ce processus est assez similaire à celui utilisé pour fabriquer des jantes moulées sous pression. L'utilisation de parois plus minces permet d'augmenter la rigidité tout en réduisant le poids. En raison de l'affinement du grain provoqué par le cycle thermique et le processus de déformation, les jantes forgées sont plus résistantes que les jantes coulées. Le forgeage cohérent permet d'obtenir la même intégrité structurale avec moins de matériau. Toutefois, les jantes forgées sont plus chères que les jantes coulées si l'on tient compte du coût des machines nécessaires à leur fabrication [4].

II.3.2 Extrusion des jantes

Pour la production de jantes en alliage de magnésium, la technologie d'extrusion est couramment utilisée comme le montre la Figure II.19. À partir d'une billette creuse créée par refoulement et poinçonnage de l'alliage tel qu'il a été coulé, une boîte est extrudée vers l'arrière.

Une fois l'extrusion terminée, la lèvre avant est forgée à partir d'une canette extrudée. La dernière étape de l'expansion consiste à créer la lèvre arrière et le contour de la jante. Lors du forgeage de la lèvre avant, le métal peut s'écouler simultanément vers l'intérieur et vers l'extérieur ce qui peut entraîner la déformation de la billette avec une puissance de forgeage modérée et laisser suffisamment d'espace dans la cavité de la matrice. En outre, le degré de réduction de la section du disque de la jante est accru. La déformation importante permet d'obtenir une grande résistance dans la section du disque de la roue [6].

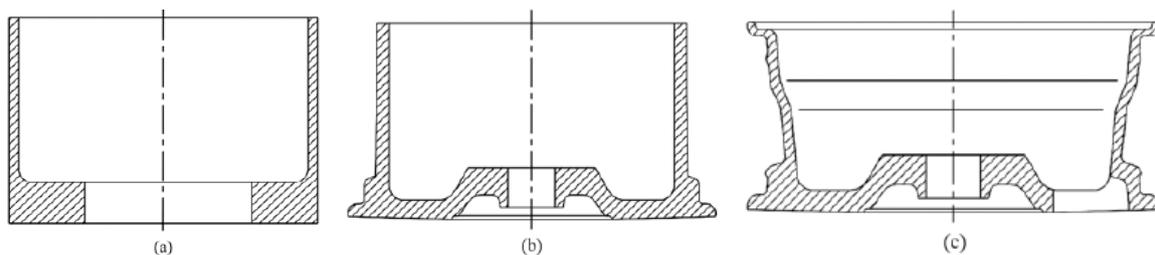


Figure II.19 : Schéma du processus d'extrusion [6].

Les avantages des roues forgées peuvent être présentés comme suit [4]:

- Meilleures performances et maniabilité grâce au processus de forgeage ;
- Le processus de fabrication exclut l'apparition de cavités, de porosités et de rétrécissements ;
- Les roues sont mécaniquement plus résistantes grâce à la structure serrée du grain. Elles offrent également une meilleure résistance à l'usure.

II.3.3 Usinage

L'usinage est le processus de mise en forme et de finition d'un matériau à l'aide de divers outils de coupe. Dans le cas des jantes en alliage, il s'agit d'enlever l'excédent de matière de moulage pour obtenir une surface lisse et des dimensions précises. Cette opération peut être réalisée à l'aide de machines à commande numérique telles que les tours ou les fraiseuses [4].

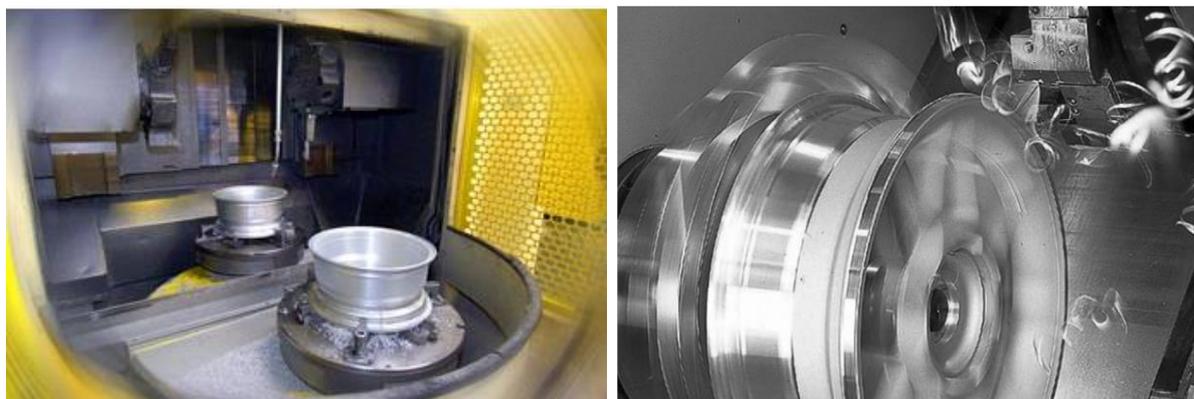


Figure II.20 : Opérations d'usinage des jantes en alliage [4].

II.3.4 Finition

Le processus de finition consiste à donner à la jante son aspect final. Il peut s'agir de :

- 1) **L'ébavurage** : Les arêtes vives ou les bavures sont éliminées de la jante, parfois à l'aide d'un diamantage.
- 2) **Grenaillage** : La surface de la jante est bien polie à l'aide d'une grailleuse afin de la préparer à la peinture.
- 3) **Peinture** : La roue est peinte et protégée pour améliorer son aspect et sa durabilité.
- 4) **Surfaçage** : Selon le design de la jante, il est parfois nécessaire après peinture de fraiser au machines CNC les facettes de la jante pour lui donner un aspect esthétique meilleur.



Figure II.21 : Ebavurage et finition de la jante [3].

II.3.5 Contrôle de qualité

Le processus de contrôle de la qualité des jantes comporte généralement une série d'étapes visant à garantir que les jantes répondent à certaines normes de sécurité, de performance et d'apparence. Il peut s'agir d'inspections visuelles pour vérifier l'absence de défauts ou de dommages, ainsi que de mesures plus détaillées des dimensions et des tolérances à l'aide de machines CMM (Coordinate Measuring Machine). En outre, divers tests peuvent être effectués pour évaluer la résistance et la durabilité des jantes dans différentes conditions comme les tests d'impact ou de fatigue. Tout problème ou défaut identifié lors de ces inspections ou de ces tests peut ensuite faire l'objet de mesures correctives, telles que le retraitement ou le remplacement des jantes concernées. Globalement, l'objectif du contrôle de la qualité dans la production de jantes est de garantir que chaque jante répond aux spécifications requises et fonctionne de manière fiable pendant toute la durée de vie prévue [4].



Figure II.22 : Contrôle de la qualité des jantes en alliage [3].

II.4 Conclusion

Les procédures de fabrication des jantes métalliques ont été décrites dans ce chapitre en mettant l'accent sur les jantes en métal et les jantes en alliage. La production de jantes en acier et la fabrication de jantes en alliage sont les deux principales divisions des processus de fabrication des jantes métalliques. Plusieurs procédés de fabrication des jantes en acier ont été abordés, notamment le découpage des tôles d'acier, le laminage pour la mise en forme de la jante, le soudage par étincelage, le tronçonnage, le rabotage, la coupe en bout, le laminage pour

la mise en forme des rouleaux et des bords, le contrôle des fuites de gaz, le poinçonnage des trous de valve, la production de disques, l'application du lubrifiant pour l'estampage, l'estampage, le perçage et l'achèvement des jantes en acier par enfoncement du disque dans la jante et soudage Mig-Mag de l'ensemble. Le moulage ou le forgeage sont deux principaux procédés de fabrication des jantes en alliage. Le forgeage implique le processus d'extrusion de la jante tandis que le moulage couvre le moulage sous pression (LPDC). La production de jantes en alliage a été abordée, ainsi que les techniques d'usinage et de finition. Le chapitre s'est conclu en soulignant l'importance du contrôle de la qualité pour garantir que le produit fini satisfait aux exigences requises.

Dans l'ensemble, il est essentiel de comprendre ces procédures de production afin de produire des jantes de haute qualité qui respectent les critères et les exigences nécessaires de sécurité.

II.5 Références bibliographiques

- [1] L. Romão Nogueira, C. Dias, F. Rebello, L. Lopes, P. Garuti, et P. Antunes, « Manufacturing processes applied to the steel wheels production », *J. Manag. Technol.*, vol. 4, 2016, doi : [10.24279/jmgmt.v4i2.612](https://doi.org/10.24279/jmgmt.v4i2.612).
- [2] « Steel Wheel Production Line Process | Xiaoya » [En ligne]. Disponible sur : <http://wheelmachinery.com/profile/wheel-manufacturing/199771/0/> (consulté le 28 mai 2023).
- [3] « How are alloy wheels made? », *Vehicle Dynamics International* [En ligne]. Disponible sur : <https://www.vehicledynamicsinternational.com/features/how-are-alloy-wheels-made.html> (consulté le 28 mai 2023).
- [4] M. Soori, « Manufacturing Processes of Car Alloy Wheels », 2022 [En ligne]. Disponible sur : <https://hal.science/hal-03740879> (consulté le 05 juillet 2023).
- [5] C. Reilly, J. Duan, L. Yao, D. M. Maijer, et S. L. Cockcroft, « Process Modeling of Low-Pressure Die Casting of Aluminum Alloy Automotive Wheels », *JOM*, vol. 65, n° 9, p. 1111-1121, sept. 2013, doi: <https://doi.org/10.1007/s11837-013-0677-1>.
- [6] Q. Wang, Z. Zhang, X. Zhang, et G. Li, « New extrusion process of Mg alloy automobile wheels », *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, vol. 20, p. s599-s603, juill. 2010, doi: [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(10\)60546-8](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(10)60546-8).

Chapitre III

Conception d'une jante en alliage sous SolidWorks

III.1 Introduction

Les jantes en alliage sont des éléments essentiels des véhicules modernes, car elles offrent à la fois un aspect esthétique et des performances améliorées par rapport aux jantes classiques en métal. Nous décrivons dans ce chapitre les étapes suivies pour concevoir une jante en alliage sous SolidWorks.

III.2 Conception d'une jante en alliage sous SolidWorks

III.2.1 Prélèvement des mesures du profil de coupe de la jante (H2)

Pour concevoir un nouveau modèle d'une jante, on a commencé par le profil de coupe standard de la jante (H2) tel qu'il est expliqué au chapitre 1 (Voir Figure I.2) ; cette partie de la jante est en général la même. Dans notre cas, on a prélevé les mesures du profil de coupe H2 d'une jante réelle (7J*16 H2 ET35) par le biais des instruments de mesure de bord qu'on en dispose au laboratoire de métrologie du Hall de technologie. On aurait pu utiliser ici la machine de métrologie tridimensionnelle ou le bras scanneur mais on n'en avait pas ces moyens.



Figure III.1 : Jante 7J*16 H2 ET35.

Le prélèvement des mesures du profil de coupe de la jante a été fait à l'aide d'un trusquin auquel on a remplacé la pointe à tracer par un crayon afin de ne pas rayer la surface de la jante. Pour cela, on a commencé par le réglage du zéro du trusquin en effleurant la surface de la paillasse (marbre) par la pointe du crayon. Ensuite, on a ajusté le trusquin à la valeur 220.5 mm qui correspond au rayon de la jante en traçant une ligne sur le profil de coupe de la jante pour faciliter la désignation des points.



Figure III.2 : Traçage d'une ligne sur le profil de la jante à l'aide du trusquin.

Puis, on a mesuré la distance de ces points le long de l'axe vertical (y) par rapport à l'extrémité du diamètre de la jante et le long de l'axe horizontal (z) par rapport à l'extrémité de la largeur de la jante. Les coordonnées des points sont récapitulées au Tableau III.1.

N° Point	Coordonnée verticale (X)	Coordonnée horizontale (Z)
1	0.35	6.5
2	14.1	12
3	18.3	12.68
4	21.3	29.5
5	18.6	36
6	20.6	43
7	24.8	81
8	28.3	92
9	31.3	102
10	32.3	108
11	33.3	114
12	37.3	157.5
13	33.8	162.8
14	21.3	167
15	18.3	170.5
16	19.2	172.2
17	19	176.5
18	18.3	187
19	18.25	188
20	16.35	191
21	3.4	192
22	0.9	195
23	0	203

Tableau III.1 : Coordonnées (X, Z) des points du profil de coupe de la jante.

III.2.2 Conception du profil H2 sous SolidWorks

Afin de reproduire le profil de coupe de la jante, on a utilisé les moyens de mesure de bord qu'on en dispose au Hall de technologie. Alors, on a pris une photo de la jante et après le réglage de la distorsion de cette dernière (Effet lentille) sous Photoshop, elle est importée sous SolidWorks. Ensuite, on a esquissé une Spline qui passe par le profil de coupe de la jante. La

spline est ajustée en utilisant les coordonnées de mesure des points du profil de coupe H2 récapitulées au Tableau III.1.

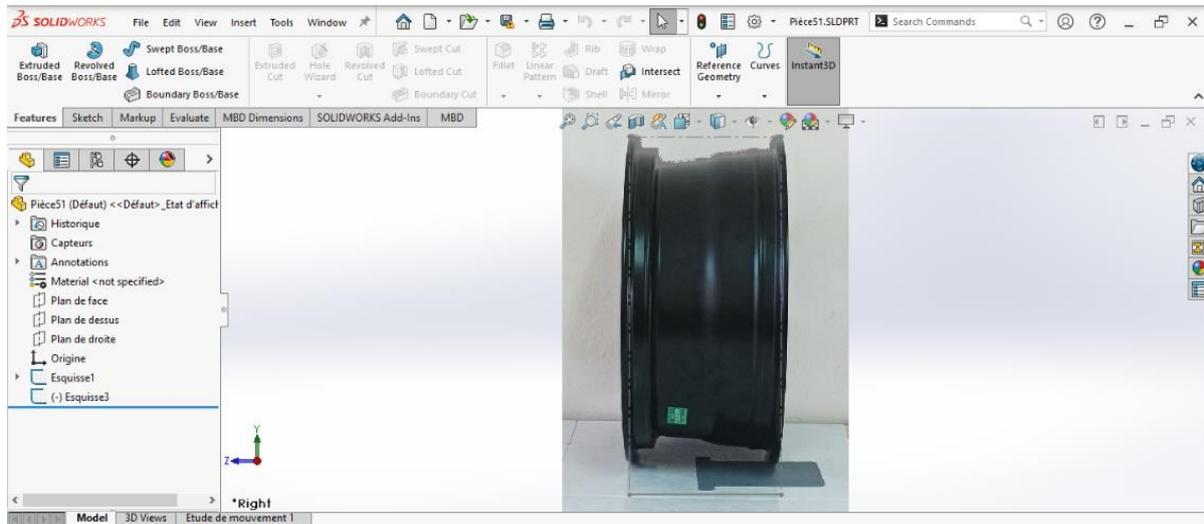


Figure III.3 : Import de la photo de la jante sous SolidWorks.

La spline du profil de coupe de la jante est ajustée par les points de mesure du Tableau III.1 prélevés précédemment tel qu'il est illustré à la Figure III.4.

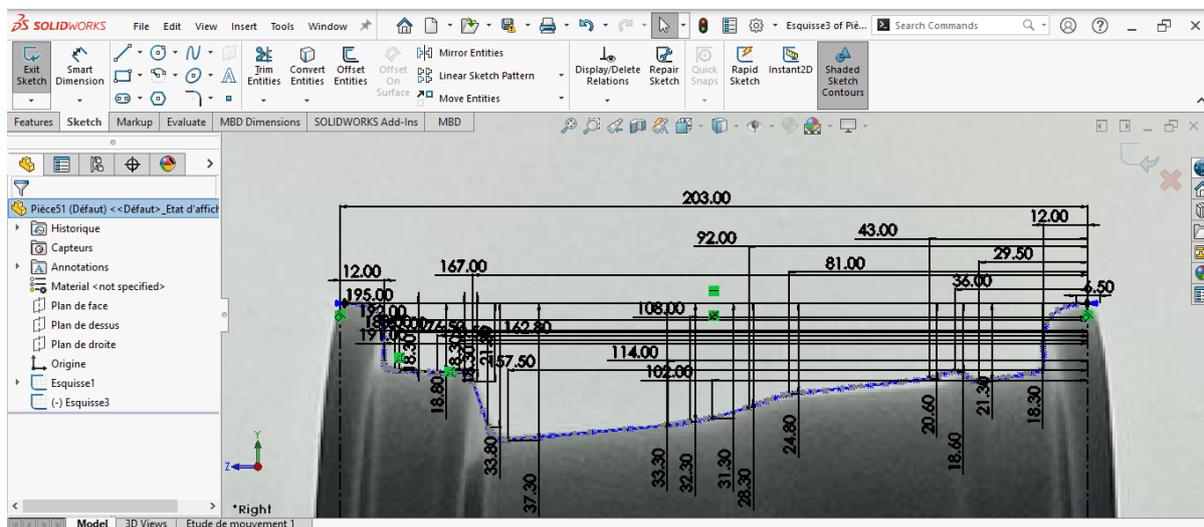


Figure III.4 : Ajustement de la Spline du profil de coupe de la jante par les coordonnées des points de mesure prélevées.

Ce qui nous a donné le profil extérieur de la jante illustré à la Figure III.5.

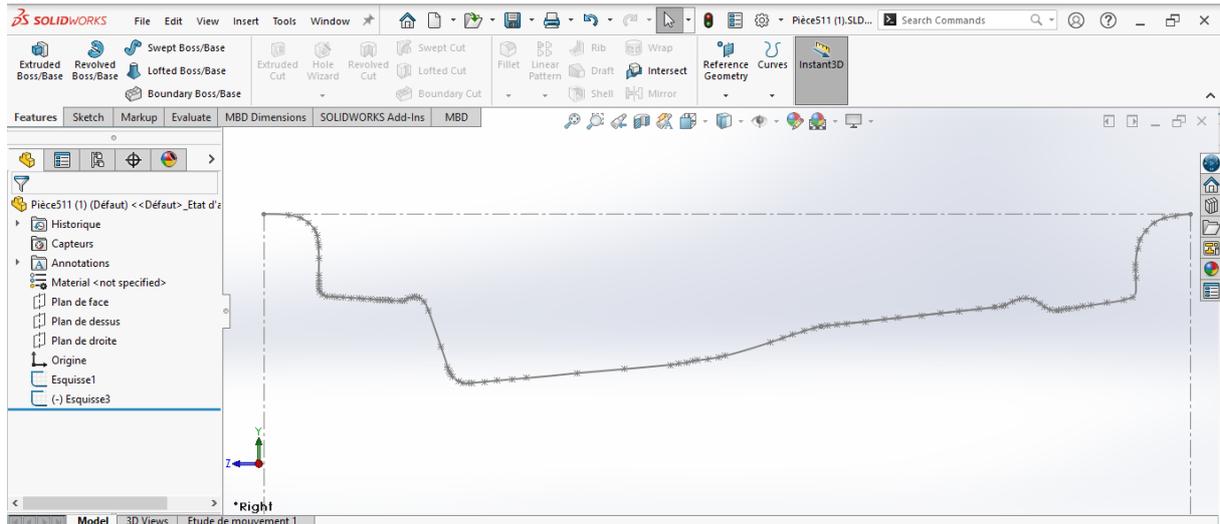


Figure III.5 : Profil extérieur de la jante.

A l'étape suivante, on a complété la partie inférieure du profil en utilisant les coordonnées de mesure qu'on a prélevées au laboratoire de construction mécanique de l'université de Jijel. Le profil n'est pas similaire au profil extérieur et en effet ce n'est pas un simple décalage vers l'intérieur de ce dernier. Pour bien révéler les annotations du profil intérieur de la jante, un zoomer le profil intérieur de la jante de la Figure III.6. Pour cela, voir les détails A et B de la Figure III.8.

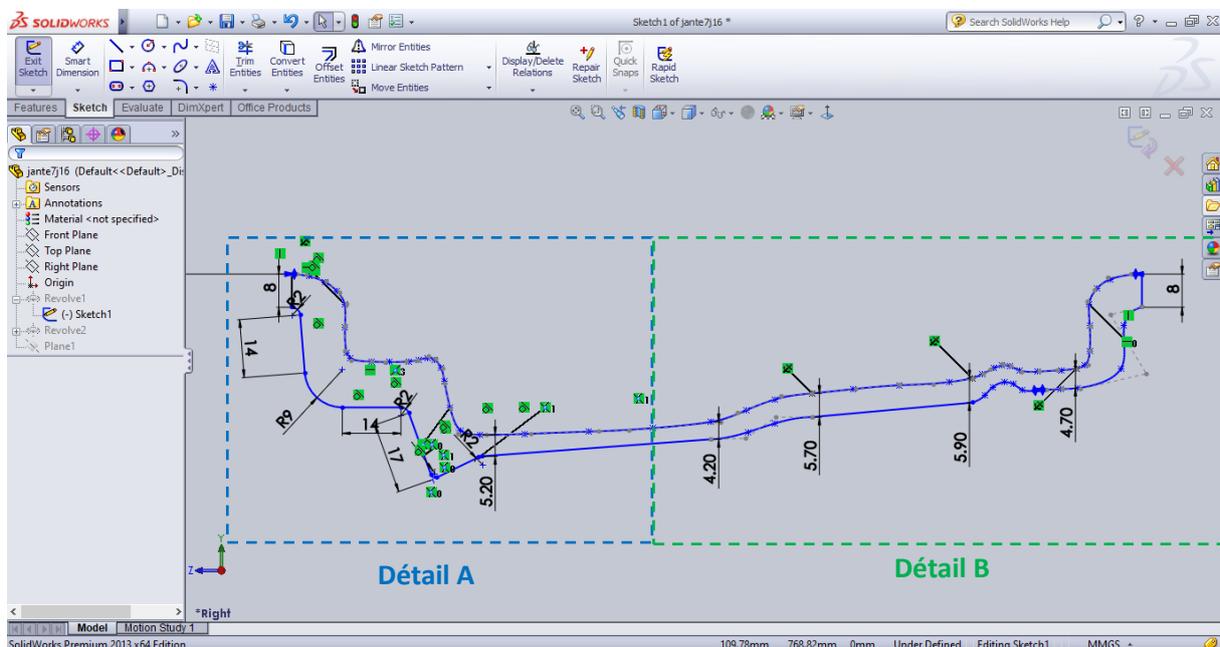


Figure III.6 : Profil de coupe de la jante.

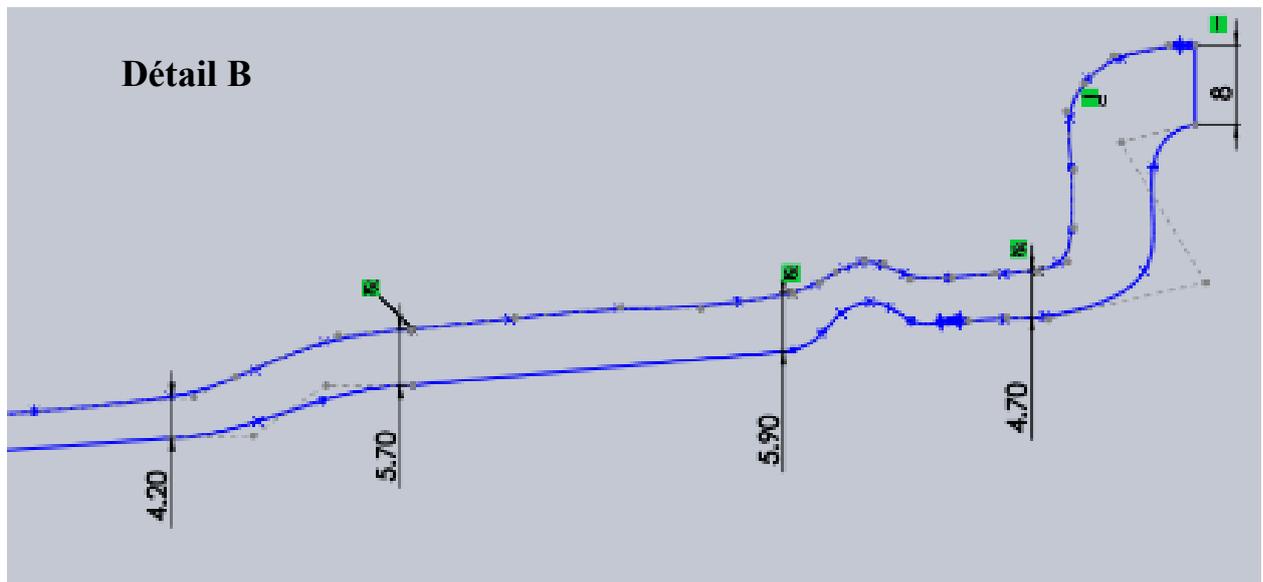
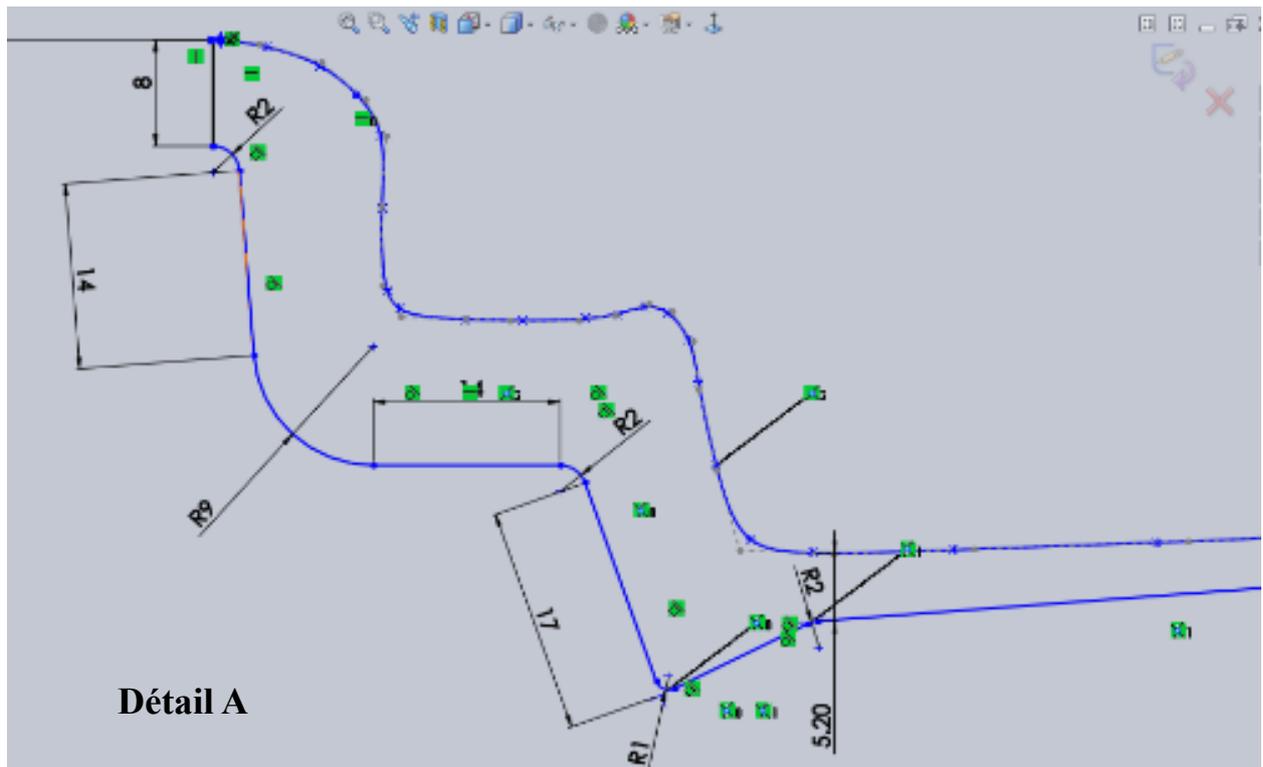


Figure III.7 : Détails des annotations du profil intérieur de la jante. Pour mieux zoomer le profil de coupe, on a mis détail A et détail B. Le détail B est donné exprès sans révélation en détail de toutes les annotations du profil intérieur.

Par révolution de l'esquisse fermée du profil de coupe de la jante de la Figure III.6, on a eu le modèle 3D de la Figure III.7.

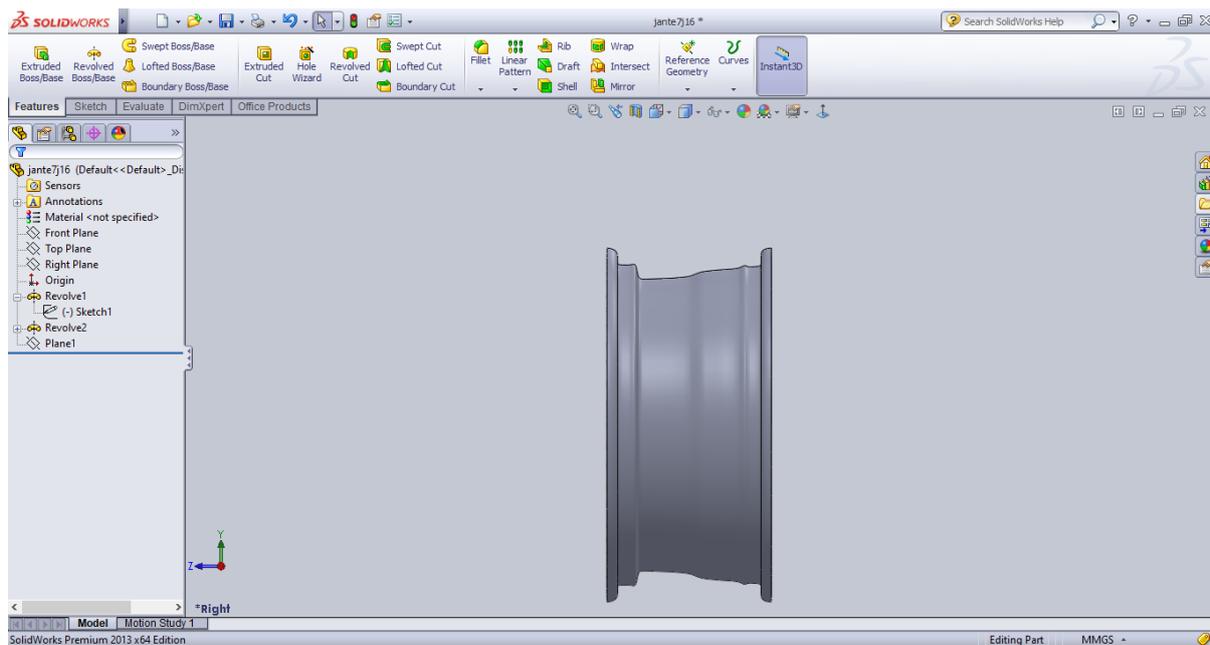


Figure III.8 : Modèle 3D de la révolution de l'esquisse du profil de coupe de la jante.

III.2.3 Conception du disque, du motif, de l'alésage central, des trous de l'entraxe, et du trou de la valve

Pour obtenir le disque de la jante, on a esquisé le motif de la forme de révolution sur le plan de droite tel qu'il est illustré sur la Figure III.9.

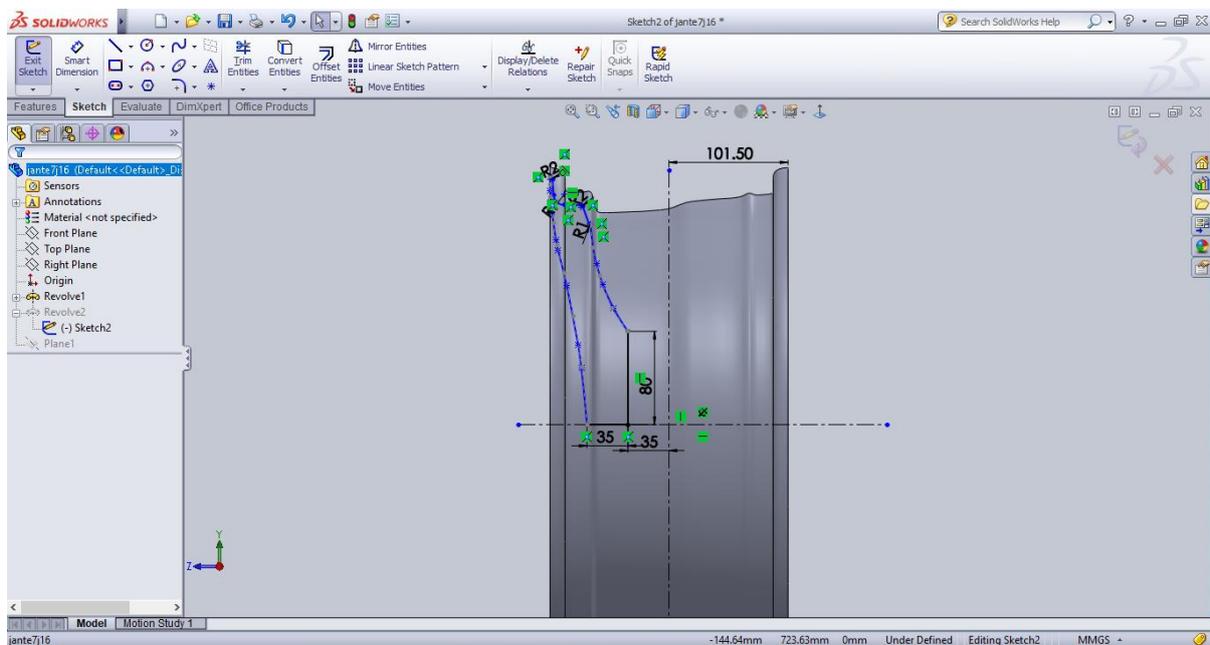


Figure III.9 : Esquisse du disque.

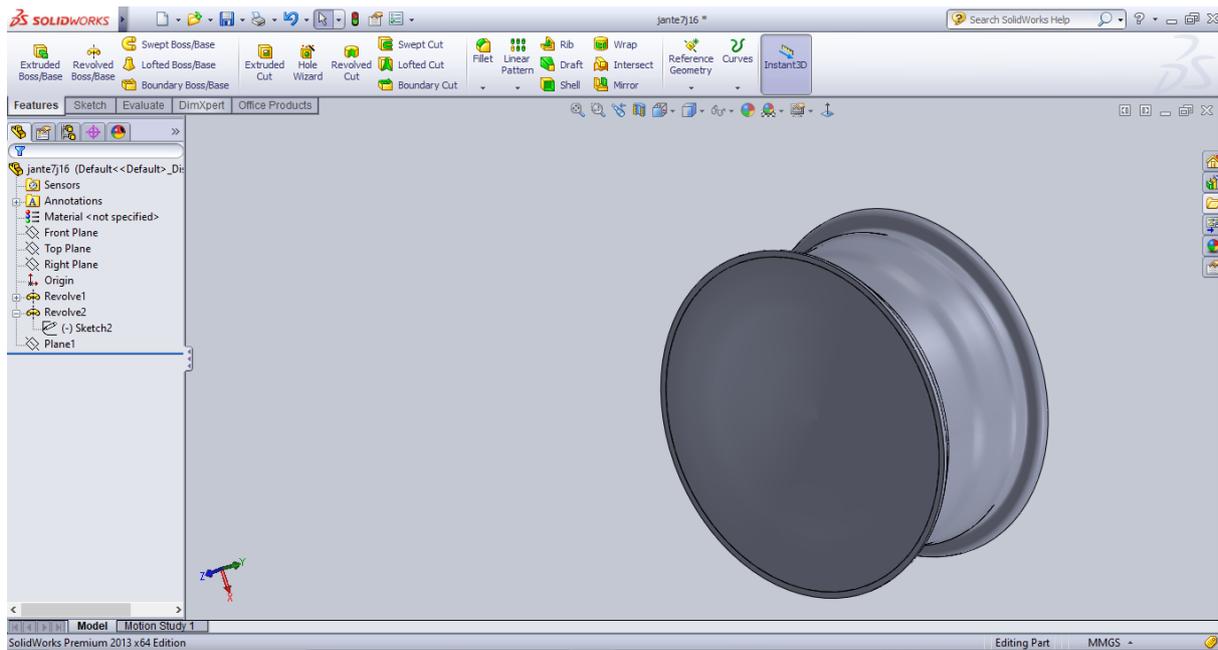


Figure III.10 : Jante après révolution de l'esquisse du disque.

La différence essentielle entre les jantes en alliage est bien en forme du motif qui est un critère d'estime. Un travail original nécessite un nouveau motif. Pour cela, on a créé un plan parallèle au plan de face sur lequel on a esquisé notre motif. Puis, on a enlevé de la matière par le biais de l'ultime motif tel que le montre la Figure III.11.

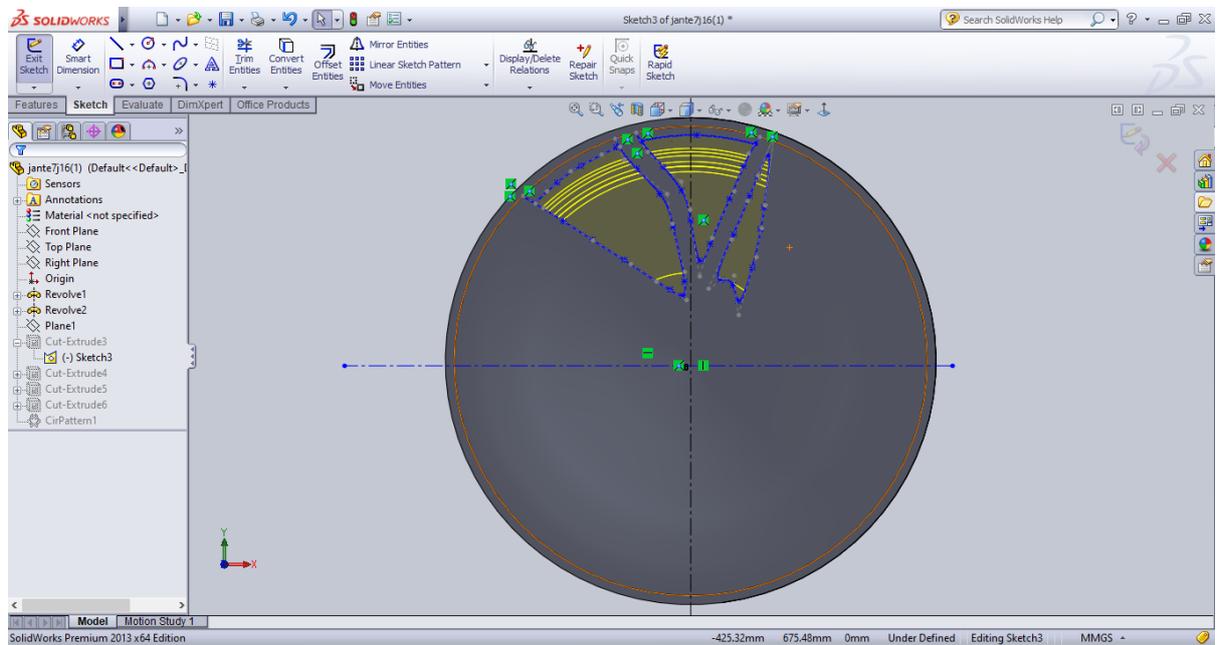


Figure III.11 : Esquisse du motif de répétition et enlèvement de matière.

Après enlèvement de la matière par le biais du motif, on a esquisé le cercle central au moyen duquel on a enlevé l'alésage central (center bore) ; voir Figure III.12 et Figure III.13.

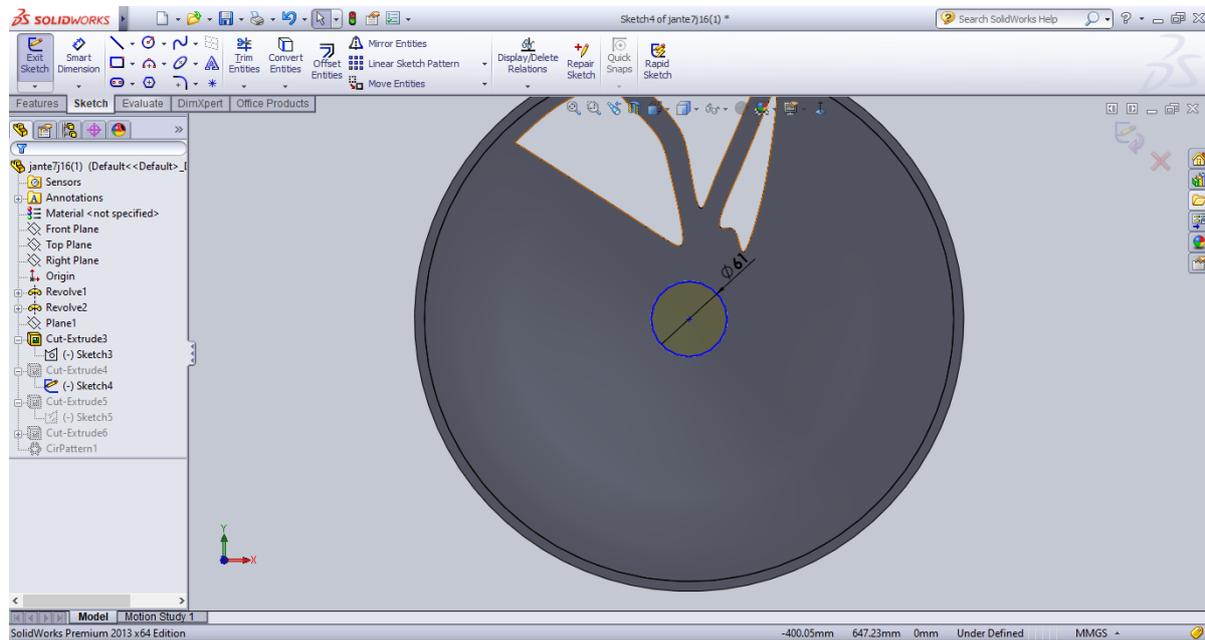


Figure III.12 : Esquisse du cercle central.

L'entraxe de notre jante fait 110 mm. Pour cela, on a esquisé un cercle de construction sur lequel on a esquisé les cercles des trous de passage ($\phi 32$ mm) des goujons.

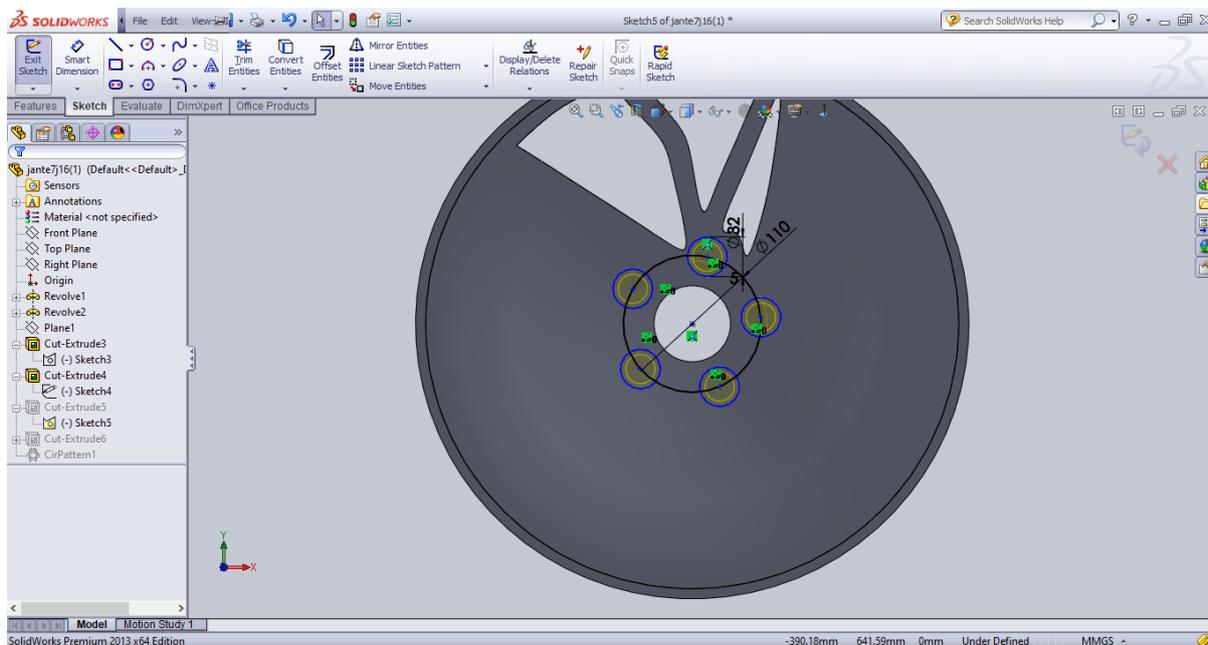


Figure III.13 : Conception de l'entraxe et des lamages des écrous des goujons.

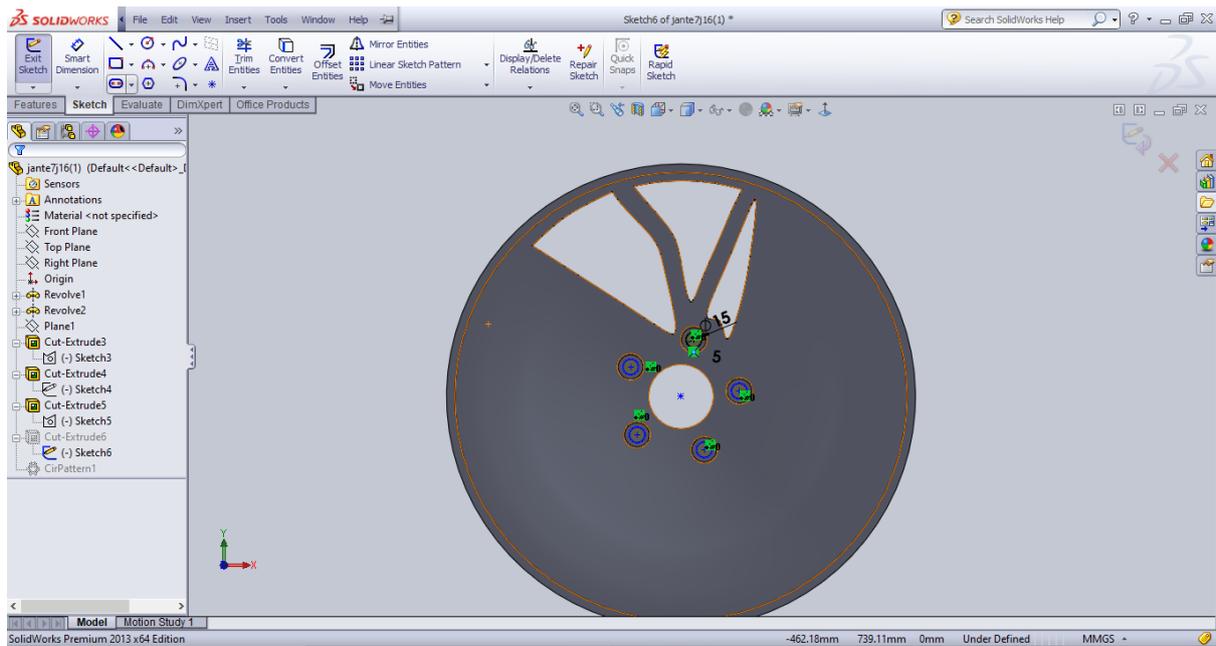


Figure III.14 : Esquisse des cercles des trous de passage des goujons.

Après l'esquisse des cercles des trous de passage des goujons (voir Figure III.14) et enlèvement de matière des trous de passage des goujons, on a passé à la répétition de l'enlèvement de matière pour le motif de la jante et à l'arrondissement des arêtes vives par de petits congés afin d'éviter la concentration de contrainte à ces endroits et avoir un aspect esthétique meilleur. L'optimisation de la géométrie de la jante sous Ansys fera l'objet du prochain chapitre.

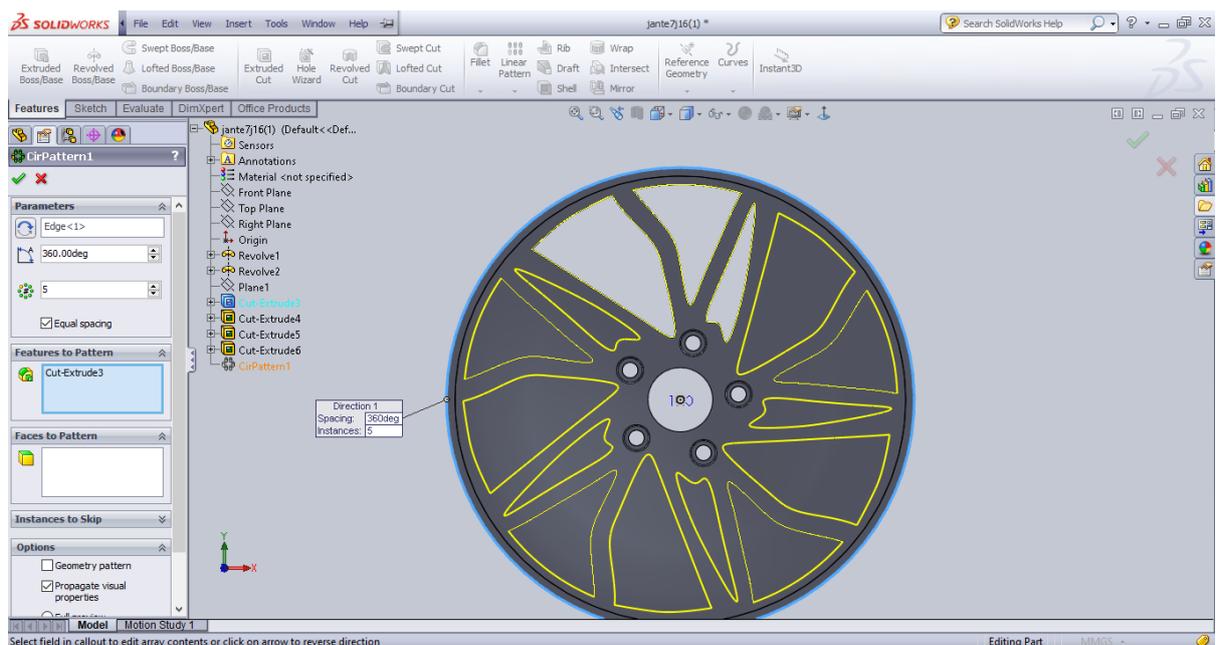


Figure III.15 : Répétition circulaire de l'enlèvement de matière par le motif.

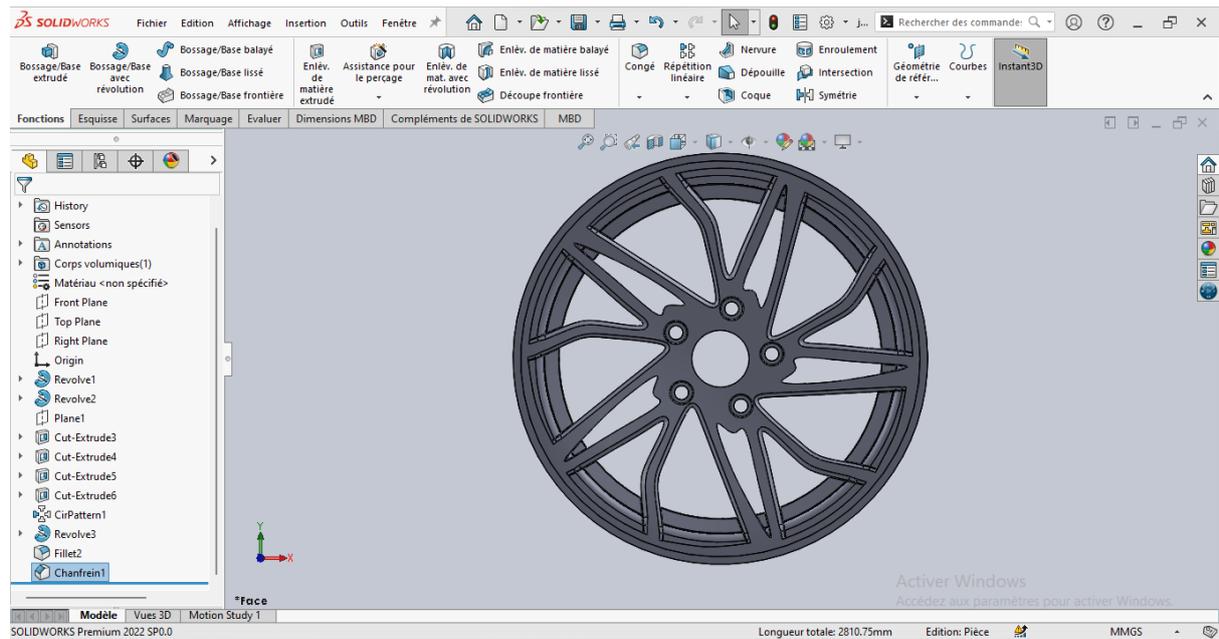


Figure III.16 : Vue de face du modèle 3D de la jante.

Après répétition circulaire de l'enlèvement de matière par le motif de la jante, on refait la révolution de l'esquisse du profil de coupe de la jante pour reconstruire la forme altérée par ce dernier enlèvement de matière. Le design en perspective de la jante est illustré à la Figure III.17.

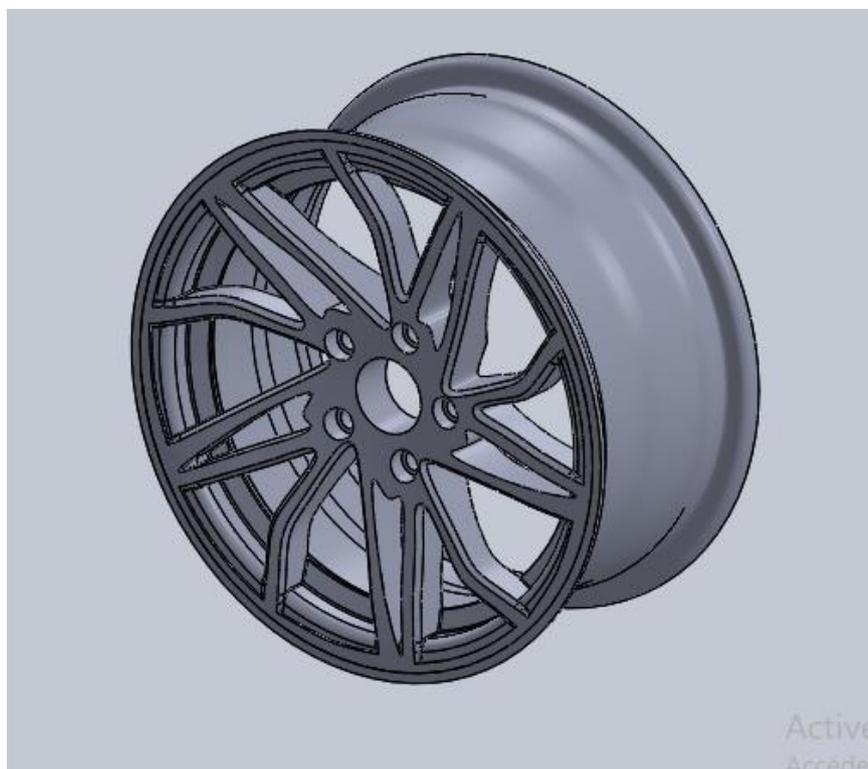


Figure III.17 : Design en perspective de la jante développée.

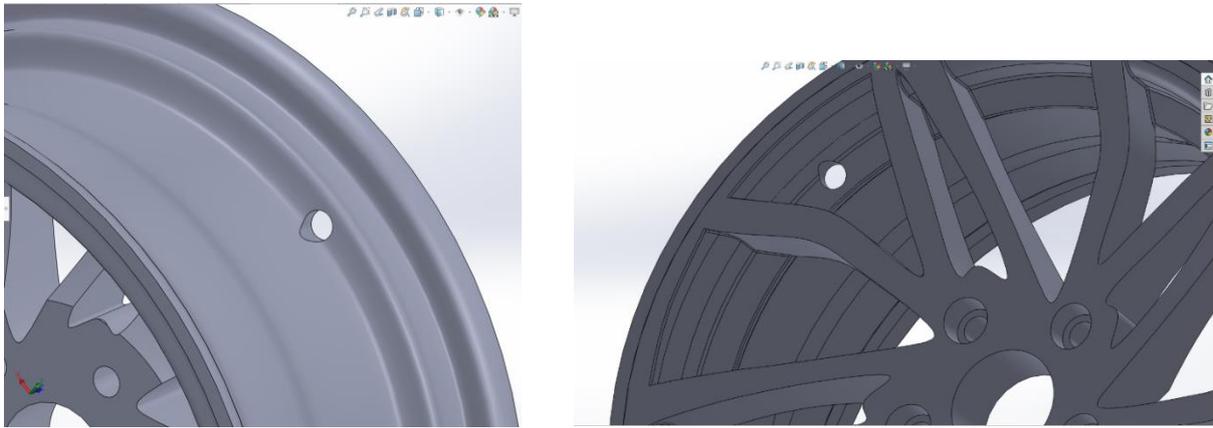


Figure III.18 : Perçage du trou de la valve.

On finit le design de la jante par le perçage du trou de passage de la valve ($\text{Ø}14.8 \text{ mm}$) de gonflage du pneu. Des aperçus avant et arrière de l'enlèvement de matière sont donnés à la Figure III.18.

Pour évaluer l'aspect ergonomique de notre produit, des rendus faits sous SolidWorks Composer pour la jante qu'on a conçue sont donnés à la Figure III.19.

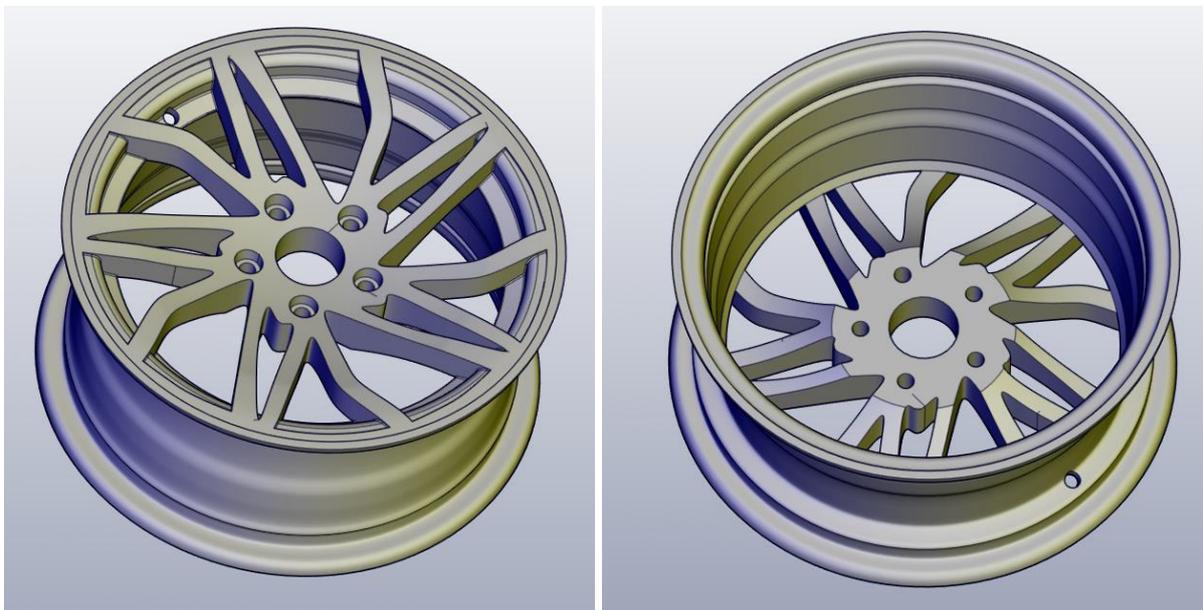


Figure III.19 : Rendus de la jante conçue.

III.3 Conclusion

La conception d'une jante en alliage à l'aide de SolidWorks implique une approche systématique, qui commence par des mesures précises du profil de coupe de la jante (H2) suivies par la conception des autres parties cruciales telles que le disque, le motif, l'alésage central, les trous de l'entraxe et le trou de passage de la valve de gonflage du pneu.

SolidWorks s'est avéré être un outil précieux dans ce processus, grâce à ses outils de conception intuitifs, ses bibliothèques étendues et ses fonctions de collaboration qui améliorent l'efficacité et permettent la création d'une jante en alliage de haute qualité.

A la fin de ce troisième chapitre, on a présenté des rendus faits sous SolidWorks Composer pour la jante conçue afin d'illustrer et évaluer son aspect ergonomique.

Chapitre IV

**Analyse et optimisation de
la géométrie d'une jante en
alliage 6061-T6 sous Ansys**

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

IV.1. Introduction

L'utilisation d'Ansys pour optimiser la géométrie des jantes en alliage offre un immense potentiel pour améliorer les performances, la durabilité et l'efficacité globale des jantes des véhicules. En exploitant les capacités de simulation et d'optimisation d'Ansys, on affinera la géométrie de notre jante en alliage d'aluminium 6061-T6, ce qui permet d'obtenir une conception qui maximise la résistance, minimise le poids et améliore les performances des véhicules.

Ce chapitre fournit des informations précieuses et un cas pratique qui montre l'utilité d'usage d'Ansys en analyse et optimisation de la géométrie de notre jante 16". Pour les conditions aux limites, l'ensemble des analyses statiques de la littérature ont fixé les trous des goujons. Cependant, certains auteurs ont appliqué une pression circonférentielle de 200 kPa sur la jante [1– 4] et d'autres ont appliqué une force distante correspondant au quart du poids total du véhicule chargé [5].

La jante objet de cette analyse est conçue pour la voiture Tipo prévue à être fabriquée en Algérie prochainement.

IV.2. Analyse d'une jante en alliage d'aluminium sous Ansys

IV.2.1. Présentation d'Ansys Workbench 2023

ANSYS est une suite logicielle éléments finis, permettant une simulation d'ingénierie puissante et largement utilisée, développée par la société américaine ANSYS, Inc. Elle fournit une grande variété d'outils analytiques pour différents domaines d'ingénierie, tels que l'analyse thermique, l'analyse électromagnétique, la dynamique des fluides et l'analyse structurelle. Avant de construire et de tester des prototypes, les ingénieurs et les concepteurs peuvent simuler et analyser le comportement de leurs concepts à l'aide d'ANSYS. Des industries telles que l'aérospatiale, l'automobile, la fabrication, l'énergie, l'électronique et bien d'autres encore utilisent largement le logiciel. Les ingénieurs et les chercheurs du monde entier s'appuient sur ce programme pour résoudre des problèmes d'ingénierie complexes et repousser les limites de l'innovation.

Pour mener l'analyse sous Ansys, on suit les étapes ainsi :

a) Lancement d'ANSYS Workbench et ouverture d'un nouveau projet.

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

b) Définition du type d'analyse

La définition du type d'analyse dépend de l'application, comme l'analyse structurelle, thermique ou des fluides. Dans notre cas, on choisit " 1. Structure Statique " comme le montre la figure IV.1.

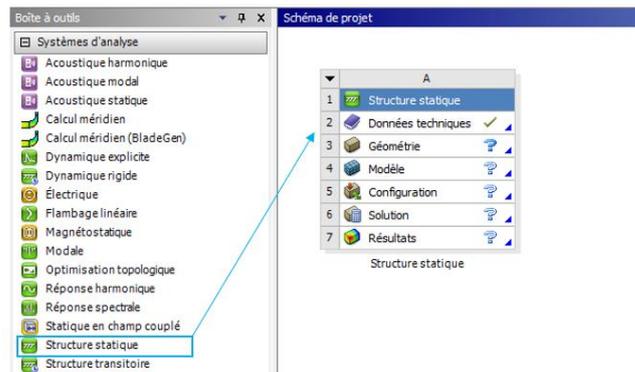


Figure IV. 1 : Définition du type d'analyse « Structure statique ».

c) Import de la géométrie de la jante

Le modèle 3D de la jante en alliage conçue sous SolidWorks (Voir Chapitre III) est enregistré sous un format **SolidWorks (. Sldprt)** et importée sous DesignModeler ; voir Figure IV. 2.

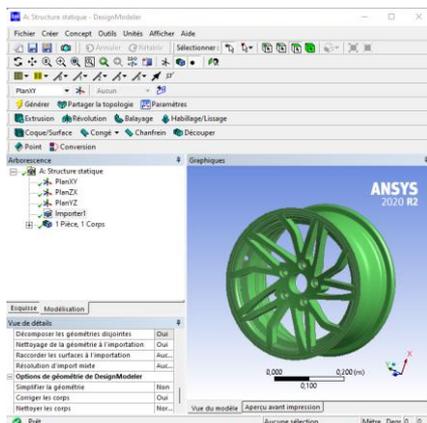


Figure IV. 2 : Import du modèle 3D et génération de la jante en alliage sous DesignModeler.

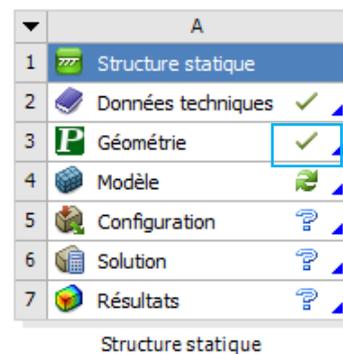


Figure IV. 3 : Géométrie vérifiée.

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

La géométrie est vérifiée telle qu'elle apparaît sur la Figure IV. 3. A savoir qu'on pourrait importer directement le modèle 3D sous Géométrie sans avoir besoin de l'ouvrir par double clic sur géométrie ; l'essentiel que la géométrie soit vérifiée.

d) Définition des données techniques

Sous données techniques, on définit le matériau de la jante (6061-T6) par duplication de l'alliage d'aluminium de la source de données et personnalisation de ses propriétés comme le montre le Tableau IV. 1.

	A	B	C	D
1	Source de données		emplacemen	Description
13	Matériaux généraux	<input checked="" type="checkbox"/>		Exemples de matériaux généraux pour une utilisation dans diverses analyses.
*	Cliquez ici pour ajouter une nouvelle bibliothèque			

	A	B	C	D	E
1	Contenu de Matériaux généraux	Ajouter	source		Description
5	Air				l'air.
6	Alliage d'aluminium				standard. Les propriétés en fatigue proviennent de
7	6061-T6				standard. Les propriétés en fatigue proviennent de

	A	B	C
1	Propriété	Valeur	Unité
2	Masse volumique	2700	kg m ⁻³
3	Coefficient isotrope sécant de dilatation thermique		
4	Coefficient de dilatation thermique	2,4E-05	C ⁻¹
5	Elasticité isotrope		
6	Dériver de	Module...	
7	Module de Young	6,9E+09	Pa
8	Coefficient de Poisson	0,33	

Tableau IV. 1 : Définition des données techniques.

Les propriétés de l'alliage d'aluminium 6061-T6 de la jante sont récapitulées au Tableau IV. 2 telles qu'elles figurent sous SolidWorks. L'alliage d'aluminium 6061-T6 est

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

ensuite affecté au modèle comme le montre Tableau IV. 3. N'oubliez pas de désactiver le matériau par défaut « Acier standard » de l'analyse.

Propriété	Valeur	Unité
Module d'élasticité	69	GPa
Coefficient de Poisson	0,33	
Limite de traction	310	MPa
Limite d'élasticité	275	MPa
Module tangent	-	MPa
Coefficient de dilatation thermique	$2,4 \times 10^{-5}$	/K
Masse volumique	2700	Kg/m ³
Facteur d'érouissage	0,85	

Tableau IV. 2 : Propriétés de 6061-T6.

	A	B	C	D	E
1	Contenu de Matériaux généraux	Ajouter	source		Description
3	6061-T6				Alliage d'aluminium standard. Les propriétés en fatigue proviennent de MIL-HDBK-5H, page 3 -277.

Tableau IV. 3 : Affectation des propriétés de 6061-T6.

e) Ouverture du modèle

Par double clic, on ouvre le modèle de la jante sous Ansys.

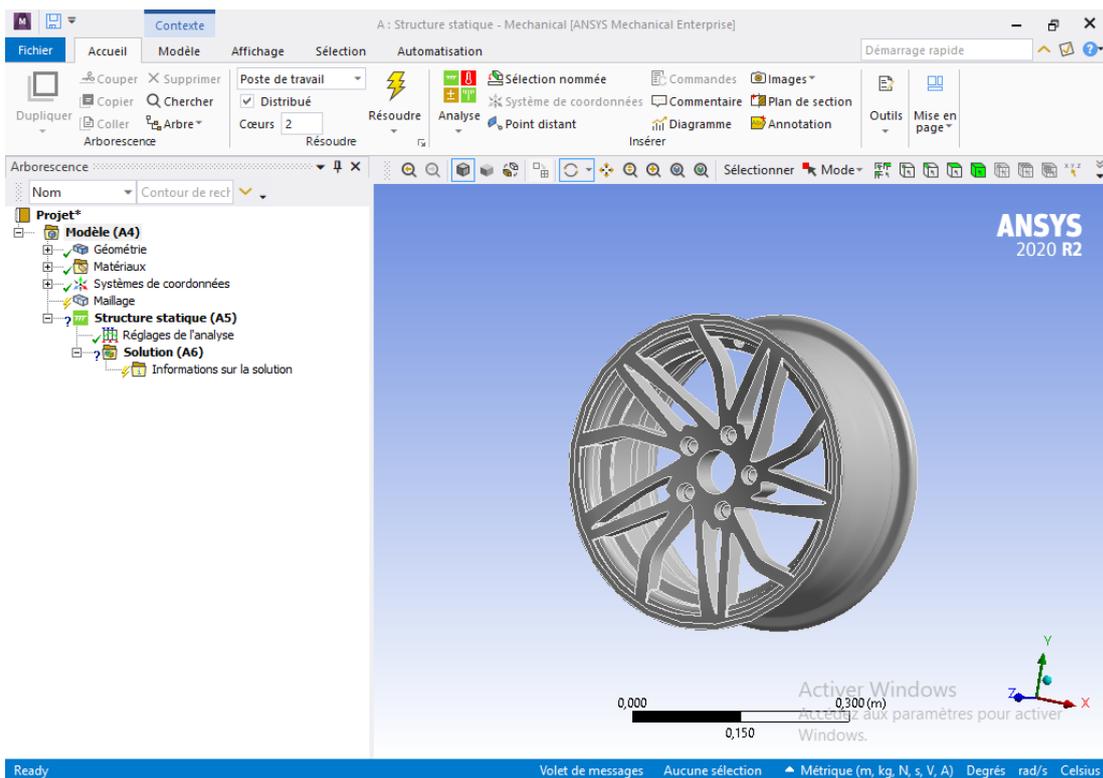
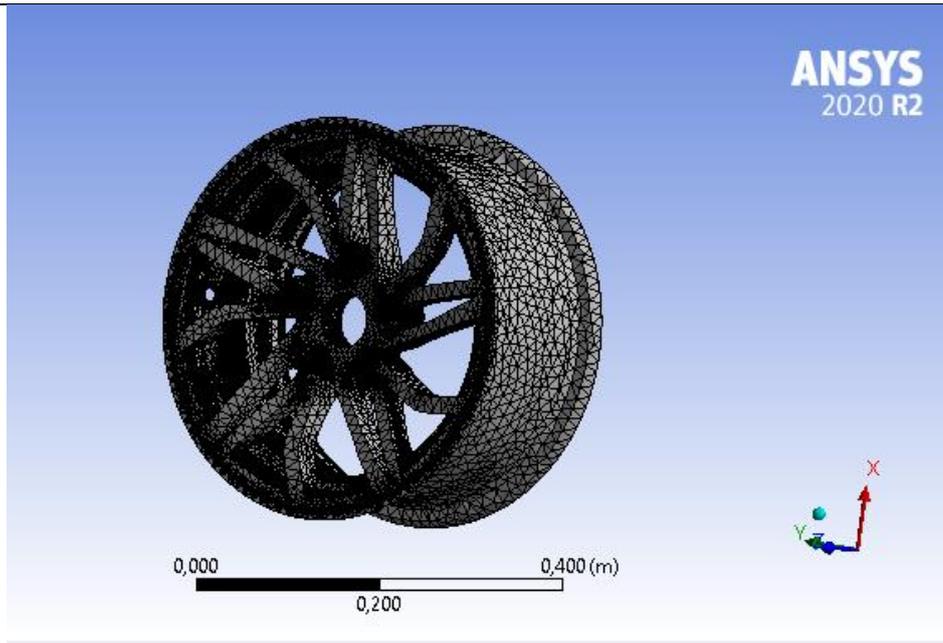


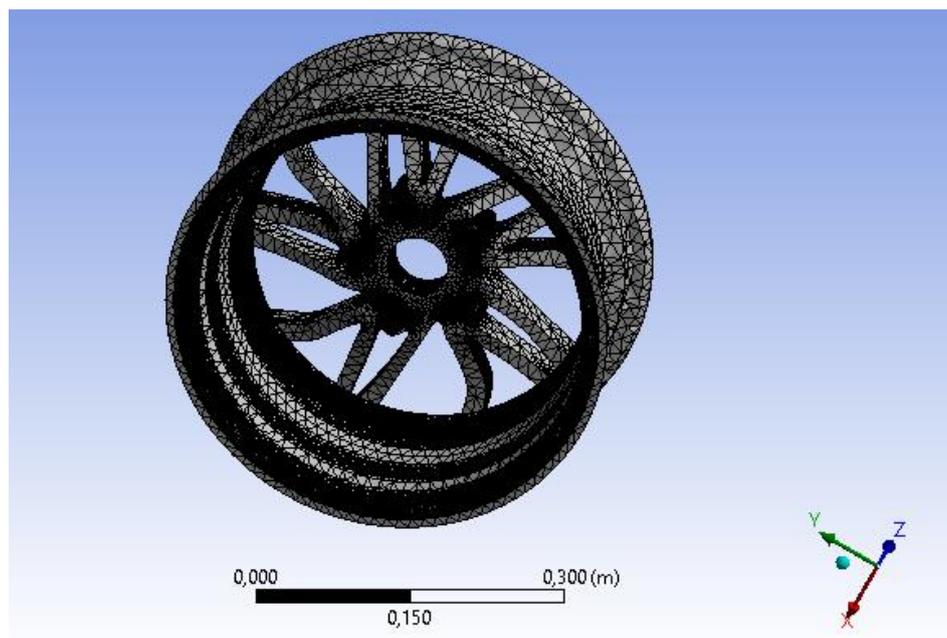
Figure IV. 4 : Modèle de la jante sous Ansys.

f) Maillage

On procède au maillage fin automatique de la jante. La structure complète de la jante compte 2221693 nœuds et 1553112 éléments tétraédriques.



a) Vue avant en perspective



b) Vue arrière en perspective

Figure IV. 5 : Maillage de la jante.

g) Configuration de l'analyse

- ✓ Réglages de l'analyse

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

La force agissant sur la jante dépend de plusieurs facteurs, dont le poids du véhicule, le nombre de roues et la répartition du poids. Prenons l'exemple simplifié d'une voiture **Fiat Tipo 2022** dont :

Le poids total est de **1800 kg** (passagers, chargement, etc.) Ce poids est supporté par les quatre roues, soit environ :

$$1800 \text{ kg} / 4 = 450 \text{ kg/ roue.}$$

La force exercée par ce poids en raison de la gravité est calculée en multipliant la masse (en kg) par l'accélération due à la gravité (environ **9,81 m/s²**). Ainsi, la force exercée sur chaque roue (et donc sur chaque jante) serait d'environ : $450 \times 9,81 = 4414.5$ **Newtons**.

Pour notre cas d'analyse statique, **les conditions aux limites** consistent à appliquer :

- ✓ Une force distante (Remote force) de 4414.5 N sur chaque jante.
- ✓ Une pression d'air circonférentielle du gonflage du pneu de 2.5 bar (250000 Pa).
- ✓ A fixer la jante aux cinq trous des goujons.

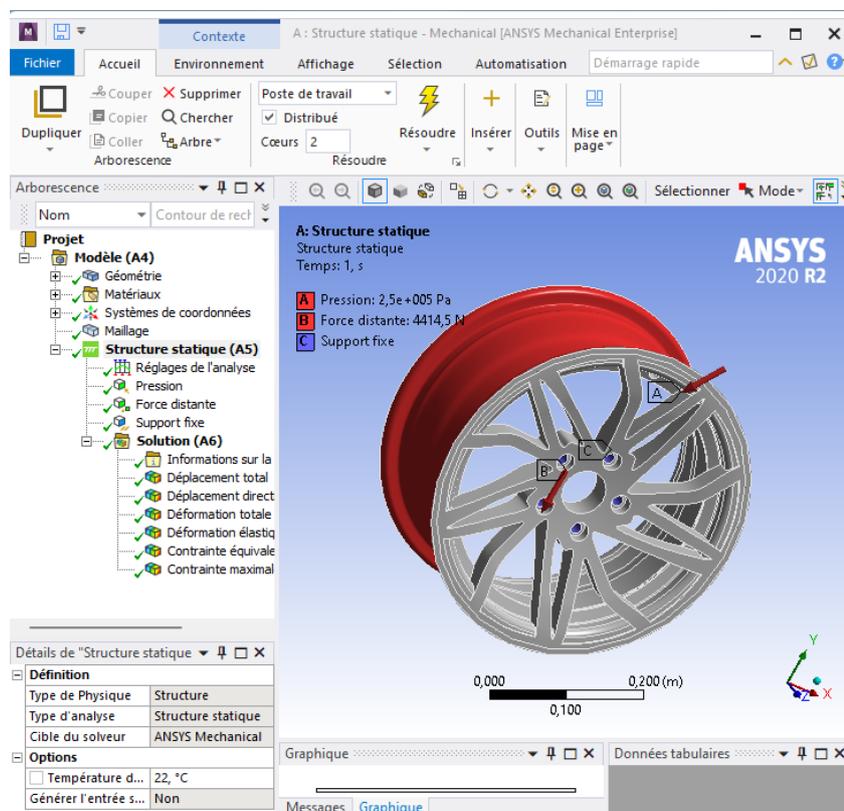


Figure IV. 6 : Conditions aux limites.

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

h) Solution et résultats

Les paramètres de l'analyse statique simplifiée de la jante en alliage d'aluminium 6061-T6 sont :

- 1) Déformation totale équivalente,
- 2) Déformation principale maximale,
- 3) Contrainte équivalente (Von Mises)
- 4) Contrainte de cisaillement maximal

Après insertion des paramètres de l'analyse ci-dessus, on doit choisir la géométrie pour chacun deux. Ensuite, on lance l'analyse statique simplifiée de la jante en cliquant sur résoudre.

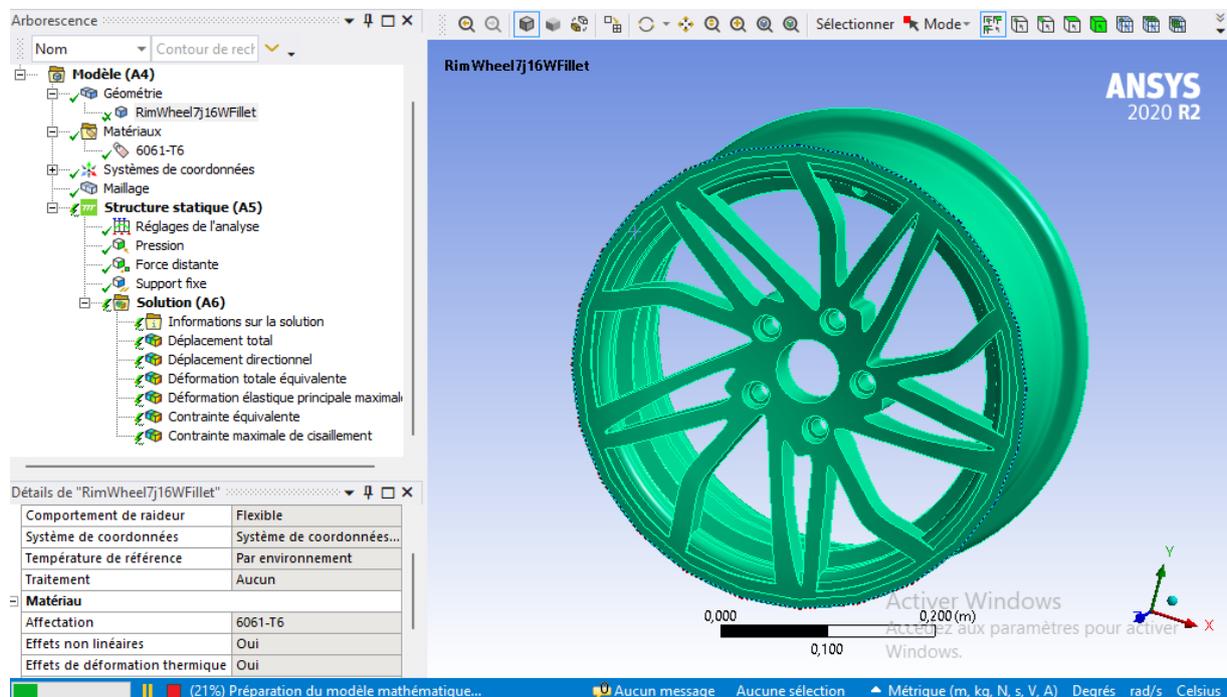


Figure IV. 7 : Lancement de l'analyse statique (Résoudre)

Une fois la solution terminée, on examine les résultats à l'aide des outils de post-traitement d'ANSYS. Les résultats de l'analyse statique de la jante sont agencés ci-après :

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

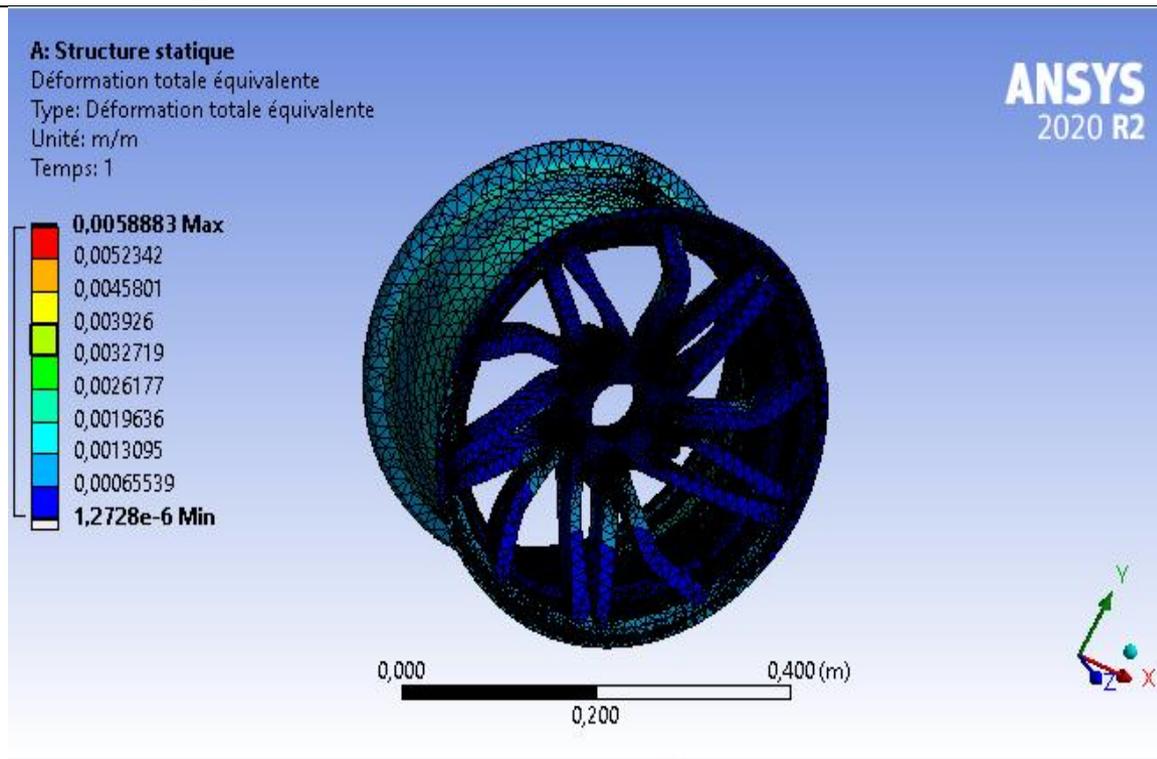


Figure IV. 8 : Déformation totale équivalente

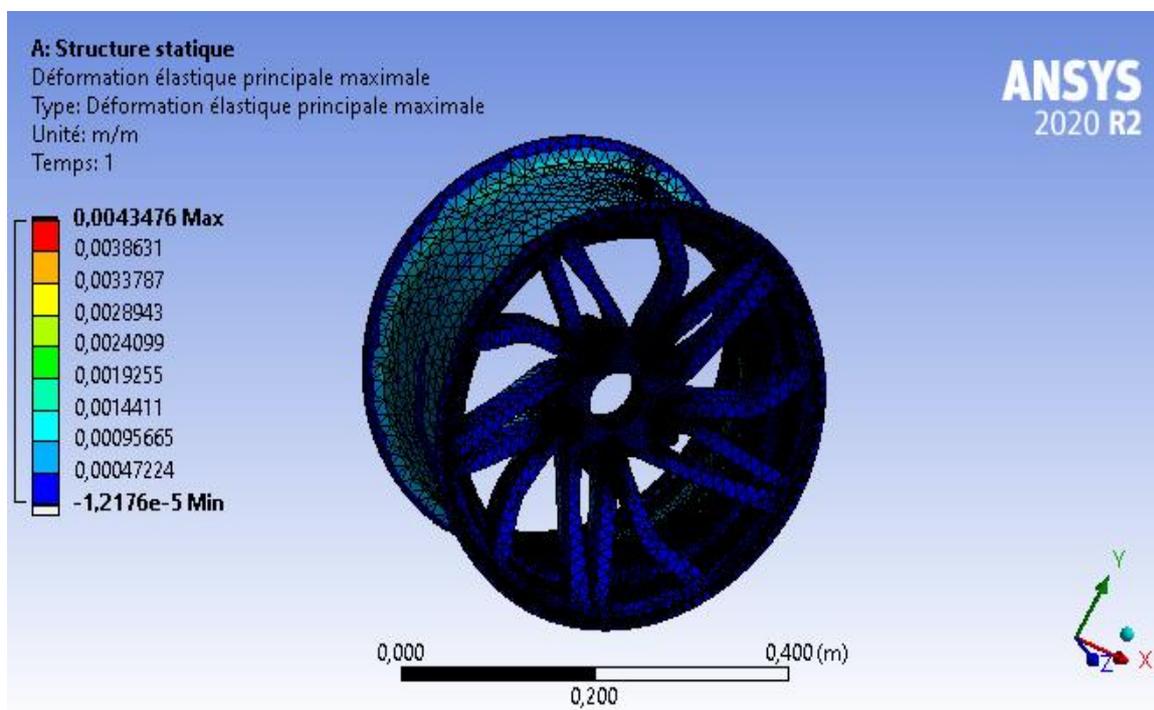


Figure IV. 9 : Déformation élastique principale maximale.

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

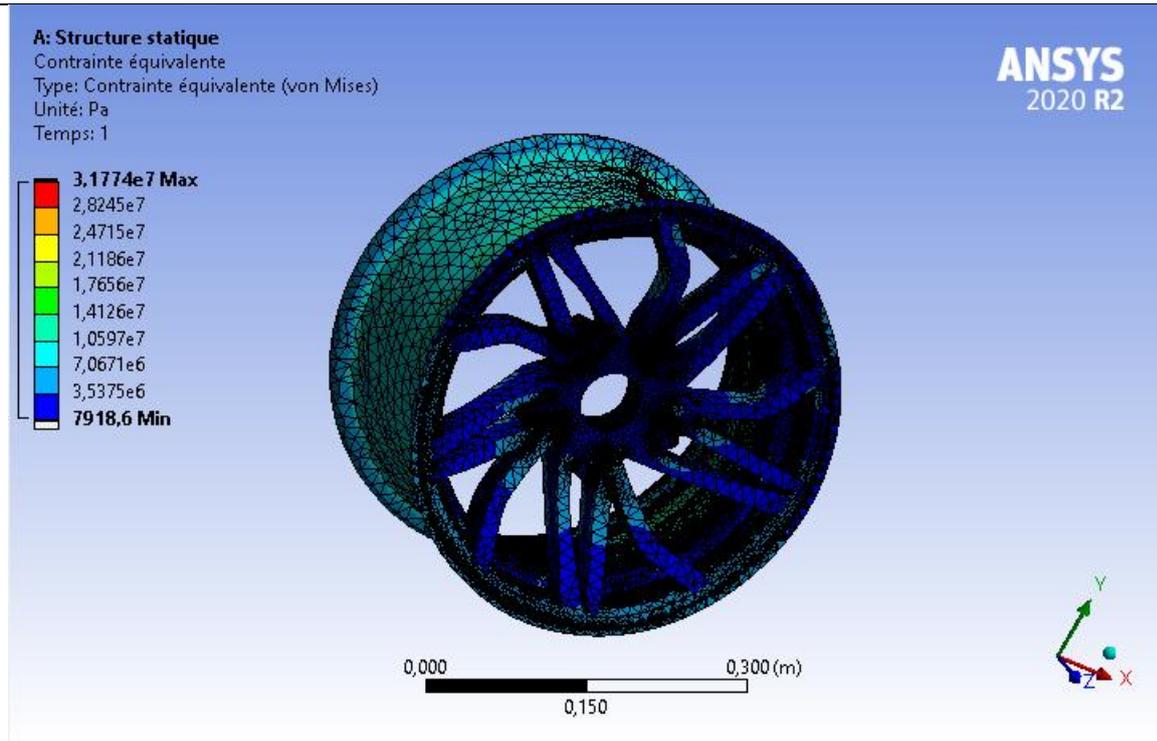


Figure IV. 10 : Contrainte équivalente (Von Mises).

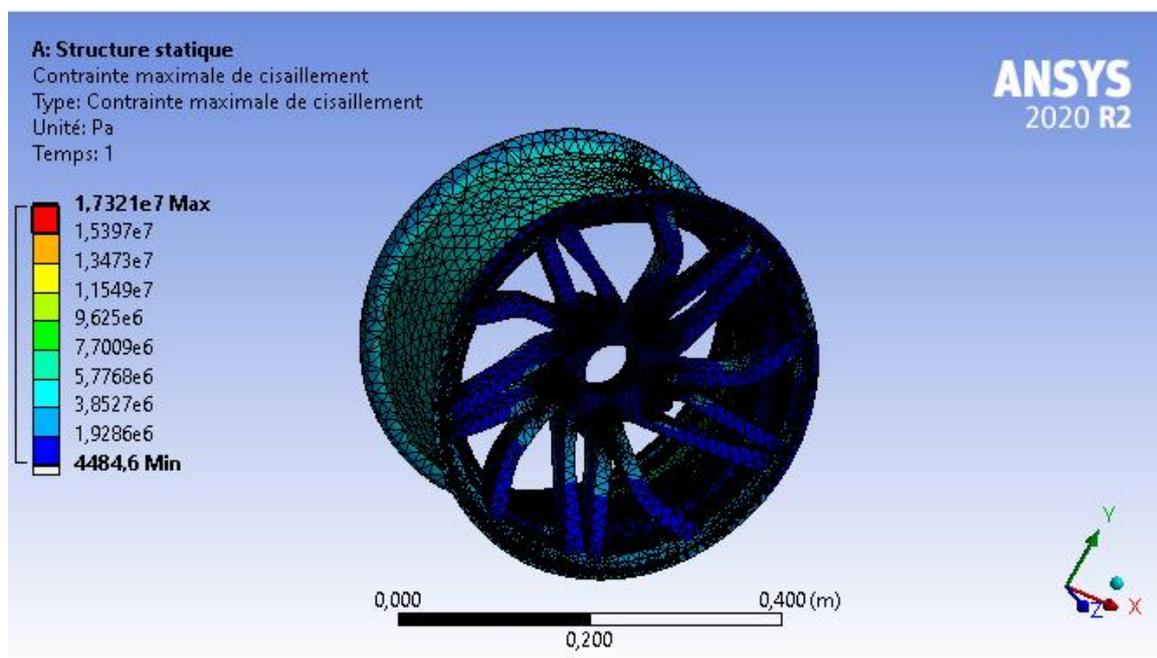


Figure IV. 11 : Contrainte maximale de cisaillement.

Chapitre IV Analyse et optimisation de la géométrie d'une jante en alliage 6061_T6 sous Ansys

Les valeurs maximales des résultats de la simulation numérique sont récapitulées au Tableau IV. 4 :

Matériau	Déformation totale équivalente	Déformation élastique principale maximale	Contrainte équivalente (Von Mises) (MPa)	Contrainte maximale de cisaillement (MPa)
6061-T6	5.8883e-003	4.3476e-003	31.77	17.32

Tableau IV. 4 : Résultats de l'analyse statique.

IV.3 Discussion des résultats

En se référant aux résultats de l'analyse statique illustrés aux Figures IV.8-IV.11, on constate que les quatre paramètres de l'analyse statique simplifiée de la jante en alliage d'aluminium 6061-T6 (la déformation totale équivalente, la déformation principale maximale, la contrainte équivalente (Von Mises) et la contrainte de cisaillement maximal) sont bien inférieures aux valeurs admissibles ; ce qui prouve la vérification de la résistance mécanique de notre jante sous chargement statique. La jante conçue en alliage 6061-T6 pèse 9.5 Kg. Ce poids de la jante pourrait encore être réduit pour avoisiner 8.3 Kg.

IV.4 Références bibliographiques

- [1] M. Kumar, P. MOHAN, B. Purna, C. Sekar, and T. Md, "Static Analysis Of Wheel Rim Using Catia And Ansys16.0," , IRJET, vol. 03, no. 07, Aug. 2016.
- [2] W. Chadouli and A. kader El akehal El miliani, "Etude de fabrication d'une jante par moulage.," Mémoire de Master, Blida1, 2020. (Consulté le : 14/07/2023). [En line]. Disponible sur : <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/11129>
- [3] M. R. N. Kumar, M. M. A. Amarnath, M. M. Gowthaman, and M. S. R. Kumar, "Design and Analysis of Alloy Wheel Rim." Rochester, NY, Mar. 07, 2020. (Consulté le : 14/07/2023). [En line]. Disponible sur : <https://papers.ssrn.com/abstract=3677086>
- [4] G. Ashokkumar, M. UmaMahesh, S. M. Sudhan, and T. C. Raj, "Design And Analysis Of Wheel Rim By Using Catia &Ansys," IRJET, vol. 03, no. 12, 2016.
- [5] A. Belkacemi and R. Sahnoun, "Etude et fabrication d'une jante alliage en fonderie D'aluminium," Mémoire de Master, Blida 1, 2019. Consulté le : 14/07/2023. [En line]. Disponible sur : <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/11508>

Conclusion générale

Ce mémoire a permis d'explorer en profondeur le domaine des jantes, en commençant par une revue exhaustive de l'état de l'art, couvrant les différents types, dimensions, matériaux et principaux fabricants de jantes à travers le monde. Elle a ensuite détaillé les procédés de fabrication des jantes en métal et en alliage, mettant en lumière les différentes étapes et techniques utilisées.

Le travail s'est ensuite concentré sur la conception d'une jante en alliage à l'aide de SolidWorks, avant de passer à l'optimisation de sa géométrie sous Ansys. Grosso-modo, ce mémoire offre une compréhension approfondie de l'industrie des jantes, de sa production à sa conception et optimisation pour un meilleur compromis résistance/légèreté. Les démarches de conception d'une nouvelle jante en alliage sont menées à bien et le design du premier prototype est prêt pour fabrication si on aura le financement.

Dans notre analyse sous Ansys on a démontré que notre jante peut résister aux différentes charges statiques, et les résultats des paramètres d'analyse (Contrainte équivalente, déformation élastique principale maximale, déformation totale équivalente et la contrainte de cisaillement maximal) montrent l'absence de zones rouges critiques sur notre jante, ce qui prouve que la jante est plus performante pour l'usage sur automobile. Le poids de la jante est de 9.5 Kg.

Ce mémoire offre une vue d'ensemble complète de l'état de l'art des jantes, en examinant les différents types, les procédés de fabrication, la conception, l'analyse et l'optimisation de la géométrie. Il fournit une base solide pour la compréhension et le développement futur des jantes, en mettant en évidence les dernières avancées technologiques et les meilleures pratiques dans le domaine.

On espère bien qu'on arrivera très prochainement à réaliser notre prototype et à avoir un label projet innovant et on créera une Startup qui fabriquera les jantes en alliages en Algérie surtout qu'on est bel et bien les premiers en Algérie à prendre cette initiative.

ملخص

تم انجاز هذا المشروع في إطار القرار 1275 (شهادة - مؤسسة ناشئة) و يتعلق الأمر بتصميم مبتكر وتصنيع لجنط عجلات السيارات من سبائك الألومنيوم T6-6061. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إتقان العمليات من التصميم إلى تصنيع جنوط العجلات. تم تصميم هذه الحافة (الجنط) في SolidWorks بينما تم إجراء التحليل الهندسي والتحسين في Ansys. تم الإنتهاء من التصميم ، ويمكننا عمل النموذج الأولي إذا تحصلنا على التمويل للتقدم بعدها بطلب للحصول على وسم مشروع مبتكر لإنشاء شركة Alloy Wheel Rim Startup الخاصة بنا. لقد أثبتت نتائج التحليل مقاومة الحافة المصممة للضغوط الساكنة. الحافة (16x7 ET 35) من سبائك الألومنيوم T6-6061 مصممة بشكل جيد. وزنها 9.5 كجم

الكلمات المفتاحية : القرار 1275 ، مؤسسة ناشئة ، حافة سبيكة ، مشروع مبتكر ، نموذج العمل التجاري لجنط السبائك ، تصميم حافة سبيكة ، تحليل وتحسين هندسة الحافة ، تصنيع النموذج الأولي ، T6-6061 ، صب حواف السبائك ، خط انتاج جاهز لحواف السبائك (الجنوط).

Abstract

This project is conducted within the framework of the decree 1275 PFE-Startup. It concerns the design of an innovative design of a 6061-T6 alloy wheel rim. The main objective of this work is to master the processes from design to manufacture of wheel rims. The design of this rim was done in SolidWorks while the geometry analysis and optimization were done in Ansys. The design is finalized, and we could make the prototype if we have the funding to apply for the innovative project label to create our Alloy Wheel Rim Startup. The results of the analysis have proven the verification of the resistance of our rim to static stresses. The rim (16x7 ET 35) in 6061-T6 aluminum alloy is well designed. Its weight is 9.5 kg.

Keywords: Order 1275, Startup, Alloy rim, innovative project, BMC rim, Alloy rim design, Analysis and optimization of rim geometry, prototype machining, 6061-T6, Casting of alloy rims, Rim factory turnkey alloy.

Résumé

Ce projet est réalisé dans le cadre de l'arrêté 1275 PFE-Startup. Il porte sur la la conception d'un nouveau design d'une jante en alliage 6061-T6. L'objectif principal de ce travail est de maîtriser les processus allant de la conception jusqu'à la fabrication des jantes en métal et en alliage. La conception de cette jante a été faite sous SolidWorks tandis que l'analyse et l'optimisation de la géométrie ont été faites sous Ansys. Le design est finalisé et on pourrait réaliser le prototype si on aura le financement afin de demander le label projet innovant pour créer notre Startup des Jantes en alliages.

Les résultats de l'analyse ont prouvé la vérification de la résistance de notre jante aux sollicitations statiques. La jante (16x7 ET 35) en alliage d'aluminium 6061-T6 est bien conçue. Son poids est de 9.5 kg.

Mot clés : Arrêté 1275, Startup, Jante en alliage, projet innovant, BMC jante, Conception des jantes en alliages, Analyse et optimisation de la géométrie des jantes, usinage du prototype, 6061-T6, Moulage des jantes en alliages, Usine des jantes en alliage clé en main.

