



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

Laboratoire de structure.

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Fabrication mécanique et productique.

Titre : Etude de fabrication d'une jante par moulage.

Proposé et encadré par :
Dr.MERZOUG Djamel

Réalisé par :
Chadouli walid
El akehal El miliani Abdel kader

Année universitaire 2019/2020

DÉDICACE

NOUS AVONS L'HONNEUR DE DÉDIER CE
MODESTE TRAVAIL À :

NOS TRÈS CHERS PARENTS

À TOUS CEUX QU'ON AIME ET QUI NOUS AIMENT

À TOUTE LA FAMILLE À TOUS NOS AMIS

À TOUS NOS CAMARADES DE GROUPE

À TOUS LES ENSEIGNANTS ET TOUTES LES
ENSEIGNANTES QUI ONT CONTRIBUÉ À NOTRE
FORMATION TOUT AU LONG DE NOTRE VIE
D'ÉTUDES.

REMERCIEMENTS

TOUT D'ABORD, ON REMERCIE DIEU, NOTRE CRÉATEUR DE NOUS AVOIR DONNÉ LA FORCE POUR ACCOMPLIR CE TRAVAIL.

PREMIÈREMENT ET AVANT TOUT, ON ADRESSE UN GRAND REMERCIEMENT À NOTRE ENCADREUR: **DR DJAMEL MERZOUG** POUR SES CONSEILS ET SES DIRECTIVES. ET À NOTRE CHEF DE DÉPARTEMENT

MR TEMMAR.

ON VEUT ÉGALEMENT REMERCIER TOUS LES ÉTUDIANTS DE NOTRE PROMOTION ET ON LEURS SOUHAITE UN BON COURAGE.

AINSI TOUS CEUX QUI ONT PARTICIPÉ À LA RÉALISATION DE CE MÉMOIRE, ET EN PREMIER LIEU NOS TRÈS CHERS PARENTS.

Table des matières :

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Classification des procédés de fabrication par moulage	2
I-1-Introduction.....	3
I-2-Moulage.....	3
I-2-1-Moulage en sable.....	3
I-2-1-1-Principe.....	4
I-2-1-2-Domaines d'application.....	5
I-2-1-3-Avantages.....	6
I-2-1-4-Inconvénients.....	6
I-2-2-Moulage en coquille.....	6
I-2-2-1-Moulage par gravité.....	6
I-2-2-1-1-Avantages et inconvénients.....	7
I-2-2-2-Moulage sous pression.....	7
I-2-2-2-1-Avantages et inconvénients.....	8
I-2-3-Moulage en centrifugation.....	8
I-2-3-1-Principe.....	8
I-2-3-2-Domaine d'application.....	9
I-2-3-3-Avantages et inconvénients.....	9
I-2-4-Moulage par injection.....	10
I-2-4-1-Principe.....	10
I-2-4-2-Domaine d'application.....	11
I-2-4-3-Avantages.....	11

I-1-4-4-Inconvénients.....	12
I-2-5-Moulage en carapace.....	12
I-2-5-1-Principe.....	12
I-2-5-2-Dommaine d’application.....	13
I-2-5-3-Avantages.....	14
I-2-5-4-Inconvénients.....	15
I-2-6-Moulage perdu.....	15
I-2-6-1-Principe.....	15
I-2-6-2-Dommaine d’application.....	16
I-2-6-3-Avantages et inconvénients.....	17
I-3-Différentes types de moule.....	18
III-4-Production BBS.....	20
III-4-1-Alliages.....	20
III-4-2-Technique de coulée base pression.....	21
III-4-3-Technique de forgeage.....	21
III-4-4-Traitement thermique.....	22
III-4-5-Contrôle de qualité BBS.....	22
I-5-Conclusion.....	23
CHAPITRE II : Classification des performances mécanique de la jante	24
II-1-Définition.....	25
II-2-Géométrie et forme.....	26
II-2-1-Diamètre.....	26
II-2-2-Entraxe ou PCD.....	26
II-2-3-Alésage ou CB.....	27

II-2-4-Dépot, ET ou Offet.....	28
II-2-5-Profil de la joue de la joute.....	29
II-2-6-Profil de coupe de la joute.....	30
II-3-Materieux de fabrication.....	31
II-3-1-Jante en acier / Tôle.....	31
II-3-2-Jante en aluminium.....	31
II-3-3-Jante en Matériaux composite	32
II-3-4-Jante en chrome.....	32
II-3-5-Jante Matériaux Roue de secoure.....	33
II-4-Etude dynamique de la roue.....	33
II-4-1-Définition.....	33
II-4-2-Etude dynamique.....	33
II-4-2-1-Force entre la route et la roue	33
II-4-2-2-Roue et la statique.....	35
II-4-2-3-Cinématique de la roue.....	37
II-4-2-4-Roue qui est décélérée sur un plan horizontal.....	38
II-4-2-5-Roue qui bouge à vitesse constante.....	39
II-4-2-6-Roue qui accélérée sur un plan horizontal.....	40
II-4-2-7-Roue sur une pente descendante.....	41
II-4-2-8-Roue sur une pente ascendante	42
II-4-2-9-Roue accélérée grâce à un couple.....	43
II-4-2-10-Roue décélérée grâce à un couple (freins).....	44
II-5-Fabrication d'une jante par moulage.....	45
II-5-1-Fonderie sous pression.....	45

II-5-1-1-Coulée du moule permanent.....	45
II-5-1-2-Construction du moule permanent.....	46
II-5-1-3-Premiers échantillons.....	46
II-5-1-4-Test de fatigue radiale.....	47
II-5-1-5-Production en série.....	48
II-5-2-Jante creuse (BBS).....	49
II-6-Conclusion.....	49
CHAPITRE III :Etude numérique et géométrique de la jante (sur solid Works et Ansys).....	50
III-1-Definition.....	51
III-2-Solid works.....	51
III-2-1-Historique.....	51
III-2-2-Domaine d'application.....	51
III-3-Ansys.....	52
III-3-1-Historique.....	52
III-3-2-Domaine d'application.....	52
III-4-Calcul des paramètres de performances des jantes.....	53
III-4-1- Processus de conception.....	53
III-4-2- Méthodologie de modélisation.....	53
III-4-3- Model 3D des jantes.....	54
III-4-4- Analyse statique.....	59
III-5-Characteristique de la jante BBS.....	61
III-6-Conclusion.....	62
Conclusion générale.....	63

LISTE DES FIGURES :

Figure I.1 : Moulage en sable.....	4
Figure I.2 : Principe du moulage en sable.....	5
Figure I.3 : Position du moule d'un moulage de gravité.....	6
Figure I.4 : Perspective de la chape fixe.....	7
Figure I.5: Positions du moule sous pression.....	8
Figure I.6: Principe du moulage de centrifugation.....	9
Figure I.7: Chemise.....	10
Figure I.8 : Système d'injection.....	11
Figure I.9 : Principe du moulage en carapace.....	14
Figure I.10 : Arbre à came.....	14
Figure I.11: Bloc moteur.....	116
Figure I.12 : Principe du moulage perdu.....	17
Figure I.13: Genou.....	18
Figure I.14 : Coulée base pression d'une jante BBS.....	21
Figure II.1 : Différents types de Jantes.....	25
Figure II.2 : Diamètre d'une Jante.....	26
Figure II.3: Entraxe d'une Jante.....	27
Figure II.4 : Alésage d'une jante.....	27
Figure II.5 : Déport d'une jante.....	28
Figure II.6 : Moule permanent.....	46
Figure II.7 : Echantillons.....	46
Figure II.8 : Test de fatigue.....	47

Figure II.9 : Production en série.....	48
Figure II.10 : Jante BBS.....	49
Figure III.1 : Profile de Solid Works	51
Figure III.2 : Profile de l'Ansys.....	52
Figure III.3 : Démentions du modèle de la jante.....	54
Figure III.4 : Etape 1 de la conception de la jante en acier.....	54
Figure III.5 : Etape 2 de la conception de la jante en acier.....	55
Figure III.6 : Etape 3 de la conception de la jante en acier.....	55
Figure III.7 : Etape 4 de la conception de la jante en acier.....	56
Figure III.8 : Etape 1 de la conception de la jante BBS.....	56
Figure III.9 : Etape 2 de la conception de la jante BBS.....	57
Figure III.10 : Etape 3 de la conception de la jante BBS.....	57
Figure III.11 : Etape 4 de la conception de la jante BBS.....	58
Figure III.12 : Jante en acier	58
Figure III.13 : Jante BBS (aluminium).....	58
Figure III.14 : Vue maillée de la jante en acier	59
Figure III.15 : Vue maillée de la jante BBS.....	59
Figure III.16 : Déformation équivalent.....	60
Figure III.17 : Déformation totale.....	60
Figure III.18 : Déformation équivalent.....	60
Figure III.19 : Modèle d'ordinateur 3D.....	61
Figure III.20 : Jante BBS	61

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Caractéristiques des différents sables utilisés en moulage en sable.....	4
Tableau 2 : Température de fusion des métaux dans les différents procédés de moulage.....	19
Tableau 3 : Différents procédés de moulage des matériaux.....	20
Tableau 4 : Marque sur la jante et ses utilisations.....	29
Tableau 5 : Profil de coupe de la jante.....	30
Tableau 6 : Caractéristiques des deux jantes et la pression circonférentielle appliqué.....	59

LISTE DES SYMBOLES

GS : Fonte proche de l'acier et facile à usiner.

PCD : Entraxe de la jante.

CB : Alésage de la jante.

ET : Déport de la jante.

DCL : Diagramme de forces.

ABS : Système de freinage antiblocage.

MPa : Unité de pression méga pascalle.

TUV : Organisme de contrôle.

BBS : Marque de jante (Baumgartner, Brand, Schiltach).

IGES : Spécification d'échange graphique initial.

DIN : Comités de normalisation.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

IATF : International Automotive Task Force.

Résumé :

Dans ce travail on a cité la meilleure technique de conception des jantes automobile par le moulage sous pression et aussi faire une comparaison entre jante en acier et jante BBS en aluminium.

In this work we cited the best technique for designing automotive rims by die-casting and also made a comparison between steel rim and aluminum BBS rim.

في هذا العمل ، استشهدنا بأفضل تقنية لتصميم جنوط السيارات عن طريق الصب بال قالب كما قمنا بإجراء مقارنة بين الحافة الفولاذية وحافة المصنوعة من الألومنيوم. BBS

Introduction générale :

Le moulage aujourd'hui est l'un des procédés les plus utilisés pour la fabrication en unité et en très grandes séries dans la bonne manière.

C'est une technique de mise en forme essentiellement appliquée à l'aluminium, aciers et fonte. Il est utilisé dans de très nombreux domaines : L'automobile, l'aéronautique, l'agriculture et d'autres secteurs industriels.

La qualité d'un objet moulé dépend de trois critères :

- 1-la conception des formes de la pièce.
- 2-la conception de la qualité de réalisation de l'outillage (moule).
- 3-les conditions et les paramètres de moulage.

La matière, les paramètres de moulage, la spécificité du moule et l'empreinte constituent une série à établir à chaque conception.

L'étude porte sur le moulage par pression d'une jante automobile.

Dans le premier chapitre on a défini les différents procédés de moulage avec leurs principes de fonctionnement. Ensuite, nous avons cité leurs domaines d'application et leurs avantages et inconvénients.

Dans le deuxième chapitre on a défini la jante avec sa géométrie et sa forme, ensuite on a cité ses matériaux de fabrication avec une étude dynamique de la roue et la fabrication d'une jante par moulage sous pression, enfin le nouveau développement de la fabrication des jantes par la société BBS est établi.

Dans le troisième chapitre on a fait la conception des deux jantes BBS (aluminium) et jante en acier sur Solid Works, après l'analyse statique on a conclu que la jante BBS (aluminium) est plus résistante que la jante en acier et aussi elle a un esthétisme plus beau que la jante en acier.

L'objectif principal de notre étude est de déterminer le procédé de moulage et de fabrication et au même temps choisir la forme idéale de la jante.

CHAPITRE I :

Classification des procédés

de fabrication par moulage

I-1-Introduction :

Un procédé de fabrication est un ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. Ces procédés de fabrication font partie de la construction mécanique. Les techniques d'assemblage ne font pas partie des procédés de fabrication, elles interviennent une fois que les différentes pièces ont été fabriquées. On parle de procédé de fabrication pour tous les objets. (1)

I-2- Le moulage:

Un moulage réussi demande beaucoup de réflexion et de goût. Avant toute opération, il faut étudier minutieusement les formes, en sentir les moindres détails. Avec un peu d'expérience, cette observation attentive du modèle alliée à un peu de pratique permet de déterminer le choix de la technique, et des produits à utiliser.

C'est principalement le travail du modélisateur, qui d'après la pièce à réaliser, détermine les modèles à réaliser, les empreintes dans les moules, les noyaux ; le tout en tenant compte des impératifs de démoulage, de retrait de la matière.

De ce fait nous avons plusieurs façons de faire un moulage qui se présente ci-après

I-2-1-Moulage en sable :

Le moulage en sable est un procédé de fonderie qui utilise une empreinte réalisée dans du sable dont la composition le rend à la fois facile à mouler et suffisamment figé pour pouvoir y couler le matériau fondu. Il convient pour des matériaux de fonderie dont le point de fusion est élevé type fonte et acier. Ce sont souvent des petites séries, des prototypes ou des pièces de grandes dimensions. Le moule comporte les châssis qui contiennent le sable, le sable + ses additifs, l'empreinte créée à partir du modèle et de noyaux, le modèle ou plaque modèle, les noyaux.

Pour le moulage au sable, il existe plusieurs types de sables: si la silice est le plus répandu de par son faible coût, on a trouvé également d'autres sables aux caractéristiques variées et adaptées au type de pièces (Matériau, forme et résistance), ainsi il est fréquent de trouver des sables complexes types chromite, zircon ou kerpélite.

Les caractéristiques des différents sables utilisés en moulage en sable, peuvent être résumées dans le tableau ci-dessous : (3)

Tableau 1 : Caractéristiques des différents sables utilisés en moulage en sable.

	Chromite	Kerphalite	Olivine	Silice	Zircon
Prix	Elevé	Elevé	Moyen	Faible	Elevé
Densité (Kg/m ³)	4.5	3.1	3.5	2.6	4.5
T°C Fusion	2100°C	1850°C	1850°C	1725°C	2300°C
compatibilité	Haute	Haute	Moyenne	Très haute	Très haute

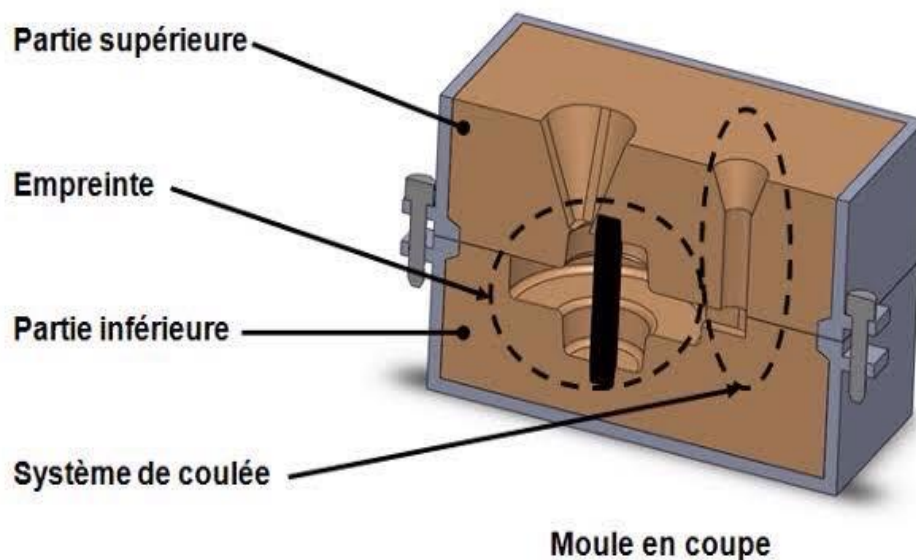


Figure I.1 : Moulage en sable en coupe. (3)

I-2-1-1-Principe :

Le matériau est coulé dans un moule en sable. Le moule sera détruit après la fabrication de chaque pièce, il faut donc refaire un moule pour chaque pièce.

Le moule est fabriqué en au moins deux parties. Chaque partie ayant une empreinte donnant la moitié des formes de la pièce. Pour chaque partie du moule on utilise donc un modèle (en métal, bois ou autre matériau) qui enfoncé dans le sable va laisser son empreinte dans la partie du moule. Le modèle est ensuite extrait du moule avant que les deux parties du moule soient assemblées. Lorsque la pièce à des formes intérieures qui empêche toutes extraction du modèle, on insère entre les deux parties du moule un noyau en sable qui devra être maintenu dans le

moule, puis détruit après démoulage de la pièce. Ce noyau est donc fabriqué de la même manière que chacune des parties du moule en tassant du sable dans un modèle en deux parties ayant les formes de la pièce. (4)

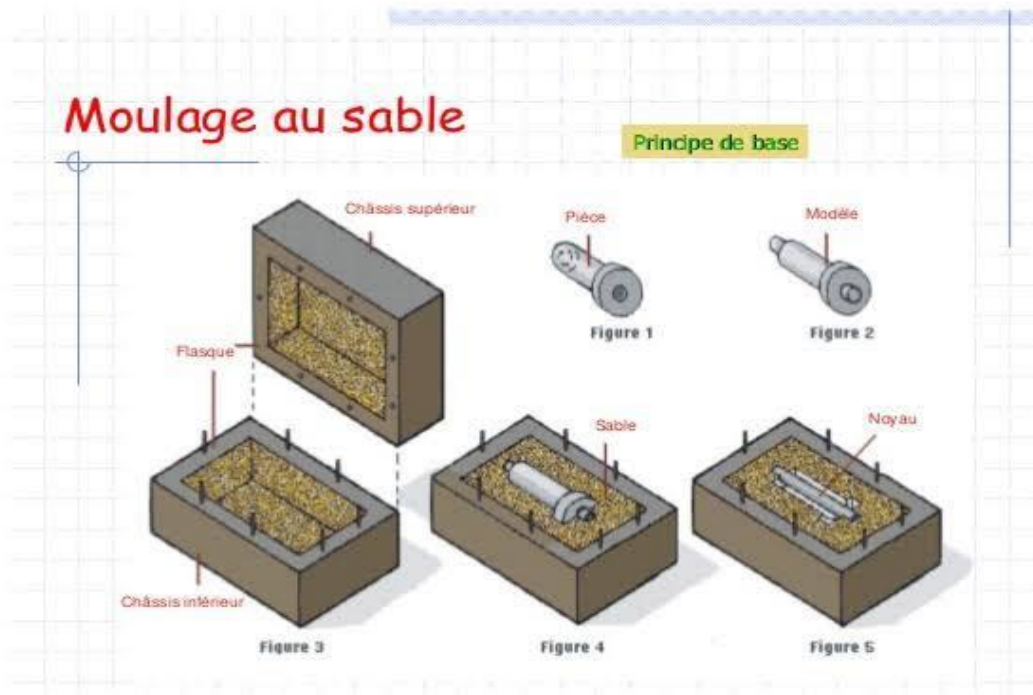


Figure I.2 : Principe du moulage en sable (4)

I-2-1-2. Domaines d'application :

Le moulage en sable convient pour des pièces plus grandes avec des formes complexes. Ces composants se rencontrent dans une grande variété d'industries parmi lesquelles la production de ciment, l'exploitation minière, la transformation des métaux ou la production d'énergie. Nous travaillons avec un réseau de partenaires et de fabricants triés sur le volet pour vous apporter des pièces moulées de qualité supérieure, comprenant :

- Grilles de refroidissement, doublures de moulin, manèges et rouleaux de poussée (industrie du ciment)
- Bagues en bronze (la plupart des industries).
- Têtes, tourillons et engrenages (industrie minière).
- Rotors, boîtiers de roulement et têtes de sécheuse (Industrie du papier et pâte à papier).
- Boîtes d'engrenage, accouplements et pignons (Production d'énergie).
- Wagonnets complets de granulés (Industrie de la granule).

- Tambours enrouleurs (industrie sidérurgique).
 - Turbines et soupapes Wicketgates, Kaplan, Francis et Pelton (Industrie hydraulique).
- (5)

I-2-1-3-Avantages :

- ✓ Possibilité de mouler des matériaux dont le point de fusion est élevé (acier, fonte).
- ✓ Possibilité de mouler des pièces de (très) grande taille (Moulage de carters de machines).
- ✓ Procédé rentable pour les petites et moyennes séries (quelques dizaines à quelques milliers de pièces). (4)

I-2-1-4-Inconvénients :

- ✓ Surfaces obtenues peu précises (0,5 mm) Nécessite un usinage des surfaces fonctionnelles.
- ✓ Procédé peu rentable pour les grandes séries. (4)

I-2-2- Moulage en coquille :

Le métal fondu, est coulé dans un moule métallique nommé "coquille" soit par gravité soit sous pression. La température de fusion du métal coulé doit être inférieure à la température de fusion du matériau constituant le moule. Dans le moulage par gravité, le métal fondu est versé directement dans le moule par le canal de coulée et dans le moulage sous pression le métal fondu est injecté dans le moule au moyen d'une pompe qui exerce sur le métal des pressions très élevées. Le moulage sous pression nécessite des presses très puissantes. (6)

I-2-2-1- Moulage par gravité :

Le moule métallique est composé de parties assemblées (en fonte ou en acier mi-dur) positionnées par des goujons, un canal de coulée, des évents, des tirées d'air, des extracteurs pour l'éjection de la pièce et un ou plusieurs noyaux. (6)

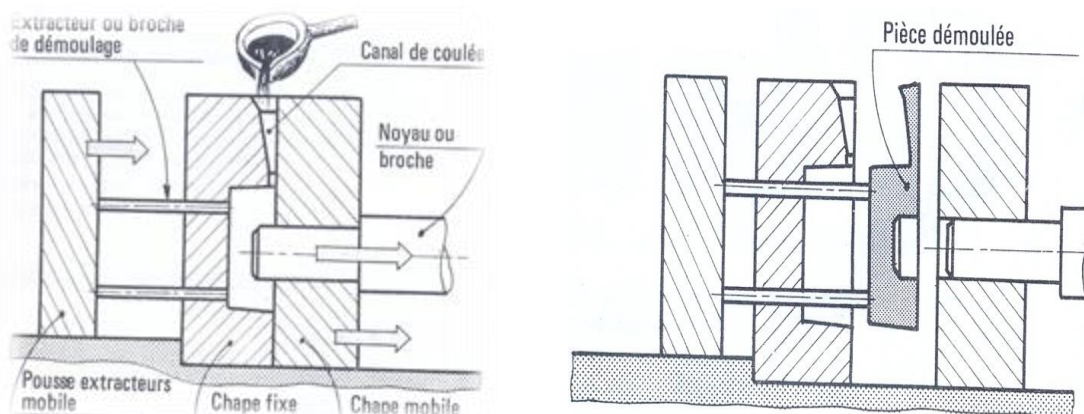


Figure I.3 : Positions du moule d'un moulage de gravité. (6)

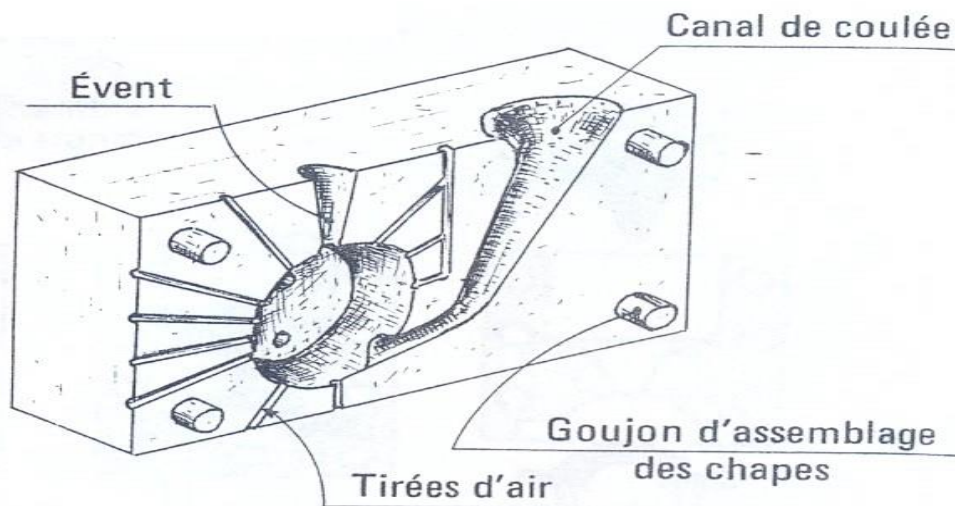


Figure I.4 : Perspective de la chape fixe. (6)

I-2-2-1-1 : Avantages et inconvénients :

- ✓ Ce type de moulage convient pour une production élevée et pour des petites pièces qui ont des épaisseurs uniformes et des trous simples.
- ✓ Avec ce procédé, on ne peut pas concevoir des trous de diamètre inférieurs à 6mm.
- ✓ Avec ce procédé, on ne peut pas mouler des filets extérieurs ou intérieurs ainsi que des rainures.
- ✓ Par rapport au moulage en sable, ce procédé favorise l'obtention des pièces plus uniformes et des tolérances serrées, un état de surface meilleur et des coûts de fabrication moindres.
- ✓ Une coquille supporte de 5 000 coulées pour les métaux lourds jusqu'à 20 000 pour les métaux légers.
- ✓ prix de revient des coquilles chers. (7)

I-2-2-2-Moulage sous pression :

Dans ce procédé, le métal liquide est injecté dans le moule de la machine sous pression (30 à 100 N/mm²). Le moulage sous pression est utilisé pour réaliser des grandes séries de pièces ayant une configuration compliquée et des dimensions précises. Il nécessite une machine comprenant une pompe à injection du métal fondu, des éléments mobiles qui assurent le moulage et le démoulage des pièces et un Système de refroidissement des moules. L'état de la surface obtenu avec ce type de moulage permet dans de nombreux cas, d'utiliser les pièces moulées sans usinage. (6)

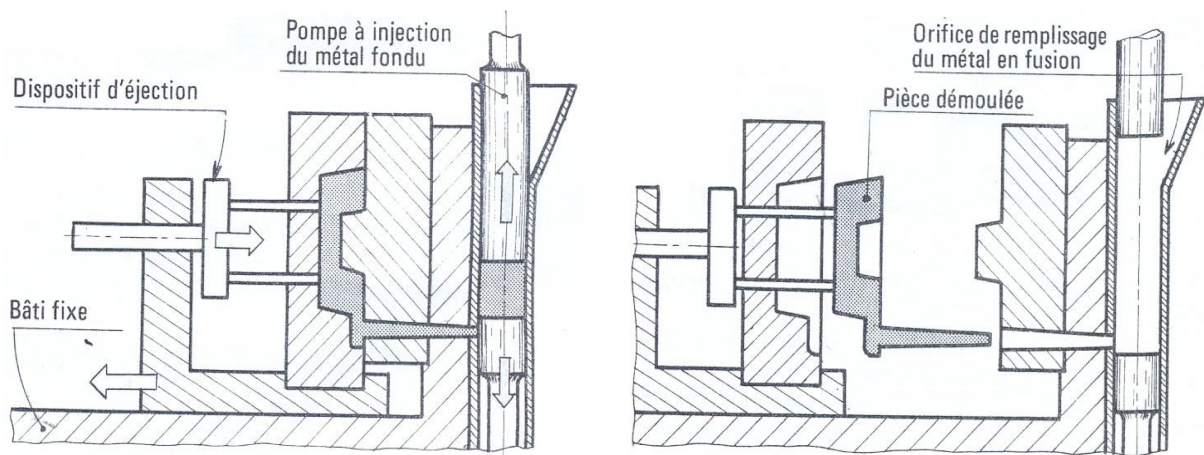


Figure I.5 : Positions du moule sous pression. (6)

I-2-2-2-1- Avantages et inconvénient :

- ✓ Ce procédé peut se faire sans dépouille.
- ✓ Ce procédé permet de couler des filets extérieurs ou intérieurs ainsi que des roues dentées, des cornières, des pièces d'horlogerie, des jouets, d'appareils électroménagers, etc.
- ✓ Ce procédé favorise la production d'un grand nombre de pièces moulées avec précision (tolérances serrées).
- ✓ Il permet le moulage des pièces minces.
- ✓ Il permet de reproduire des détails fins.
- ✓ La fabrication des pièces à prix concurrentiels, par ce procédé de moulage, se limite aux métaux non ferreux.
- ✓ Les dimensions des pièces moulées sont limitées. (7)

I-2-2-3- Domaines d'application :

- ✓ Convient pour la fonte et tous les alliages légers : Alliage d'aluminium, de magnésium et pour de laiton ...
- ✓ Valable pour les pièces produites en moyennes ou grandes séries et en petites séries répétitives. (7)

I-2-3- Moulage en centrifugation :

Le moulage par centrifugation est un procédé de mise en forme par moulage de pièces en matériaux plastiques et surtout composites sous forme de cylindres creux. Ces matériaux peuvent être à base de thermoplastiques et surtout de thermodurcissables.

Cette méthode est une extrapolation de la fabrication par centrifugation des tuyaux en fonte ou en béton. (8)

I-2-3-1-Principe:

Un procédé utilisé pour produire des pièces de révolution tels que les tubes, les couronnes ... etc sans usage d'un noyau. Le moule est mis en rotation selon un cycle pendant la coulée et la solidification de l'alliage. En général le moule est métallique, mais il peut être garni intérieurement d'un revêtement réfractaire ou en sable. Les parois du moule appliquent à l'alliage une accélération centripète de 15 à 30 fois l'accélération de la pesanteur. La centrifugation se fait sur des machines à axe vertical, horizontal ou oblique. (6)

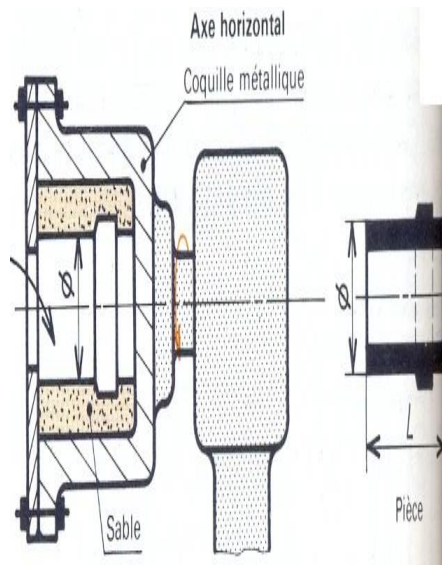


Figure I.6 : Principe du moulage de centrifugation. (6)

I-2-3-2- Domaines d'application :

- Chemise de cylindre pour les moteurs à explosion, coulée en fonte sur des machines automatiques (carrousels de centrifugation).
- Bague de palier en fonte, bronze ou alliage de régule.
- Cylindre broyeur en acier ou fonte GS.
- Cylindre de laminoir en coulée verticale. (8)



Figure I.7 : Chemise. (8)

I-2-3-3-Avantages et inconvénients :

- ✓ aucune perte de métal: évite l'usage des noyaux axiaux pour les pièces de révolution.
- ✓ possibilité d'empiler des couches diverses de matériaux.
- ✓ propriétés mécaniques élevées du produit coulé, structure à grains fins et rendement élevé.
- ✓ -Caractéristiques mécaniques les plus élevées obtenues en fonderie
- ✓ L'inconvénient réside dans le coût élevé des équipements et installations. (9)

I-2-4-Moulage par injection :

Le moulage par injection est un procédé de transformation de matières thermo-formables, comme les matières plastiques, les élastomères (caoutchoucs), et les métaux et alliages à point de fusion relativement bas comme l'aluminium, le zinc ou le laiton. Le moulage par injection permet la fabrication de pièces en grande ou très grande série. La matière est ramollie, puis injectée dans des moules installés sur une machine spéciale (presse), et composés de deux coquilles (partie fixe et partie mobile). La matière est ensuite refroidie puis la pièce est éjectée du moule.

Le moulage par injection permet de fabriquer des objets en moyen ou très grande série, dans la bonne matière. La qualité du moule et la précision du processus permettent d'obtenir des pièces de production visuelles et fonctionnelles. Ces pièces séries sont produites pour de nombreux domaines. Elles sont utilisables pour les appareils ménagers ou dans l'automobile par exemple. (10)

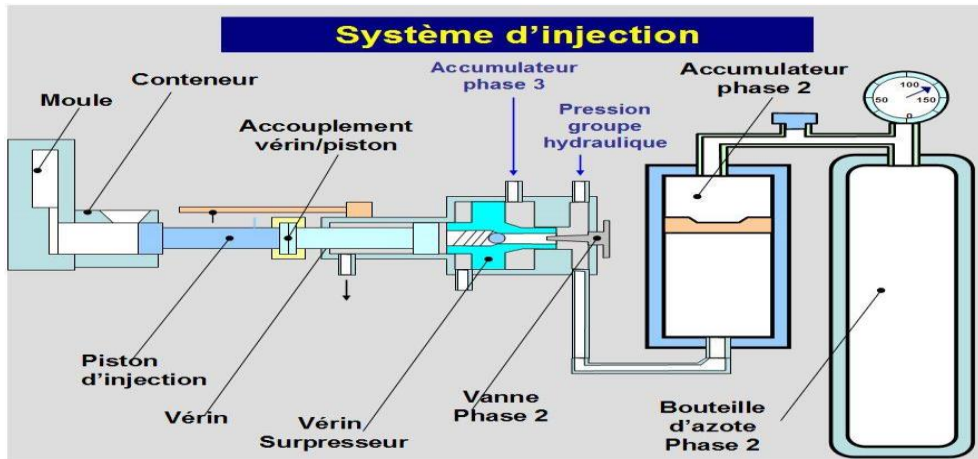


Figure I.8 : Système d'injection. (10)

I-2-4-1-Principe :

Le moulage par injection utilise des matières thermoplastiques. Ces dernières se présentent sous forme de granulés avant la phase de transformation. Elles sont ramollies sous l'effet de la chaleur. Une fois sous forme liquide, la matière est injectée dans un moule et prend l'empreinte de celui-ci. Ensuite, elle va refroidir et se solidifier. Lorsqu'elle a retrouvé sa dureté, on peut extraire la pièce qui devient utilisable. (11)

I-2-4-2-Domains d'application :

Le procédé d'injection plastique est utilisé dans de nombreux secteurs pour la conception de pièces en plastique qui se présente si-après :

- L'automobile (boîtiers d'airbag, ceintures de sécurité) .
- L'emballage fonctionnel dans le domaine des boissons, de l'hygiène personnelle ou des soins à domicile.
- Les équipements médicaux (cuvettes d'analyse sanguine, les tests de grossesse) .
- L'électrique & l'électronique (les boîtiers pour outillages électroportatifs, les tuyaux d'aspirateur) .

Mais l'industrie aérospatiale ou encore l'industrie des jouets sont aussi d'importants consommateurs de pièces réalisées par injection plastique.

Les produits domestiques, tels que paniers de courses, papeterie, mobilier de jardin, claviers, boîtiers de produits électroniques, boutons et poignées de casseroles.

De ce fait, avec les dernières avancées technologiques, l'injection plastique évolue vers labi, tri, quadri injection de matières différentes et compatibles, dans le but de satisfaire de nouveaux marchés. En injectant ainsi jusqu'à 6 matières différentes, la pièce obtenue est susceptible de gagner en densité, texture, couleur, rigidité ou encore, niveaux de transparents. (12)

I-2-4-3-Avantage :

- ✓ Une Haute précision, finesse du détail : le moule en aluminium réalisé permet d'obtenir des pièces finies, dans des formes complexes, pour des pièces pesant quelques grammes à plusieurs kilogrammes. En utilisant l'injection thermoplastique, le plus souvent il n'est même pas nécessaire d'effectuer un usinage post production.
- ✓ Qualité de la pièce : l'utilisation de « bonne matière » pour l'injection donne aux pièces réalisées par injection thermoplastique la robustesse et les propriétés mécaniques des pièces de série. Cela permet d'effectuer des tests ou même de commercialiser une petite série. Le recours à un moule garantit également une excellente qualité pour toutes les pièces produites.
- ✓ De plus petit au plus grand : le moulage par injection nécessite la création d'un moule qui peut être très petit ou bien très grand, en fonction des besoins, tout en gardant une grande précision. C'est pourquoi cette méthode de prototypage rapide est utilisée dans le domaine médical comme automobile.
- ✓ Prix et délais : si l'investissement de base est coûteux, l'injection thermoplastique ou moulage par injection, utilise un moule en aluminium, moins cher que les moules en acier couramment utilisés dans les productions de pièces de séries. Cela permet de réduire les coûts, tout en assurant la production d'une centaine jusqu'à plusieurs milliers de pièces, en gardant la même qualité d'exécution. Elle garantit également, une fois le moule élaboré, la production rapide d'une grande quantité de pièces finies. (13)

I-2-4-4-Inconvénients :

- ✓ Le coût de conception d'un moule. Pour un moule en acier par exemple, la rentabilité du projet sera possible pour une production en grande quantité, au minimum 100 pièces.
- ✓ La durée de vie du moule, qui varie en fonction de la matière première choisie. L'aluminium sera moins onéreux que l'acier, mais avec une durée de vie plus faible.
- ✓ Le temps de fabrication d'un moule, plus long que les autres procédés. (14)

I-2-5-Moulage en carapace :

Le moulage en carapace est comme le moulage mécanique en sable et dont il a un aspect particulier. Le métal liquide est coulé dans un moule constitué de deux coquilles appelées carapaces ou masques. (15)

I-2-5-1-Principe :

Préparation du sable de moulage (séchage, additions).

Chauffage de la plaque modèle (réversible) jusqu'à 200 -300°C après pulvérisation d'une émulsion destinée à empêcher le collage ultérieur du masque. Le chauffage de la plaque est effectué par un dispositif incorporé à la machine et dont la puissance de chauffage est réglable.

Verser sur la plaque-modèle chauffée un mélange de grains de silice (sable) et de résine thermodurcissable (indéformable à la chaleur après solidification). C'est ce mélange de sable qui est en contact de la plaque modèle chaude qui formera ainsi en 15 secondes une carapace 29 solide d'épaisseur uniforme d'environ 5mm et qui constitue le moule.

L'ensemble caisson et plaque modèle est retourné (basculer) pour laisser tomber le mélange de sable et de résine qui n'a pas adhéré à la plaque modèle.

La plaque modèle et la carapace sont ensuite placées dans une étuve pendant 1 à 2 minutes à la température de 350°C. La carapace devient alors très dure et rigide. La surface intérieure en contact avec la plaque modèle est parfaitement lisse, ce qui va donner à la pièce moulée un très bon état de surface.

La deuxième partie est préparée identiquement, mais la plaque modèle est munie de mandrin de coulée facilement adaptable et démontable.

Les carapaces ainsi formées sont assemblées, éventuellement avec des noyaux et collés. Les trous d'évent ne sont pas indispensables, les carapaces étant perméables. Après l'assemblage le moule est alors prêt pour la coulée.

Les pièces moulées sont décochées facilement en brisant les carapaces et le sable de moulage est régénéré ensuite (réutiliser). Les moules à joints verticaux sont placés dans un châssis et calés avec du sable ou de la grenaille de fonte.

Lors de la coulée, la résine brûle en contact avec le métal en fusion en provoquant une excellente porosité. Ce procédé s'applique à tous les métaux et permet d'obtenir des pièces brutes avec des tolérances dimensionnelles et de formes beaucoup plus faibles qu'avec le moulage en sable traditionnel. Les frais d'usinage sont alors diminués. Le coût de fabrication élevé de la plaque modèle et le prix non négligeable de la résine fait que ce procédé n'est utilisé que pour mouler des pièces petites ou moyennes en grande série. (16)

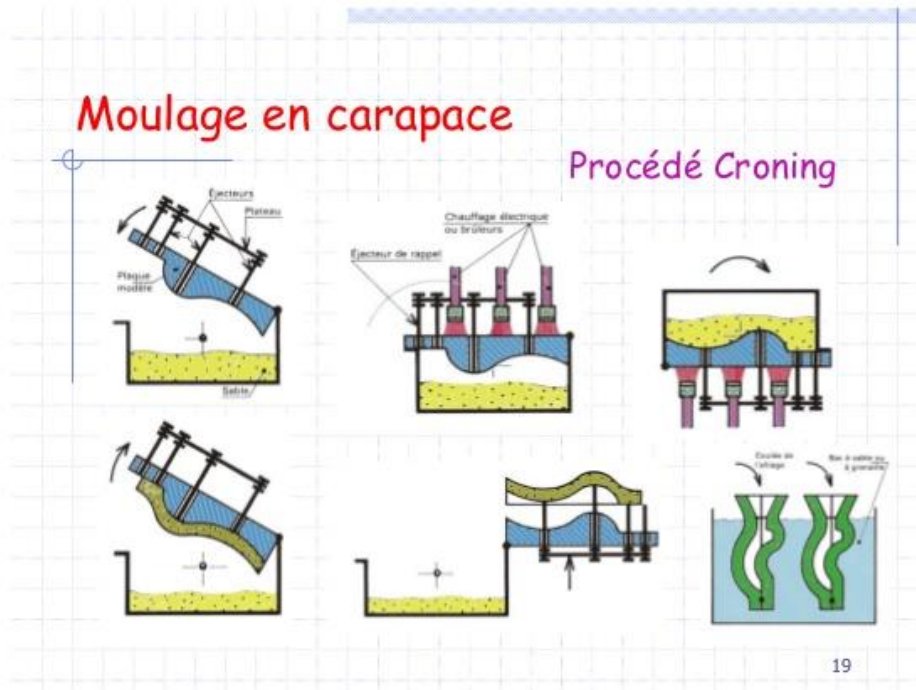


Figure I.9 : Principe du moulage en carapace. (16)

I-2-5-2-Domaine d'application :

Dans l'industrie automobile, les carapaces sont utilisées pour couler les arbres à cames et les chemises de cylindre. Assemblage du modèle de carter cylindre avec un noyau par cylindre et les noyaux d'extrémité. (17)



Figure I.10 : Arbre à came. (17)

I-2-5-3-Avantages :

- L'empreinte a un meilleur état de surface ce qui facilite l'écoulement du
- Métal liquide et conduit à un meilleur état de surface des pièces finies.
- Bonnes précisions dimensionnelles.
- Ne nécessite pas obligatoirement de machine.
- L'aptitude au déburrage des noyaux permet d'éviter la formation de fissures dans la pièce
- Peut être mécanisé pour une production en série. (18)

I-2-5-4-Inconvénients :

- Plaques modèle plus coûteuses
- Difficilement justifiable pour une petite série.
- Résine chère.
- Limite en poids. (18)

I-2-6-Moulage perdu :

Les différents procédés de moulage étudiés précédemment partent tous du principe suivant : le moule est en deux ou plusieurs parties afin de pouvoir en sortir le modèle ou donner l'empreinte voulue à chacune des parties. L'expérience montre qu'un tel moule, même si les différentes parties sont assemblées avec beaucoup de soins, ne permet pas d'atteindre une grande précision. De là l'idée de faire un moule en une seule pièce pour obtenir un moulage très précis. Le moulage perdu est un moulage de précision dont le but est de supprimer tout ou en partie l'usinage s'il y a lieu. La précision maximum pratiquement obtenue est de l'ordre de $\pm 0.07\text{mm}$ est couramment de 0.3% en valeur relative. Ce mode de moulage est connu depuis la plus haute antiquité. Les chinois et les grecs l'utilisent pour la fonderie d'objet d'art, il s'est conservé à peu près intégralement pour la fonderie artistique et s'est perfectionné de nos jours pour la coulée de bijouterie et la fabrication de prothèses dentaires en or ou en acier inoxydable exigeant une grande précision. Il s'est enfin étendu à la production de petites pièces mécaniques à partir de tous les alliages. (15)



Figure I.11 : Bloc moteur. (15)

I-2-6-1-Principe :

Le moule est construit autour d'un modèle en cire, lequel ensuite est éliminé par fusion pour libérer l'empreinte formée. L'obligation de détruire le modèle enfermé, impose de fabriquer, non seulement un moule par pièce, mais un modèle par moule. Il faut donc fabriquer en série des modèles fusibles. La gamme de fabrication d'une pièce par ce procédé est la suivante :

Créer un modèle inerte généralement en bronze ou en laiton usiné avec une grande précision et parfaitement polis. Ses dimensions sont déterminées en tenant compte de retraits de la cire, du métal coulé et de la dilatation du revêtement réfractaire du moule.

Confectionner une coquille à l'aide du modèle inerte ou confectionner une coquille démontable reproduisant rigoureusement le modèle inerte.

Injecter la cire sous pression dans la coquille pour obtenir successivement autant de modèles fusibles qu'on le désire. Aujourd'hui on remplace de plus en plus la cire par une résine thermoplastique telle que le polystyrène qui commence à fondre vers 150 -200°C et brûle à 450°C et n'est pas récupéré. Les grappes de modèle sont obtenues directement par injection de polystyrène dans des moules métalliques portant les empreintes.

Trempe et enveloppement du modèle s'effectue par projection d'une très fine couche (quelque dixième de mm) d'un enduit réfractaire très fin (silice et liant) ensuite séchage à l'air.

Fusion du modèle perdu élimination du modèle par chauffage à une température de 200°C.
(15)

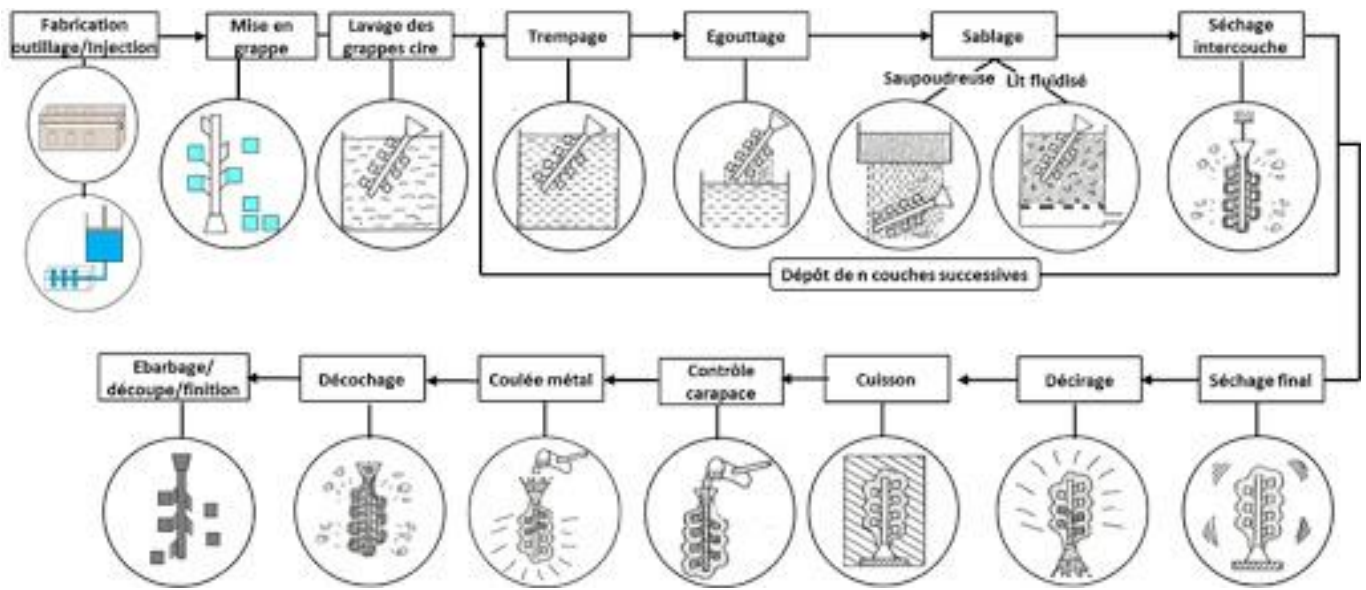


Figure I.12 : Principe du moulage perdu. (15)

I-2-6-2-Domains d'application :

Tous les métaux ferreux et non ferreux peuvent être moulés par ce procédé. On peut classer les applications d'après la nature des alliages :

- Alliages réfractaires ou inoxydables.
- Alliages impossible ou difficile à forger et à usiner.
- Alliages faciles à usiner mais dont l'usinage ultérieur serait trop complexe.

Les pièces fabriquées ont un poids variant de quelques grammes à quelques kilogrammes. Des épaisseurs de l'ordre du demi-millimètre peuvent être obtenues. Ce procédé permet d'obtenir le moulage de pièces de formes très compliquées irréalisables par les autres procédés de moulage. Il permet aussi la fabrication d'outils en acier rapide ou en alliages spéciaux à coupe ultra rapide à leur forme définitive et utilisable sans autre usinage que l'affûtage.

Ce procédé est utilisé dans de nombreux domaines notamment des prothésistes dentaires ou articulaires (couronne, appareil dentaire, genou, hanche, etc.). (15)



Figure I.13 : Genou. (15)

I-2-6-3-Avantages et inconvénients :

- ✓ Permet une production en grande série de pièces complexes qui seraient difficiles ou impossibles à obtenir avec d'autres procédés de moulage ou par usinage.
- ✓ Permet de reproduire des détails compliqués avec une grande précision et une rugosité faible.
- ✓ Utilisable pour des métaux disposant d'une très haute température de fusion.
- ✓ Ne permet pas d'avoir des pièces massives.
- ✓ Induit un coût d'outillage élevé pour des pièces de masses supérieures à 12kg. (19)

I-3-Les différents types de moules :

Dans ces procédés, le moule peut-être permanent ou non permanent (destructible).

- Le moule non permanent : n'est utilisé qu'une seule fois, pour extraire la pièce. Il faut le détruire, l'empreinte est obtenue par moulage du matériau constitutif autour d'un modèle réalisé en bois ou en métal.

- Le moule permanent : peut servir un grand nombre de fois, il est réalisé en plusieurs parties pour faciliter l'extraction de la pièce. Il est utilisé surtout lorsque la quantité de pièces à couler est importante.

Le choix des procédés de moulage en dépend du métal à couler. En général la température de fusion du métal coulé doit être inférieure à la température de fusion du matériau constituant le moule.

Tableau 2 : Température de fusion des métaux dans les différents procédés de moulage.

Métaux et température de fusion	Moulage En sable	Moulage En coquille
Fonte : 1100 à 1250°C Acier : 1200 à 1500°C	Moulage en sable avec ou sans noyau. Moulage en carapace : procédé Corning. Moulage à la cire perdue	Moulage impossible sans détériorer les coquilles.
Cuivre et ses alliages : Laiton : 940°C Cuivre et ses alliages : Laiton : 940°C Aluminium et ses alliages : Alpax et Zamack : Environ 610°C	Moulage en sable : -Pour les grosses pièces. Exemples : -Cloches en bronze. -Hélices de bateaux. - Pour les petites séries	Moulage en coquille : - Pour les grandes séries. - Avec ou sans pièce (prisonnier) insérée au moulage -Par gravitation ou sous pression. Exemples : -Carter de boîte de vitesses (alpax) - Corps de carburateur (zamack).

Comme il a été susmentionné, le moulage est généralement très économique, mais les caractéristiques d'un alliage coulé sont plus faibles que celles du même alliage forgé. Les défauts de fonderie, fréquents dans les pièces moulées, diminuent encore leur résistance globale, certains de ces défauts, dus aux gaz occlus ou à la contraction du métal au refroidissement, mais peuvent être évités par un tracé judicieux des formes.

La technique du moulage vise le plus souvent la fabrication d'objets en série plus ou moins importante. Dans la coulée sous-pression, l'objet une fois solidifié peut être libéré (démoulage) sans détérioration du moule, et dans le moulage sable, on fabrique autant de moules que de pièces (cas de la fonderie au sable). (15)

Tableau 3 : Différents procédés de moulage des matériaux.

N	Procèdes de moulage	Domaines d'application	Avantages	Inconvénients	Matériaux de fabrication
1	En sable	Boîte d'engrenage, turbine et soupape.	Moulage de pièce a de très grande taille.	Peu rentable pour les grandes séries.	Fonte et acier.
2	En coquille : -par gravité -en sous pression	Culasse, support Moteur.	-Un état de surface meilleure. -moulage des pièces minces.	- On ne peut pas mouler des filets extérieurs ou intérieurs. -les dimensions des pièces moulées sont limitées.	Fonte et tous les alliages légers.
3	Par injection	L'emballage, boitier d'air bag.	Haute précision, finesse du détail.	Le cout de conception d'un moule.	Caoutchoucs, l'aluminium et le zinc.
4	Par centrifugation	Chemise cylindre, bague de palier.	Aucune perte de métal.	Le cout élevé des équipements et installation.	Thermodurcissable
5	En carapace	Arbre à came, carter.	Bonnes précision dimensionnelles.	Limite en poids, résine chère.	Alliages (ferreux Et cuivreux).
6	Perdu	Appareil dentaire, genou.	Production en grande série.	Cout d'outillage élevé.	Métaux ferreux et non ferreux.

I-4-Production de la jante :

I-4-1-Alliages :

Seuls des alliages d'aluminium spécialement développés sont utilisés pour les jantes en alliage léger. Et nous visons la perfection dès la sélection des matières premières. Par la suite, ces matériaux confèrent à chaque roue en alliage léger ses propriétés uniques. Plus de 35 ans d'expérience dans le sport automobile et sur les routes du monde entier se retrouvent dans ces alliages. Pour cette raison, les compositions exactes sont encore un secret d'entreprise bien gardé, que seuls quelques employés ont le privilège de connaître. Autre les formules actuelles, le contrôle de précision des machines de coulée est un autre facteur décisif pour la qualité

exceptionnelle du produit. Ensuite, le moulage d'une roue constitue la base de sa perfection de traitement ultérieure. (32)

I-4-2- Technique Coulée basse pression :

Pour produire une roue vraiment parfaite et durable, il est essentiel de disposer d'une ébauche de coulée de qualité supérieure. Ils utilisent la technique de coulée d'aluminium à basse pression pour fabriquer cette base pour les jantes en alliage léger. Il s'agit de presser l'alliage d'aluminium dans un moule en plusieurs parties avec jusqu'à 2 bars de pression. Après avoir refroidi à env. 400 degrés centigrades, le moule est ouvert et l'ébauche de coulée est transportée vers le test de matériau initial sur une bande transporteuse. La coulée d'aluminium à basse pression est une technologie extrêmement sophistiquée et exige que leurs employés aient des connaissances spécialisées et une grande expérience. (32)



Figure I.14 : Coulée base pression d'une jante BBS. (32)

I-4-3-Technique de forgeage :

Le forgeage est un processus de formage sans coupe pour un matériau à l'état solide et chauffé. Afin de générer le plus haut degré de densité de matériau et de réduction de poids avec des performances optimales à partir de nos alliages d'aluminium ou de magnésium à haute résistance et durables, ils sont encore améliorés dans un processus de forgeage complexe. Cela implique de placer le moyeu en étoile chauffé ou la totalité de l'ébauche de roue dans une presse et de le comprimer en plusieurs étapes de travail à 5 000 à 8 000 tonnes de pression de fermeture pour densifier davantage le matériau sous une forme spéciale connue sous le nom de matrice. Entre les différentes étapes de travail, le flan est chauffé à plusieurs reprises à env. 400 degrés centigrades. En conséquence, une structure de matériau optimale est obtenue en particulier dans les zones de forte déformation, la roue peut être dimensionnée plus petite et ainsi plus légère. (32)

I-4-4-Traitement thermique :

Pendant le traitement thermique de plusieurs heures, les propriétés du matériau de la roue produite ultérieurement sont définies avec précision. Le traitement thermique des ébauches de coulée permet notamment le renforcement de l'alliage d'aluminium utilisé. Il se compose de trois phases. Première étape: recuit en solution. Cela se fait conformément à la norme DIN 1706 à des températures de 480 à 550 degrés centigrades, selon l'alliage. Il s'agit de sélectionner une température à laquelle une quantité suffisante des éléments d'alliage est dissoute dans une solution solide, pour permettre à la résistance de l'alliage d'augmenter. Dans la deuxième étape, la trempe, les ébauches sont refroidies par choc jusqu'à une température d'env. 70 degrés centigrades et sont dormants dans la troisième étape, le vieillissement artificiel, pour atteindre les valeurs de résistance souhaitées. Ce processus nécessite une précision absolue. (32)

I-4-5- Contrôle de qualité :

La qualité exige des performances optimales et une précision absolue. Au moment où le processus de production commence, accorde la plus haute valeur aux matières premières de haute qualité, aux équipements techniques de pointe, à la standardisation de tous les processus, aux contrôles après chaque étape de production et aux employés hautement qualifiés. Cela garantit que seuls les produits de première qualité quittent le site de production. Certifié par DIN EN ISO 9001 et IATF 16949, les normes de qualité internationales de l'industrie automobile.

Avec la simulation informatique, il est possible de réduire les options de solution pour de nouveaux défis avant même que la production en série ne commence. Les résultats finaux sont toujours déterminés par des bancs d'essai. Disposer d'un vaste champ de test avec toutes les installations de test pour les tests standard et les exigences des fiches de spécifications, pour simuler les conditions routières les plus difficiles. Mais même les exigences internes de la jante dépassent largement les exigences légales. En fin de compte, chaque roue doit non seulement respecter dix fois les cycles de test légaux dans certains cas, mais aussi les conditions extrêmes du sport automobile.

Un aperçu de certains scénarios de test:

Test de flexion en rotation :

Ce test simule la force latérale qui affecte la roue lors de la négociation d'une courbe. Pour cet essai, la roue est fixée rigidement au banc d'essai avec une bague de serrage sur l'épaule de la jante intérieure et sollicitée par un moment de flexion en rotation.

Banc d'essai de roues biaxiales :

Grâce à ce banc d'essai, on est capable de simuler à la fois les forces latérales et les forces normales, qui impactent réellement la roue du véhicule. En utilisant, par exemple, les tests «Nürburgring» ou «Hockenheim», il est en mesure d'emmener le circuit à grande échelle dans le laboratoire et de tester de manière réaliste les modèles de roues concernés dans les conditions les plus difficiles.

Test d'impact :

Ce test simule l'impact latéral lors de la conduite sur un trottoir. L'épaule de la jante extérieure de la roue et du pneu est frappé à plusieurs reprises par un poids de chute. Aucune perte d'air soudaine ne peut se produire pendant ce test. (32)

I-5-Conclusion :

Dans cette étude bibliographique, nous avons définis les différents procédés de moulage avec leurs principes de fonctionnement. Ensuite, nous avons cité leurs domaines d'application et leurs avantages et inconvénients. Cette étude montre aussi comment choisir le procédé de moulage et le type de moule qui convient à notre fabrication.

CHAPITRE II :
La classification des performance
Mécanique de la jante

II-1-Définition :

La jante est l'élément de la roue sur lequel se monte le pneumatique et qui le supporte.

Elle est généralement en métal ou très rarement en matériaux composites.

Elle assure la liaison entre le moyeu et le pneumatique. L'ensemble jante et pneu forme une roue.

Le plus souvent, les constructeurs automobiles équipent leurs véhicules de production courante de jantes en tôle d'acier embouties. Généralement, des enjoliveurs en métal poli ou en plastiques peints sont ajoutés pour l'esthétique du véhicule.

Les véhicules de sport ou haut de gamme sont équipés de jantes en alliage d'aluminium, plus légères et plus aérées (elles permettent une meilleure dissipation de la chaleur dégagée par les freins). Elles sont moulées (standard), ou forgées (haut de gamme), puis usinées. Cette technique permet une grande liberté de design.

En compétition, on voit des jantes en alliage d'aluminium, en alliage de magnésium en Formule 1, en carbone en motocyclisme ou en matériaux composites pour le karting.

On trouve encore des roues à rayons pour les automobiles de collection. (20)

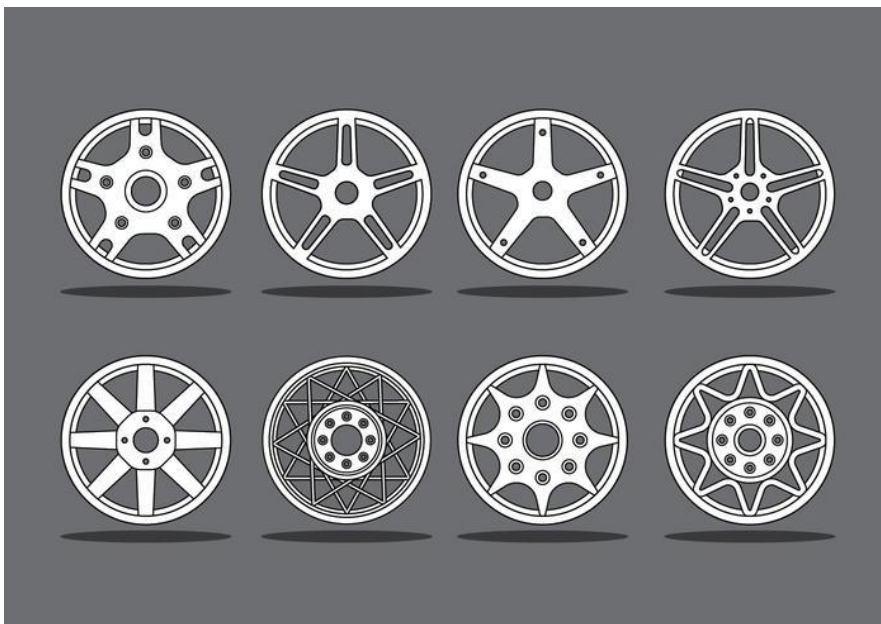


Figure II.1: Différents types de jantes. (20)

II-2: Géométrie et forme:

Les cotes principales qui permettent d'identifier une jante sont la suivant :

II-2-1-Diamètre :

Il est exprimé en pouces (1 pouce = 25,4 mm). Le diamètre fait référence à la zone dans laquelle le pneumatique est monté. Il est important de calculer le diamètre de la jante (il suffit de multiplier les pouces par 25,4) pour confirmer que le pneu à installer s'adapte bien à la jante.

Le diamètre est la mesure plus connue, 15", 17", 18", ... etc. (21)



Figure II.2: Diamètre d'une jante. (21)

II-2-2-Entraxe ou PCD:

Correspond au nombre de trous et au diamètre en millimètres du cercle passant par le centre des trous des écrous. Les jantes ont le même PCD que la véhicule, mais certains modèles peuvent utiliser des cales de changement d'entraxe permettant le montage de jantes avec un PCD différent de +/- 2 mm au PCD du véhicule.

Beaucoup utilisent aussi le double entraxe. Ces jantes présentent le double de trous nécessaires, c'est à dire 8 trous pour les véhicules à 4 vis et 10 pour ceux à 5.

Le double entraxe permet d'utiliser la même référence sur plusieurs véhicules, par exemple, un pneu qui a 10 trous avec une distribution 10x100/112, peut servir autant aux véhicules avec un entraxe 5x100 comme à ceux avec un entraxe 5x112. (22)

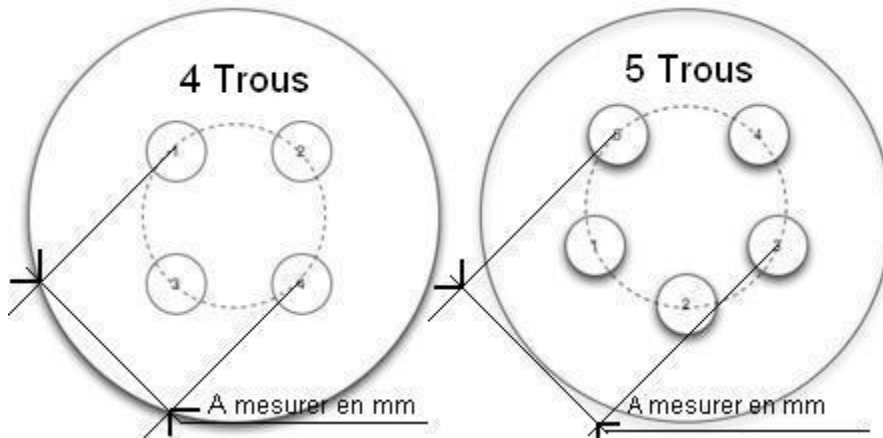


Figure II.3: Entraxe d'une jante. (22)

II-2-3-Alésage ou CB:

L'alésage correspond au diamètre en millimètres du trou centrale de la jante où vient se loger le moyeu pour centrer la jante. L'alésage de la jante doit être identique à l'alésage du véhicule, parce que si non la jante ne peut être bien centrée et on peut avoir des problèmes de vibration.

Normalement tous les fabricants utilisent un alésage standard et adaptent le diamètre de l'alésage à celui des véhicules au moyen de bagues de centrage (fabriquées en plastique ou aluminium). (22)



Figure II.4: Alésage d'une jante. (22)

II-2-4-Déport, ET ou offset:

Le déport ou ET correspond à la distance en millimètres entre le plan médian de la jante et le l'axe de fixation de la jante sur le moyeu du véhicule. Plus le déport ET est faible (négatif), plus la jante est «renvoyée» vers l'extérieur de la voiture (comme si elle avait des cales ou élargisseur). Un trop grand ET rapprochera la jante de l'amortisseur.

C'est le déplacement de la jante, vers l'extérieur ou l'intérieur. Si c'est vers l'extérieur c'est pareil qu'avec des élargisseur de voie, mais elle donne plus de sécurité puisqu'elle est faite d'une seule pièce. (23)

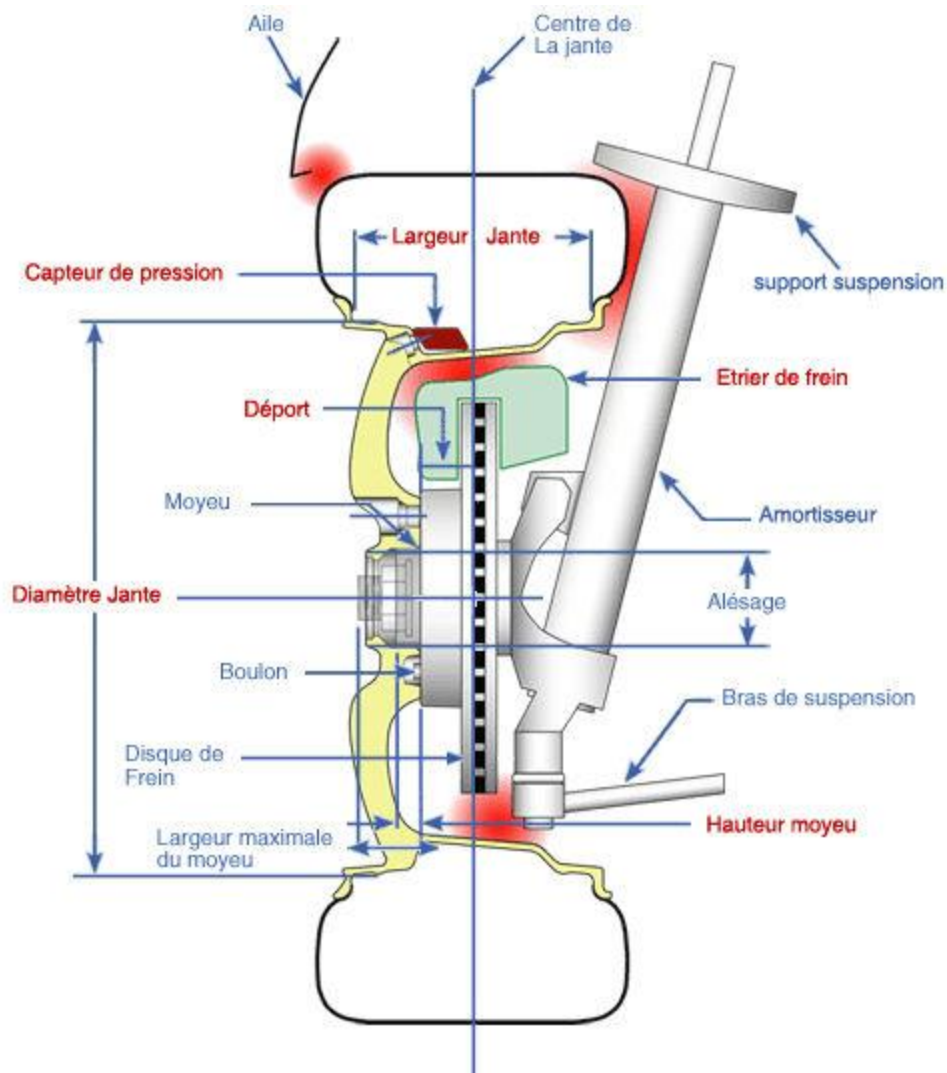


Figure II.5: Déport d'une jante. (23)

II-2-5-Profil de la joue de la jante :

Il existe plusieurs types de joues de jante. Nous les avons détaillés dans le tableau ci-dessous :

Tableaux 4 : Marque sur la jante et ses utilisations.

Marquage	Utilisation
A	Pour vélos, motos, scooteurs, mi-lourds, poids lourds, chariots à fourches.
B	Voitures de tourisme (largeur jante : 6 pouces.
D	Pour vélos, motos, scooteurs, mi-lourds, poids lourds, chariots à fourches.
E	Poids lourds, semi-lourds
F	Poids lourds
G, H	Poids lourds
J	Voitures tourisme
JJ	4x4
P, K	Voitures anciennes comme Jaguar ou très vieilles Bentley
S, T, V, W	Utilitaires

Il est impératif de respecter le profil de joue de jante requis par le véhicule et les pneumatiques.

Il est interdit de monter un pneu sur une jante dont le profil de joue serait incompatible. (24)

II-2-6-Profil de coupe de la jante :

Il 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. (24)

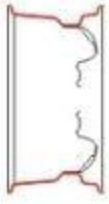


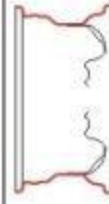


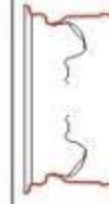
H	H2	FH	FH2	CH	EH2	EH2+
						
Hump	Double Hump	Flat Hump	Double Flat Hump	Combination Hump	Extended Hump	Extended Hump +

Tableau 5 : Profil de coupe de la jante.

- Exemple de marquage sur une jante :

6J x 15 H2 ET43

6 : largeur de la jante en pouces (1 pouce : 25.4 mm).

J : voiture tourisme.

15 : diamètre de la jante en pouces.

H2 : le profil de la coupe (double Hump)

ET43 : déport de la jante.

II-3 Matériaux de fabrication :

II-3-1-Jante en acier/tôle :

Les jantes en tôle sont montées en série par les constructeurs de voiture. Ce type de jante est surtout utilisé sur les petites voitures citadines. Si vous avez un double équipement pneumatique, les pneus neiges sont souvent montés sur des jantes acier. La roue de secours est elle aussi souvent en tôle. (25)

Ce style de jante ne tolère pas les chocs et l'esthétisme laisse souvent à désirer. La plupart des jantes en tôle sont équipées d'enjoliveur, destiné à rendre un aspect moderne à la voiture. Ce sont les jantes – matériaux les moins chères du marché, et les constructeurs n'hésitent pas à les utiliser à grande échelle pour économiser sur les coups de production. (25)

II-3-2-Jante en aluminium :

L'aluminium est un métal récent, découvert au milieu du 19ème siècle. On l'utilise pour la première fois en 1907 dans l'automobile pour la carrosserie de la "Silver-Ghost " de Rolls-Royce. Désormais les jantes en aluminium sont les plus vendues sur le marché. La technologie permet d'obtenir un rapport entre la qualité, la fiabilité et surtout l'esthétisme. Les véhicules équipés de jantes en aluminium ont un caractère plus prononcé, plus racé et original.

Au-delà du design, les caractéristiques des jantes aluminium influencent les performances de la voiture. Les jantes en aluminium sont plus légères que les jantes en acier. Les jantes – matériaux étant un élément non suspendu, leurs masses influencent nettement moins la force centrifuge du véhicule. La tenue de route est améliorée surtout dans les virages. De plus les alliages utilisés pour le façonnage des jantes alu sont des bons conducteurs de chaleur. Cette propriété permet d'évacuer plus rapidement la chaleur des freins à disque, et ainsi améliorer la force de freinage.

Le véhicule équipé de jante en aluminium est plus léger, donc plus maniable, avec des performances bonifiées à l'accélération et au freinage. L'aluminium reste malgré sa légèreté plus rigide que l'acier. Ce qui implique une meilleure endurance des jantes aluminium et ainsi diminue la sensation de carrossage des roues dans les courbes. (25)

II-3-3-Jante en matériaux composite :

Les jantes composites sont constituées de matériaux très légers, qui permettent d'accroître les performances des véhicules pour la vitesse et le poids. C'est un matériau de haute technologie qui a des avantages indéniables, mais qui nécessite encore des recherches pour une diffusion et une utilisation plus large.

Les jantes – matériaux peuvent être conçues avec plusieurs matériaux assemblés. On trouve le carbone, le kevlar, le magnésium et l'aluminium. Pour certains assemblages on utilise des colles époxy ultra résistantes.

Ce type de jantes est surtout utilisé par les adeptes de la performance. Le prix des jantes en composite étant élevé, on le retrouve surtout dans les voitures de sport haut de gamme ainsi que les écuries de compétition. Les jantes sont plus légères mais aussi très fragiles. Ce type de jantes accepte très bien des vitesses élevées constantes. En revanche les accélérations et les décélérations créées des points des ruptures au point d'ancrages des bâtons. Désormais, dans les écuries de compétition, on ne trouve que des jantes en magnésium. (25)

II-3-4-Jante en chrome :

Dans le domaine de l'Automobile, la jante en chrome est très appréciée. Il s'agit d'une jante alu ou en acier ayant subi un chromage.

Recouverte d'une couche de chrome, elle bénéficie des propriétés avantageuses de cet élément chimique à savoir :

- dureté augmentée ;
- capacité de résister à l'usure ;
- résistance à la corrosion ;
- apparence plus lisse, ainsi l'eau s'écoule plus facilement ;
- brillance de longue durée ;
- qualités esthétiques.

Jantes chromées peut représenter un budget conséquent. Afin de limiter ses dépenses, pourquoi ne pas opter pour la rénovation de ses jantes grâce à un produit innovant donnant un aspect chromé très réussi.

Il s'agit d'un liant acrylique de coloris argent chromé. Les atouts de ce produit sont les suivants :

- Facile à utiliser.
- Rapide à poser.
- Séchage express : à noter que le temps de séchage de ce produit destiné à chromer les jantes varie en fonction de la température ambiante.

- Capacité couvrante optimum.
- Résistante au sel de déneigement, au gel, à l'eau, au nettoyage haute pression, aux rayures, au contact par frottement (exemple, contre les trottoirs). (25)

II-3-5 -Jante-Matériaux Roue de secours:

La tâche primaire de la roue de secours est d'atteindre le garage ou l'atelier de réparation le plus proche. Son choix n'est pas anodin, même si on le remarque que lors d'une crevaison. Tout d'abord, il existe la roue de secours de taille normale. Elle prend de l'espace dans le véhicule. Elles sont souvent montées sur des jantes – matériaux en acier, avec une bande de roulement moins profonde et souvent plus légère.

Ensuite vous avez la roue de secours compacte. Elle a pour caractéristique une taille différente, moins épaisse et plus basse que les pneumatiques du véhicule. La jante est en acier monté sur un pneu adapté mais qui nécessite un gonflage à une pression supérieure que les pneus d'origine. Son avantage est de prendre moins de place dans le coffre, et d'alléger le poids du véhicule. Par contre elle n'est pas interchangeable avec un autre véhicule, et vous devez limiter la vitesse de votre voiture quand vous l'utilisez.

Enfin, il existe la roue de secours à gonfler. Ce système est peu utilisé. Dans le véhicule, vous trouverez un kit de réparation muni d'un mini compresseur ou d'un récipient à air comprimé et de la roue gonflable. Il n'y a donc pas de jante dans ce système. Son côté pratique est le gain de place énorme dans la voiture. (25)

II-4-Etude dynamique de la roue:

II-4-1-Définition:

Une roue est une pièce mécanique de forme circulaire tournant autour d'un axe passant par son centre. La roue est l'une des huit machines simples, et de ce fait, est utilisée sous de (roue=jante pneu). (26)

II-4-2-Etude dynamique:

II-4-2-1-Force entre la route et la roue :

Comme entre deux surfaces quelconques, la force de contact entre la route et la roue a deux composantes :

- une composante perpendiculaire à la surface de contact : N
- une composante tangentielle à la surface de contact (force de frottement) : F

Si la roue glisse sur la route, alors $F = \mu_k N$. (27)

Si la roue roule, sans glisser, sur la route, alors $0 \leq F \leq \mu_s N$. (27)

Dans tous les cas la force F s'oppose au mouvement relatif entre les deux surfaces.

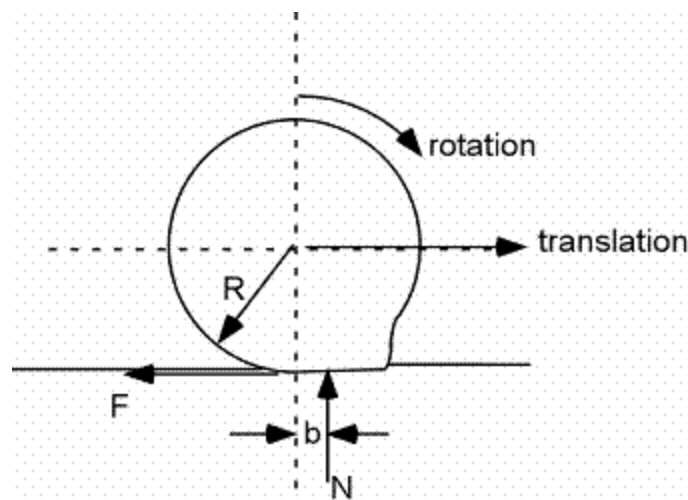
La résistance au roulement (Rolling résistance):

L'expérience nous dit qu'une roue seule roulant sur une surface horizontale va finir par s'arrêter de rouler. La force F ne peut pas expliquer à elle seule cet effet, *puisque son moment contribue à accélérer la rotation de la roue* (voir ici-bas)!

En réalité, lors du roulement,

- Le devant de la roue vient appuyer sur le sol. Le sol et la roue se déforment. De l'énergie est donnée aux atomes du sol et de la roue... le roulement entraîne donc une perte d'énergie (l'énergie cinétique devient de l'énergie thermique et est éventuellement dissipée en chaleur).
- Le derrière de la roue se décolle du sol. Ce décollage nécessite également une légère force (le sol « retient » un peu la roue!)

Tout ceci peut être modélisé en plaçant la force N à une distance « b » devant le centre de la roue.



Cette distance b dépend:

- Des matériaux formant la roue et le sol (la résistance est plus grande si on fait du vélo sur le sable mou plutôt que sur l'asphalte!). Un pneu bien gonflé, par exemple, a un plus petit « b ».
- Un peu de la vitesse. Nous négligerons cette dépendance lors de nos analyses.

Note :

Souvent on parle d'un *coefficient de friction de roulement* : $\mu_R = b/R$ (27) où R est le rayon de la roue.

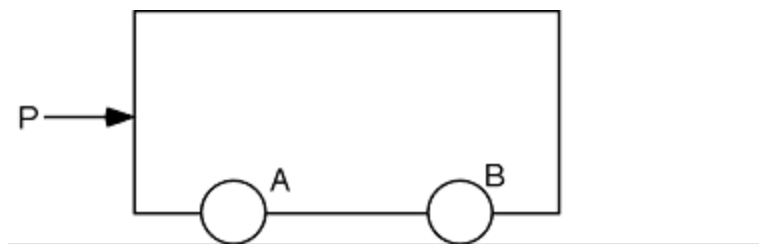
Pour un pneu de caoutchouc sur du béton, les ordres de grandeur mentionnés sont généralement :

- $\mu_R \approx 0.01$
- $\mu_k \approx 0.8$
- $\mu_s \approx 0.9$

En général, on ne peut pas dire que F vaut $\mu_R N$ lors d'un roulement (sauf cas bien particuliers).

Il arrive fréquemment que, dans les livres, on néglige la résistance au roulement. Cela est fait pour simplifier les problèmes et ce n'est souvent pas plus dramatique que de négliger la résistance de l'air. Si on veut retrouver les résultats *sans résistance au roulement*, posez μ_R (ou b) = 0. Bien sûr à ce moment une roue roulant sur une surface plane ne s'arrêtera jamais, pas plus qu'une bille placée dans un puits en U...

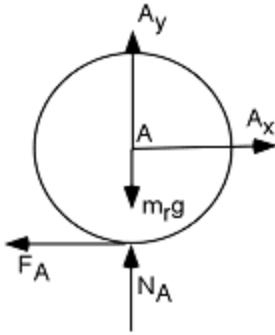
II-4-2-2-Etude statique:



Dans ce problème de statique, la roue A peut tourner librement et la roue B est bloquée par un frein. On demande les réactions en A et B (par exemple).

- Quand on fait le diagramme de forces (DCL) de cet objet, il n'y a pas de force de frottement en A. Pourquoi ?

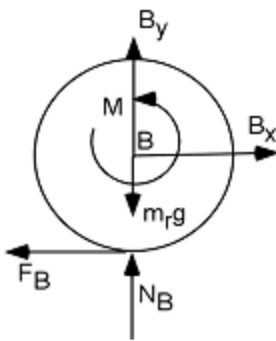
S'il y avait une force de frottement (exercée par le sol) sur la roue A, le DCL de la roue A serait



Et alors la somme des moments par rapport au point A ne serait pas nulle et la roue A ne pourrait pas être statique!

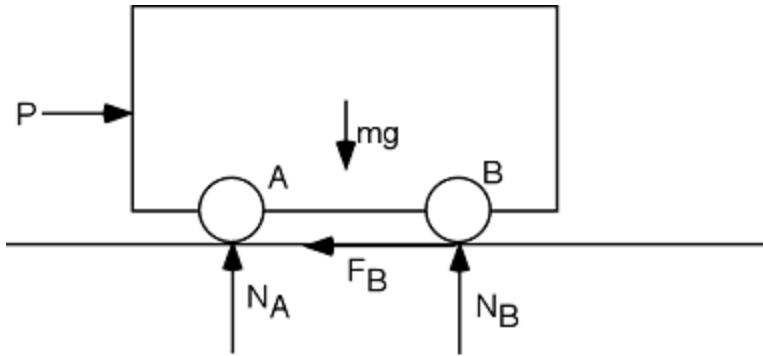
Note : il n'y a pas de résistance au roulement quand la roue ne roule pas! N_A n'est pas déplacée par rapport au centre de la roue.

Comme la roue B est bloquée par un frein, son DCL est :



M est le couple de freinage et s'oppose au moment de F_B . La roue B peut donc tenir en équilibre même en présence de F_B .

Le DCL de l'objet est donc :



II-4-2-3- Etude cinématique :

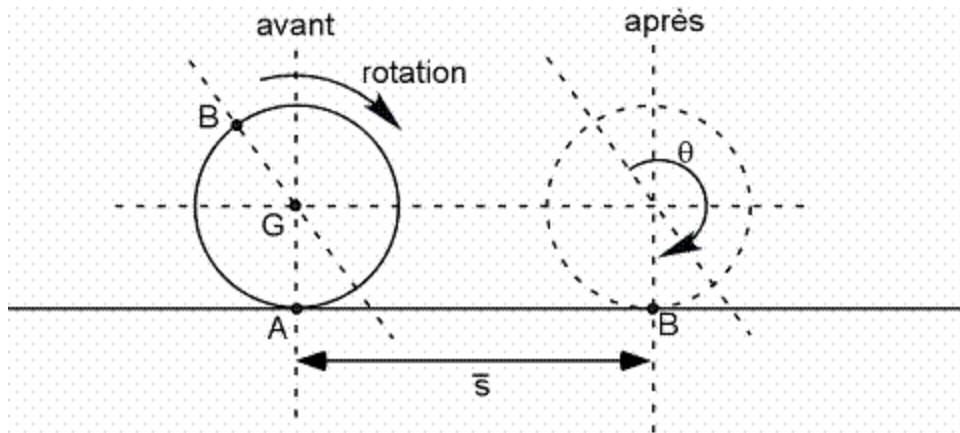
La roue de rayon R roule et passe de la situation 1 (avant) à la situation 2 (après). La roue a tourné d'un angle θ . Si on *détachait* la ligne qui va de A à B et qu'on la *déroulait* par terre, cette ligne serait de longueur $R\theta$. On voit que \bar{s} est la longueur de cette ligne.

Bref:

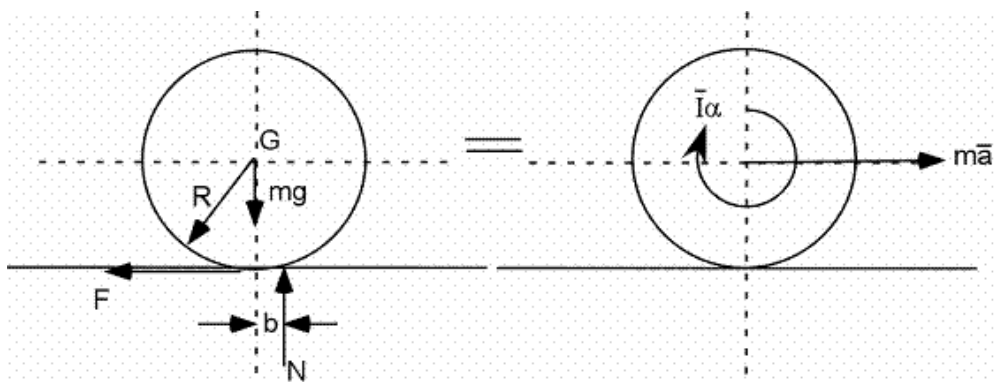
- La distance parcourue par le centre de masse : $\bar{s} = R\theta$ (27)

- La vitesse du centre de masse est $\bar{v} = \frac{d\bar{s}}{dt} = R \frac{d\theta}{dt}$ (27) ou encore $\bar{v} = \omega R$ (ω : vitesse angulaire (rad/s))

- L'accélération du centre de masse est $\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = R \frac{d\omega}{dt}$ (27) ou encore $\bar{a} = \alpha R$ (α : accélération angulaire (rad/s))



II-4-2-4- Roue qui décélère sur un plan horizontal :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	Forces : $-F = m\bar{a}$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	Moments : $-Nb + FR = \bar{I}\alpha$ (27)

Et comme $\bar{a} = \alpha R$ (27) et $\mu_R = b/R$ (27)

Alors $\bar{a} = \frac{-\mu_R N}{m + \bar{I}/R^2}$ (27) et $F = \frac{m}{m + \bar{I}/R^2} \mu_R N$ (27)

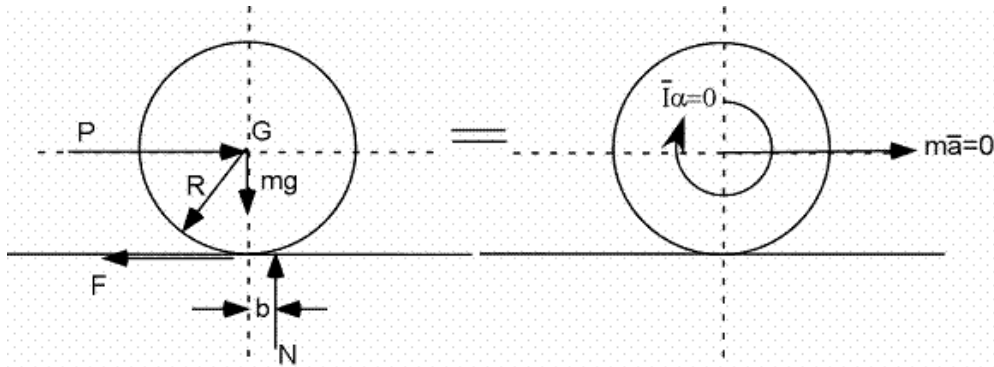
Énergie :

$$-(\mu_R N) d = \left(\frac{1}{2} \bar{I} \omega_2^2 - \frac{1}{2} \bar{I} \omega_1^2 \right) + \left(\frac{1}{2} m \bar{v}_2^2 - \frac{1}{2} m \bar{v}_1^2 \right) \quad (27)$$

Énergie perdue par roulement = Baisse de l'énergie cinétique de rotation+ Baisse de l'énergie cinétique de translation.

Note : si la roue est un cylindre plein, alors : $\bar{I} = \frac{1}{2} mR^2$ (27)

II-4-2-5-Roue qui bouge à vitesse constante :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	Forces : $P - F = 0$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	Moments : $-Nb + FR = 0$ (27)

Et comme $\mu_R = b/R$ (27)

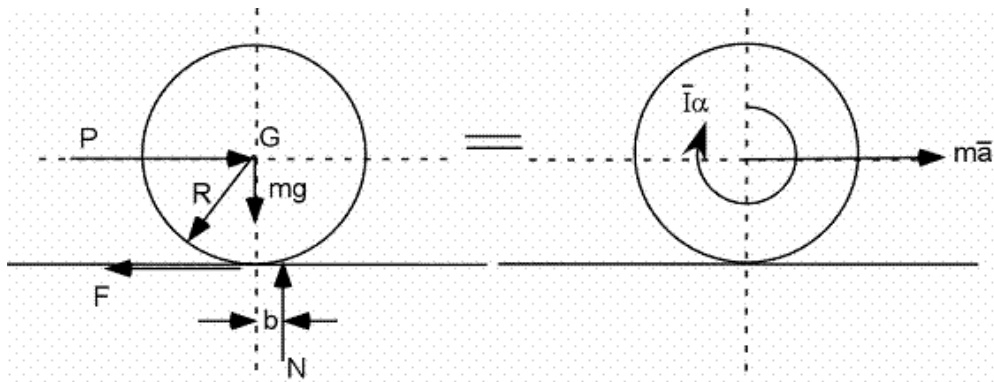
Alors $F = P = \mu_R N$ (27)

Énergie :

$$Pd - (\mu_R N)d = 0 \quad (27)$$

Travail de la force P – énergie perdue par roulement = 0

II-4-2-6- Roue qui accélère sur un plan horizontal :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	Forces : $P - F = m\bar{a}$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	Moments : $-Nb + FR = \bar{I}\alpha$ (27)

Et comme $\bar{a} = \alpha R$ (27) et $\mu_R = b/R$ (27)

Alors $\bar{a} = \frac{P - \mu_R N}{m + \bar{I}/R^2}$ (27) et $F = P \frac{\bar{I}/R^2}{m + \bar{I}/R^2} + \mu_R N \frac{m}{m + \bar{I}/R^2}$ (27)

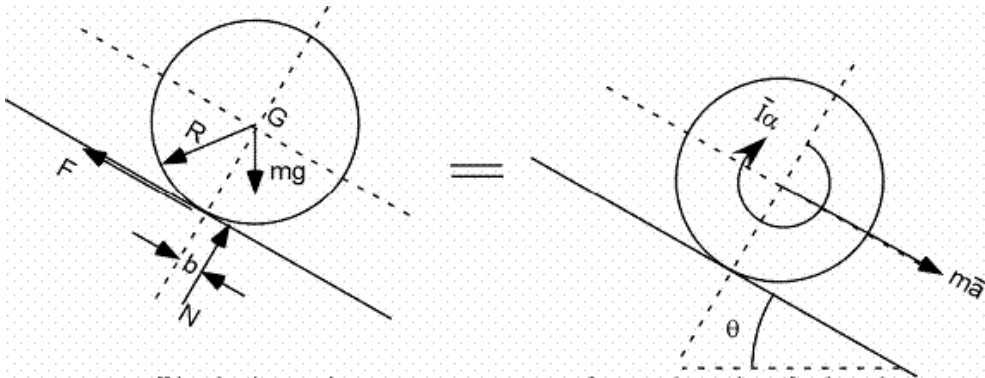
Note : F ne doit pas dépasser $\mu_s N$ pour qu'il y ait roulement.

Énergie:

$$Pd - (\mu_R N)d = \left(\frac{1}{2} \bar{I}\omega_2^2 - \frac{1}{2} \bar{I}\omega_1^2\right) + \left(\frac{1}{2} m\bar{v}_2^2 - \frac{1}{2} m\bar{v}_1^2\right) \quad (27)$$

Travail de la force P – énergie perdue par roulement = Augmentation de l'énergie cinétique de rotation + Augmentation de l'énergie cinétique de translation.

II-4-2-7- Roue sur une pente descendante :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	$mg \sin \theta d\bar{s} - F d\bar{s} = m\bar{v} d\bar{v}$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	$-Nb d\theta + FR d\theta = \bar{I}\omega d\omega$ (27)

Et comme $\bar{a} = \alpha R$ (27) et $\mu_R = b/R$ (27)

Alors $\bar{a} = \frac{mg \sin \theta - \mu_R N}{m + \bar{I}/R^2}$ (27) et $F = mg \sin \theta \frac{\bar{I}/R^2}{m + \bar{I}/R^2} + \mu_R N \frac{m}{m + \bar{I}/R^2}$ (27)

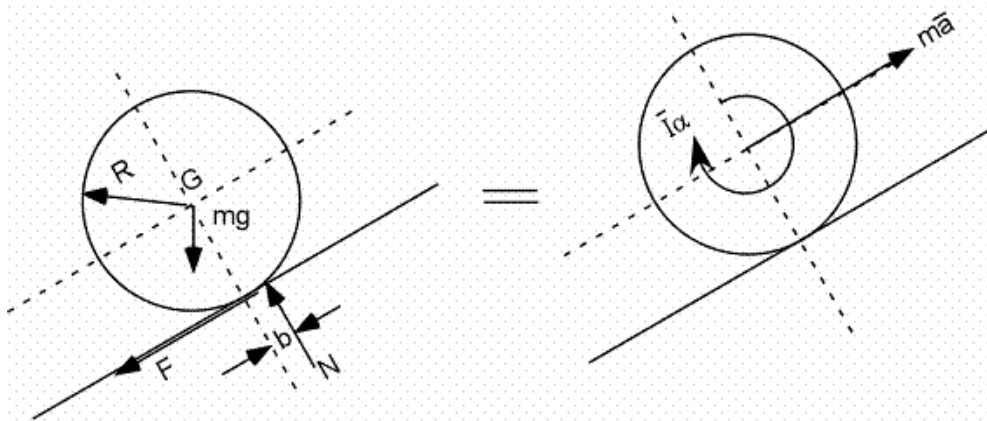
Note : F ne doit pas dépasser $\mu_s N$ pour qu'il y ait roulement.

Énergie:

$$(mg \sin \theta) d - (\mu_R N) d = \left(\frac{1}{2} \bar{I} \omega_2^2 - \frac{1}{2} \bar{I} \omega_1^2 \right) + \left(\frac{1}{2} m \bar{v}_2^2 - \frac{1}{2} m \bar{v}_1^2 \right) \quad (27)$$

Travail de la gravité – énergie perdue par roulement = Augmentation de l'énergie cinétique de rotation + Augmentation de l'énergie cinétique de translation.

II-4-2-8-Roue sur une pente ascendante :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	Forces : $-mg\sin\theta - F = m\vec{a}$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	Moments : $-Nb + FR = \bar{I}\alpha$ (27)

Et comme $\vec{a} = \alpha R$ (27) et $\mu_R = b/R$ (27)

Alors $\vec{a} = \frac{-mg\sin\theta - \mu_R N}{m + \bar{I}/R^2}$ (27) et $F = -mg\sin\theta \frac{\bar{I}/R^2}{m + \bar{I}/R^2} + \mu_R N \frac{m}{m + \bar{I}/R^2}$ (27)

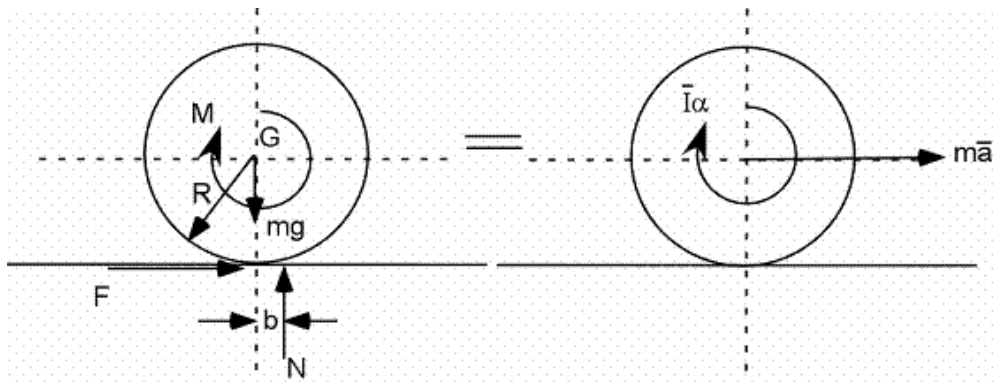
Note : F peut ici être négatif, ici : dans ce cas, elle est dirigée dans l'autre sens. La grandeur de F ne doit pas dépasser $\mu_s N$ pour qu'il y ait roulement.

Énergie:

$$-(mg\sin\theta)d - (\mu_R N)d = \left(\frac{1}{2} \bar{I}\omega_2^2 - \frac{1}{2} \bar{I}\omega_1^2\right) + \left(\frac{1}{2} m\bar{v}_2^2 - \frac{1}{2} m\bar{v}_1^2\right) \quad (27)$$

Travail (négatif) de la gravité - énergie perdue par roulement = Variation (négative) de l'énergie cinétique de rotation et de l'énergie cinétique de translation.

II-4-2-9- Roue accélérée grâce à un couple :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	Forces : $F = m\bar{a}$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	Moments : $M - Nb - FR = \bar{I}\alpha$ (27)

Et comme $\bar{a} = \alpha R$ (27) et $\mu_R = b/R$ (27)

Alors $\bar{a} = \frac{M/R - \mu_R N}{m + \bar{I}/R^2}$ (27) et $F = \frac{m}{m + \bar{I}/R^2} (M/R - \mu_R N)$ (27)

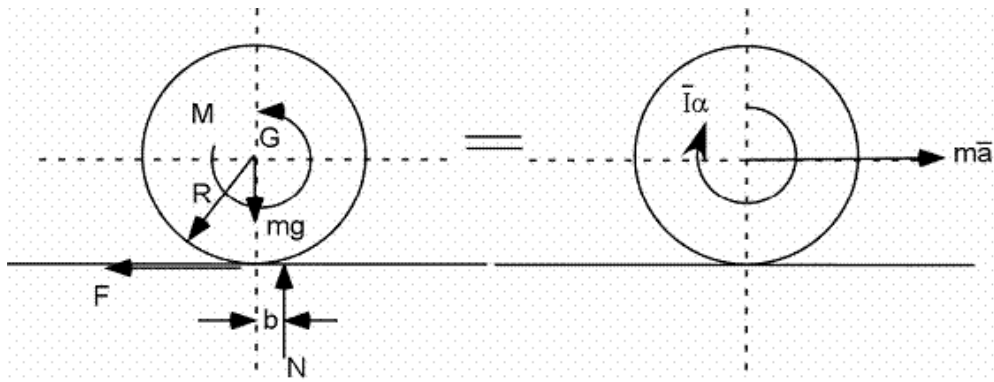
Note : La grandeur de F ne doit pas dépasser $\mu_s N$ pour qu'il y ait roulement. Par exemple, sur la glace, si M est trop grand, la roue va tourner à vide sur la route.

Énergie:

$$M\theta - (\mu_R N)d = \left(\frac{1}{2} \bar{I}\omega_2^2 - \frac{1}{2} \bar{I}\omega_1^2\right) + \left(\frac{1}{2} m\bar{v}_2^2 - \frac{1}{2} m\bar{v}_1^2\right) \quad (27)$$

Travail du couple - énergie perdue par roulement = Augmentation de l'énergie cinétique de rotation + Augmentation de l'énergie cinétique de translation.

II-4-2-10-Roue décélérée grâce à un couple (freins) :



Forces et moments :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	Forces : $-F = m\bar{a}$
$\sum M_G = \bar{I}\alpha$	Moments : $-M - Nb + FR = \bar{I}\alpha$ (27)

Et comme $\bar{a} = \alpha R$ (27) et $\mu_R = b/R$ (27)

Alors $\bar{a} = \frac{-M/R - \mu_R N}{m + \bar{I}/R^2}$ (27) et $F = \frac{m}{m + \bar{I}/R^2} (M/R + \mu_R N)$ (27)

Notes :

- La grandeur de F ne doit pas dépasser $\mu_s N$ pour qu'il y ait roulement. Si M est trop grand, la roue va glisser.
- Les freins ABS sont conçus pour que M ne dépasse pas sa valeur maximale (dans cette situation $F = \mu_s N$).

Énergie:

$$-M\theta - (\mu_R N)d = \left(\frac{1}{2} \bar{I}\omega_2^2 - \frac{1}{2} \bar{I}\omega_1^2\right) + \left(\frac{1}{2} m\bar{v}_2^2 - \frac{1}{2} m\bar{v}_1^2\right) \quad (27)$$

Travail (négatif) du couple - énergie perdue par roulement = Variation (négative) de l'énergie cinétique de rotation et de l'énergie cinétique de translation.

Note :

L'énergie perdue (par roulement et surtout via le couple de freinage) est distribuée aux atomes de la roue, des freins et de l'air, sous forme d'énergie thermique. Ceci se traduit par une augmentation de la température de la roue, des freins et de l'air. L'énergie thermique va être ensuite distribuée (sous forme de chaleur) là où la température est plus faible.

Dans les autos électriques, ou hybrides, l'énergie perdue via le couple de freinage est reconvertie en énergie électrique (on parle de régénération). C'est l'un des grands avantages de ce type de véhicule. (27)

II-5- Fabrication d'une jante par moulage sous pression :

II-5-1-Fonderie sous pression :

Consiste à injecter le métal liquide à grande vitesse (50 m/s aux attaques) et à lui appliquer une très forte pression (80 à 100 MPa) pendant la solidification. Ce procédé est utilisé majoritairement pour réaliser des pièces en aluminium de deuxième fusion (AlSi9Cu3, AlSi12, AlSi10Mg...), mais également des alliages de zinc (zamak3, zamak5), des alliages de cuivre (laiton 60/40), des alliages de magnésium (AZ91) ou (plus rarement) des alliages de plomb. Deux types de chantiers de moulage sont utilisés: des presses dites à chambre froide (aluminium, magnésium, laiton, plomb) et des presses dites à chambre chaude (zamak, magnésium).

La fonderie sous pression présente de nombreux avantages: une forte productivité (temps de cycle court, forte automatisation), des pièces à forte précision dimensionnelle et à faible épaisseur. C'est le process de fonderie le plus économique pour des grandes séries. En revanche, il présente un certain nombre de limitations : des porosités piégées pendant le remplissage, des caractéristiques mécaniques (statique et dynamique) en dessous de celles obtenues avec les autres procédés et l'impossibilité de réaliser des zones creuses non démoulables. Ce procédé a pour débouché majeur le marché automobile pour l'aluminium (blocs moteur, carter d'embrayage, colonne de direction, carter d'huile, ...) et le magnésium (volant) mais est davantage diversifié au niveau des marchés clients pour les autres alliages (zamak, cuivreux, plomb). (28)

II-5-1-1-Coulée du moule permanent:

Pour que l'idée devienne réalité, avant la phase de production en série des jantes, il faut un moule de base qu'on appelle le moule permanent. Faire la forme originale de la jante est l'un des processus les plus critiques puisque La précision est décisive pour les étapes suivantes, la marge d'erreur est de l'ordre du micron.

Lorsque toutes les simulations informatiques sont validées le projet est remis et le processus de production amorcé avec la transmission des spécifications techniques au fabricant de moules permanent. Dans la production de jantes, le procédé de coulée de moule permanent est utilisé pour les roues monobloc. Dans une roue d'une seule pièce, l'étoile de jante et la jante sont conçus en ne faisant qu'un. La roue monobloc est le type de jante le plus utilisé. (29)

II-5-1-2- Construction du moule permanent :

Les moules permanents sont des moules réutilisables utilisés pour la coulée (moulage permanent de moulage de métaux et d'alliages). Ce moule permanent en métal est généralement en acier spécial et se compose de plusieurs pièces partiellement mobiles afin qu'il puisse être ouvert après le versement et la solidification ainsi que fermé pour être prêt pour la prochaine coulée. La fabrication d'un moule permanent dure environ 3 à 4 semaines. Un moule permanent peut être utilisé 50,000-80,000 fois pour une conception de jante. (29)



Figure II.6: Moule permanent. (29)

II-5-1-3-Premiers échantillons :

Utilisation des moules permanents à coulée sous pression à basse pression pour les jantes. Ce processus de coulée s'est révélé particulièrement adapté pour la fonte de pièces symétriques en rotation, car les jantes sont appelées techniquement. Environ 90 % de toutes les jantes en alliage sont fabriquées en utilisant ce procédé. (29)



Figure II.7: Echantillons. (29)

Le moule permanent est examiné avec précision pour la production de la jante, suivi de la fonte des premières jantes "test". Ces exemples de jantes sont ensuite envoyés au TÜV (est un organisme de contrôle), une autorité d'inspection et de certification à l'échelle de l'UE qui effectue tous les tests de sécurité pertinents. Dans le même temps, la division de développement inspecte des jantes dites "échantillons" pour les variations et les dégâts. (29)

II-5-1-4- Test de fatigue radiale:

Le test de fatigue radiale consiste à appliquer une charge excentrique à une roue.

1. Court terme (75% de la charge, 200 000 cycles): teste la construction
2. Longue durée (50% de la charge, 1 800 000 cycles): teste le matériau

Un facteur qui détermine si le test est positif: la roue ne doit pas se fissurer. (29)



Figure II.8: Test de fatigue. (29)

Des essais supplémentaires tel que le test d'impact et le test de roulement sont effectués. En outre, après l'achèvement du processus de coulée, chaque roue est testée pour déterminer la densité du matériau dans un appareil à rayons X. Si des irrégularités sont détectées pendant ce processus, la roue respective est immédiatement retirée du processus de production et fondue. (29)

II-5-1-5- Production en série :

Une fois que les roues d'échantillonnage ont passé tous les essais et que le certificat TÜV est obtenu, la division technique donne l'autorisation définitive pour la production en série. (29)



Figure II.9: Production en série. (29)

II-5-2 Jantes creuses (BBS) :

Un nouveau développement intéressant est la méthode brevetée de la société BBS «air inside technology». Son idée de base est l'utilisation d'une structure de chambres creuses, jante et rayons au lieu d'un métal solide. Le résultat est une roue plus légère avec une meilleure dynamique et un meilleur confort de conduite. Cette technologie comprend les opérations de moulage supplémentaire telles que le moulage et le soudage.

Les matériaux utilisés doivent répondre à une série d'exigences qui peuvent entrer en conflit les unes avec les autres.

L'alliage de coulée doit avoir de bonnes propriétés de coulée:

- remplissage parfait du moule.
- pas de métal collant au moule.
- Tendance minimale à la fissuration et au retrait à chaud.
- Le matériel doit avoir :
- haute capacité à résister aux chocs mécaniques (plastique, résistance aux chocs).

Le matériau de la jante doit avoir :

- haute résistance à la corrosion en atmosphère normale et saline. (30)



Figure II.10: Jante BBS. (30)

II-6-Conclusion :

Dans ce chapitre on a défini la jante avec sa géométrie et sa forme bien détaillé avec un exemple de marquage sur elle, ensuite on a cité ses matériaux de fabrication avec une étude dynamique de la roue et la fabrication d'une jante par moulage sous pression, enfin le nouveaux développement de la fabrication des jantes par la société BBS.

Chapitre III :
Etude numérique et géométrique
de la jante (sur solid Works et Ansys)

III-1-Definition :

L'étude numérique, ou simulation numérique, est une série de calculs effectués sur un ordinateur et reproduisant un phénomène physique. Elle aboutit à la description du résultat de ce phénomène, comme s'il s'était réellement déroulé. Cette représentation peut être une série de données, une image ou même un film vidéo.

III-2-Description de Solid Works :

III-2-1-Historique :

SOLIDWORKS est un modèleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SOLIDWORKS. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle.

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SOLIDWORKS est racheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes.

III-2-2-Domaine d'application :

Solid Works fournit aux ingénieurs, concepteurs et autres professionnels de la création les outils nécessaires à la conception de produits d'une qualité exceptionnelle. Le logiciel de conception 3D Solid Works peut vous aider à concevoir de meilleurs produits plus rapidement. Lorsque vous avez une idée de produit innovante, utilisez ces outils qui vous permettent de concevoir plus rapidement votre produit et à moindre coût.

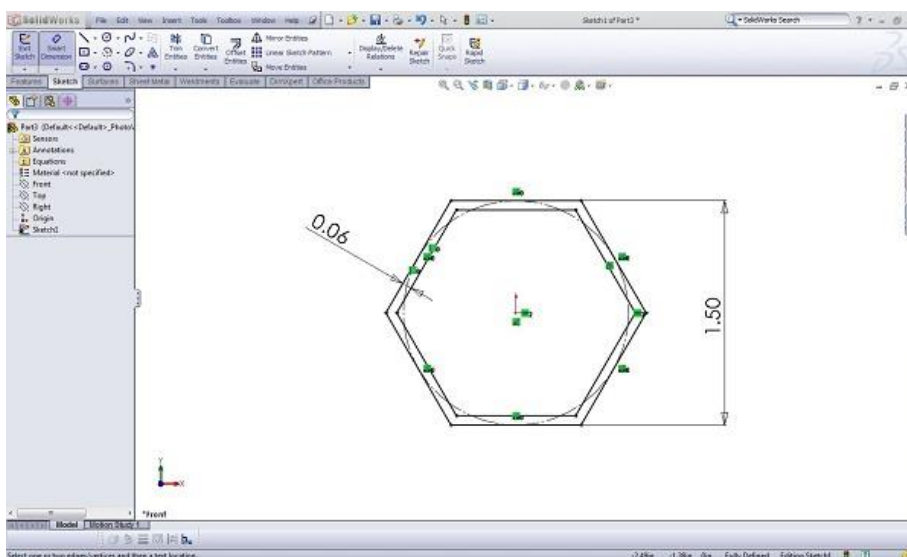


Figure III.1 : Profile de solid Works

III-3- Description de logiciel Ansys :

III-3-1-Historique :

Ansys est une société publique mondiale basée à Canonsburg, en Pennsylvanie . Elle développe et commercialise des logiciels de simulation d'ingénierie multi physique pour la conception, les tests et l'exploitation de produits. Ansys a été fondée en 1970 par John Swanson . Swanson a vendu sa participation dans la société à des capital-risqueurs en 1993. Ansys est devenu public sur le NASDAQ en 1996. Dans les années 2000, Ansys a fait de nombreuses acquisitions d'autres sociétés de conception technique, acquérant des technologies supplémentaires pour la dynamique des fluides, la conception électronique et d'autres analyses physiques. Ansys est devenu une composante de l'indice NASDAQ-100 le 23 décembre 2019.

III-3-2-Domaine d'application :

ANSYS offre une solution complète de produits pour l'analyse linéaire ou non linéaire et la dynamique structurelle. Le produit fournit un ensemble complet de comportement des éléments, les modèles de matériaux et de solveurs d'équations pour un large éventail de problèmes d'ingénierie. En outre, ANSYS offre l'analyse thermique et couplé physique-capacités impliquant acoustique, piézoélectrique, l'analyse thermique et structurelle thermoélectrique .

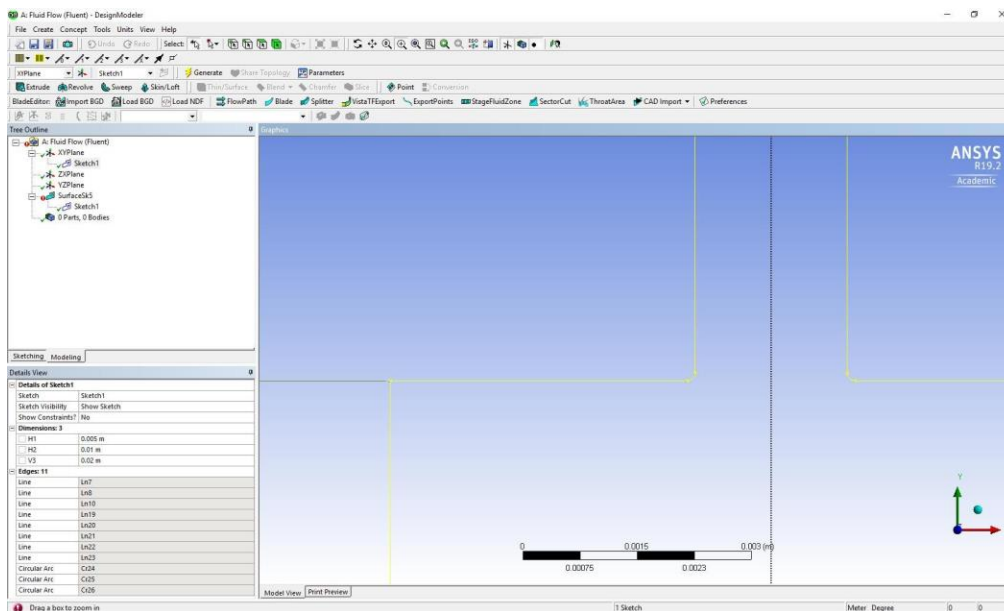


Figure III.2 : Profile de l'Ansys

III-4-Calcul des paramètres de performances des jantes :

III-4-1- Processus de conception:

Le processus de conception technique est les étapes du processus de construction de conception de châssis. Dans ce chapitre, expliquez comment la jante a été conçue et comment l'analyse de la jante a été effectuée. Dans cette partie, a expliqué comment la jante est efficace. Avant d'obtenir le dernier design de la jante, plusieurs étapes doivent être prises en compte pour que le dernier résultat apporte le meilleur design. Dans cette partie, à partir du processus d'esquisse, l'utilisation de SOLIDWORKS 2012 est utilisée afin de créer le modèle de la jante. L'étape d'analyse a utilisé ANSYS WORKBENCH 12.0 pour analyseur des modèles des jantes.

III-4-2- Méthodologie de modélisation:

Solid Works est un modèle basé sur un modèle solide et utilise une approche paramétrique basée sur des fonctionnalités pour créer des modèles et des assemblages. Les paramètres font référence aux contraintes dont les valeurs déterminées la forme ou la géométrie du modèle ou de l'assemblage. Les paramètres peuvent être soit des paramètres numériques, tels que les longueurs de ligne ou les diamètres de cercle, soit des paramètres géométriques, tels que tangente, parallèle, concentriques, horizontales ou verticales, etc.

Les paramètres numériques peuvent être associés les uns aux autres grâce à l'utilisation de relations, qui leur permettent de capturer l'intention de conception. L'intention de conception est la manière dont le créateur de la pièce souhaite qu'elle réponde aux modifications et aux mises à jour. Par exemple, vous voudriez que le trou en haut d'une canette de boisson reste sur la surface supérieure, quelle que soit la hauteur ou la taille de la canette.

Solid Works permet à l'utilisateur de définir que le problème est une fonction sur la surface supérieure, puis on aura son intention de conception, quelle que soit la hauteur qu'il attribue ultérieurement à la boîte.

Enfin, les dessins peuvent être construits à partir de pièces ou d'assemblages. Les vues sont automatiquement générées à partir du modèle solide, et des notes, cotes et tolérances peuvent ensuite être facilement ajoutées au dessin si nécessaire. (31)

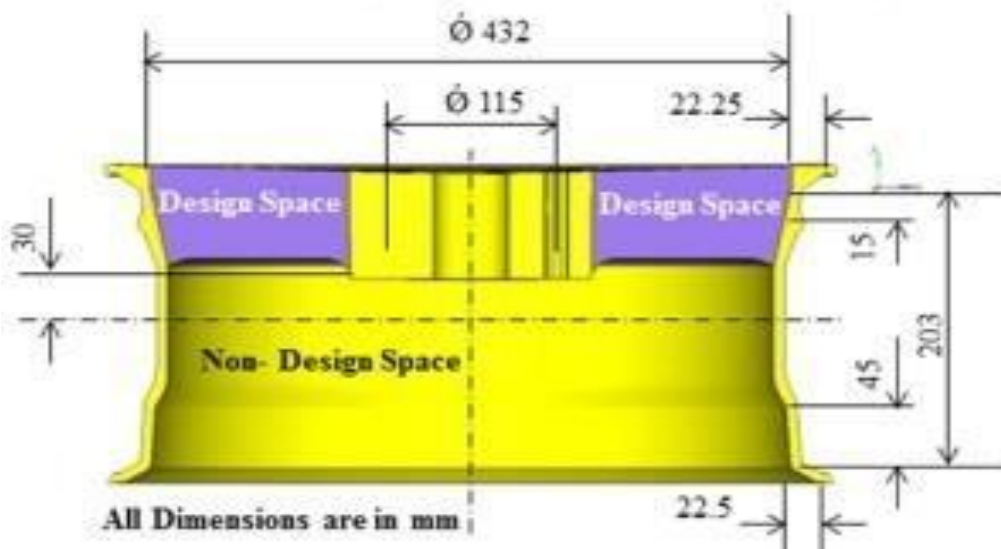


Figure III.3: Démentions du model de la jante. (31)

III-4-3- Model 3D des jantes :

On fait la conception des deux jantes sur solide Works :

Conception de la jante en acier par solid works :

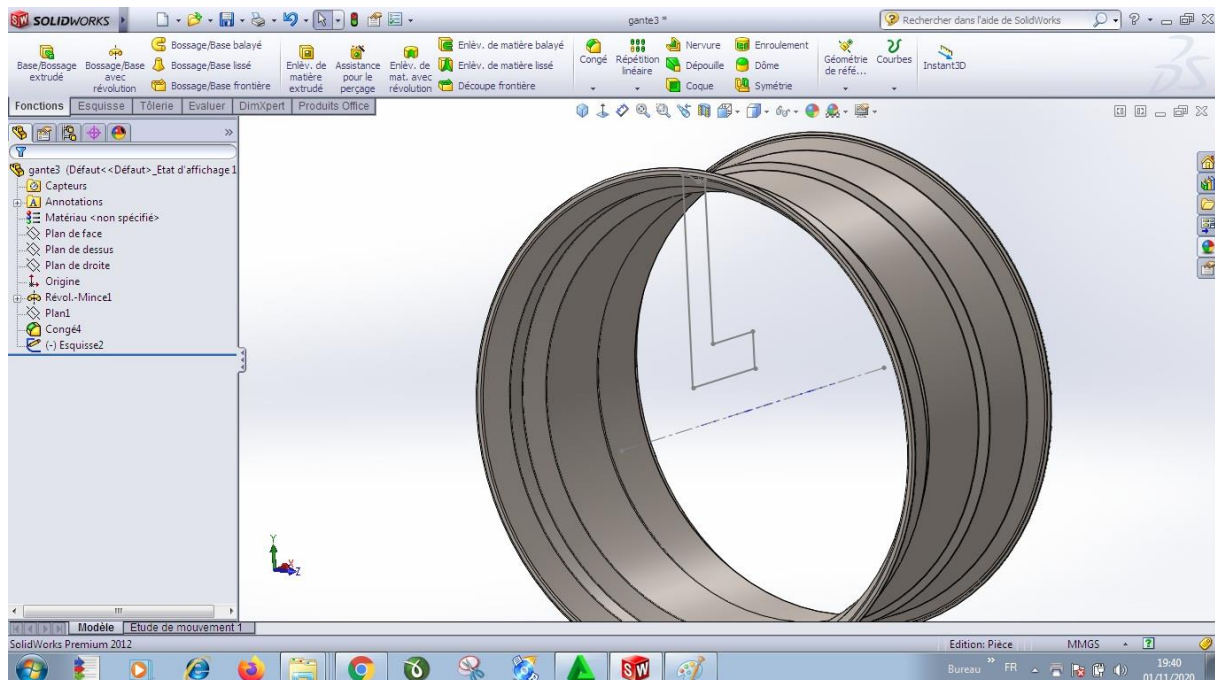


Figure III.4 : Etape 1 de la conception de la jante en acier.

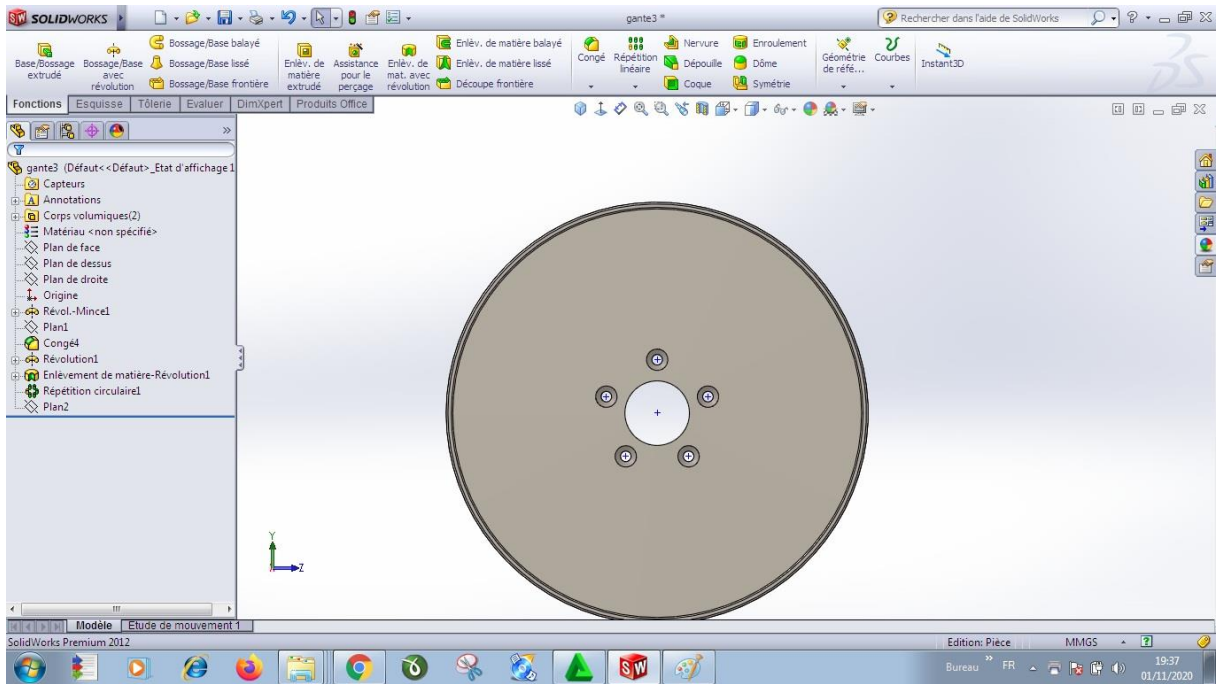


Figure III.5 : Etape 2 de la conception de la jante en acier.

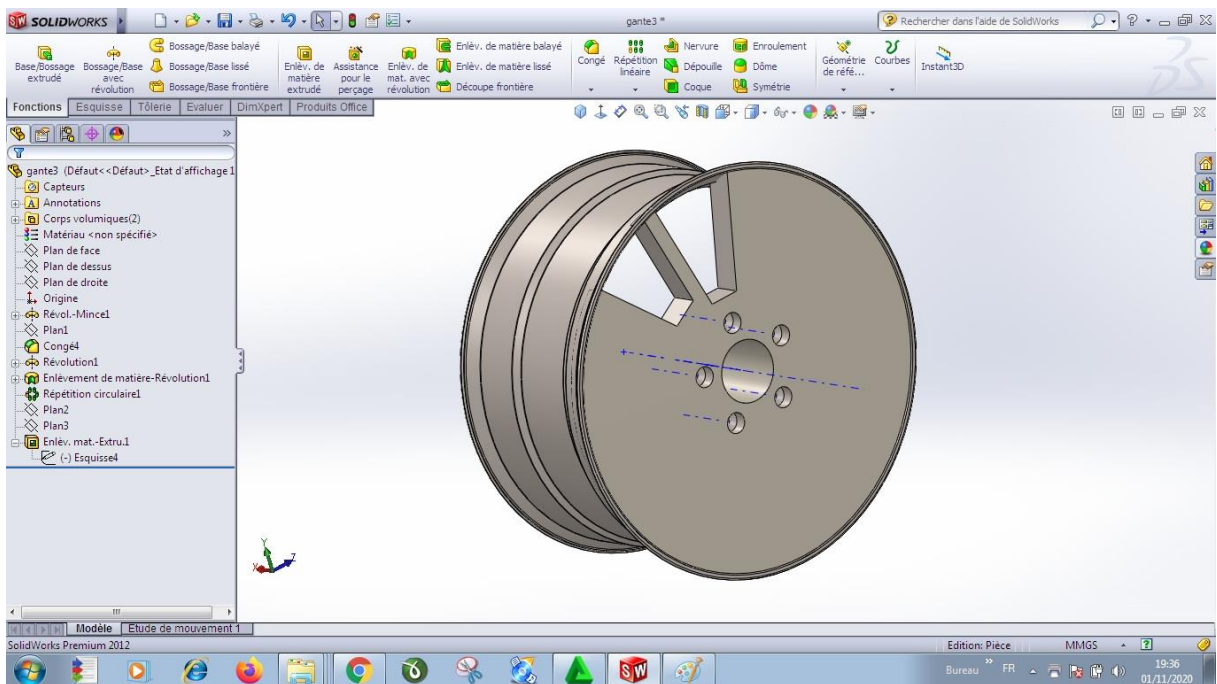


Figure III.6 : Etape 3 de la conception de la jante en acier.

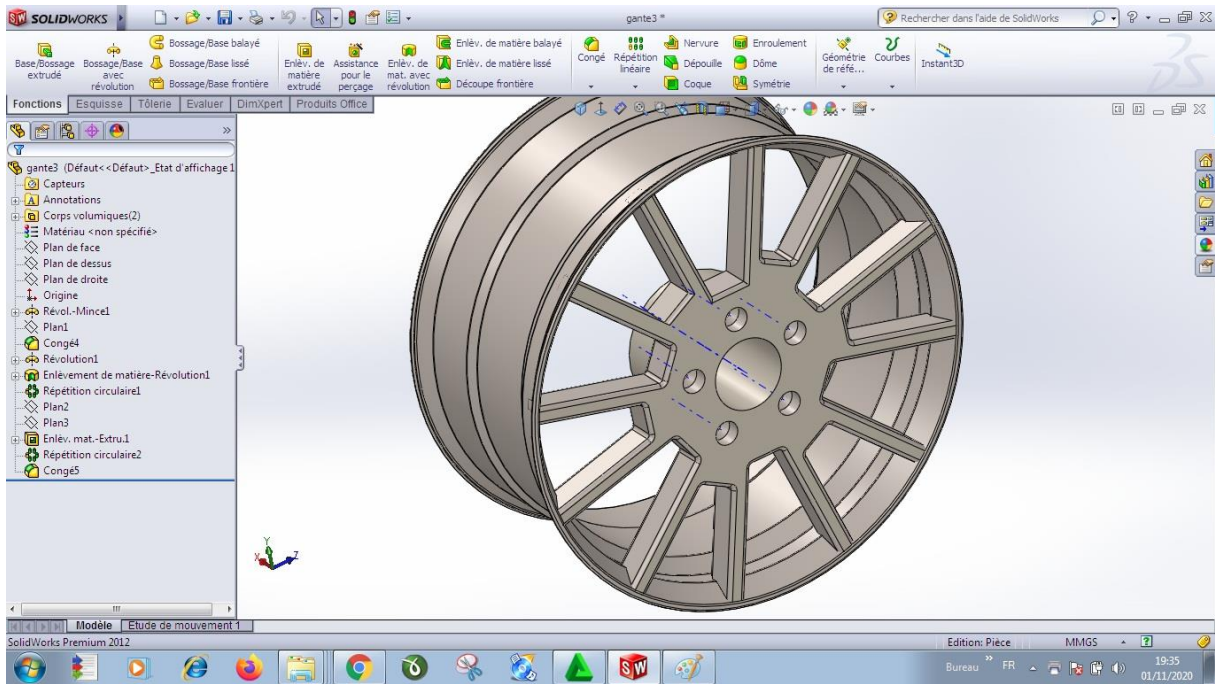


Figure III.7 : Etape 4 de la conception de la jante en acier.

Conception de la jante BBS (aluminium) par solid works :

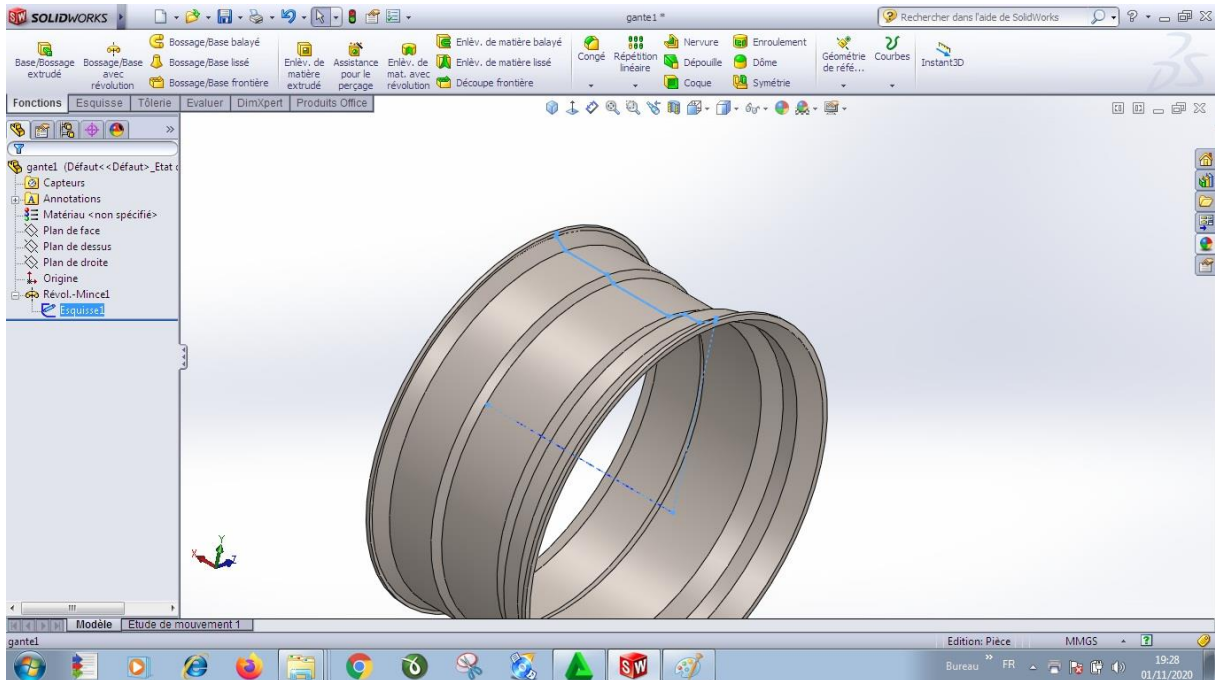


Figure III.8 : Etape 1 de la conception de la jante BBS.

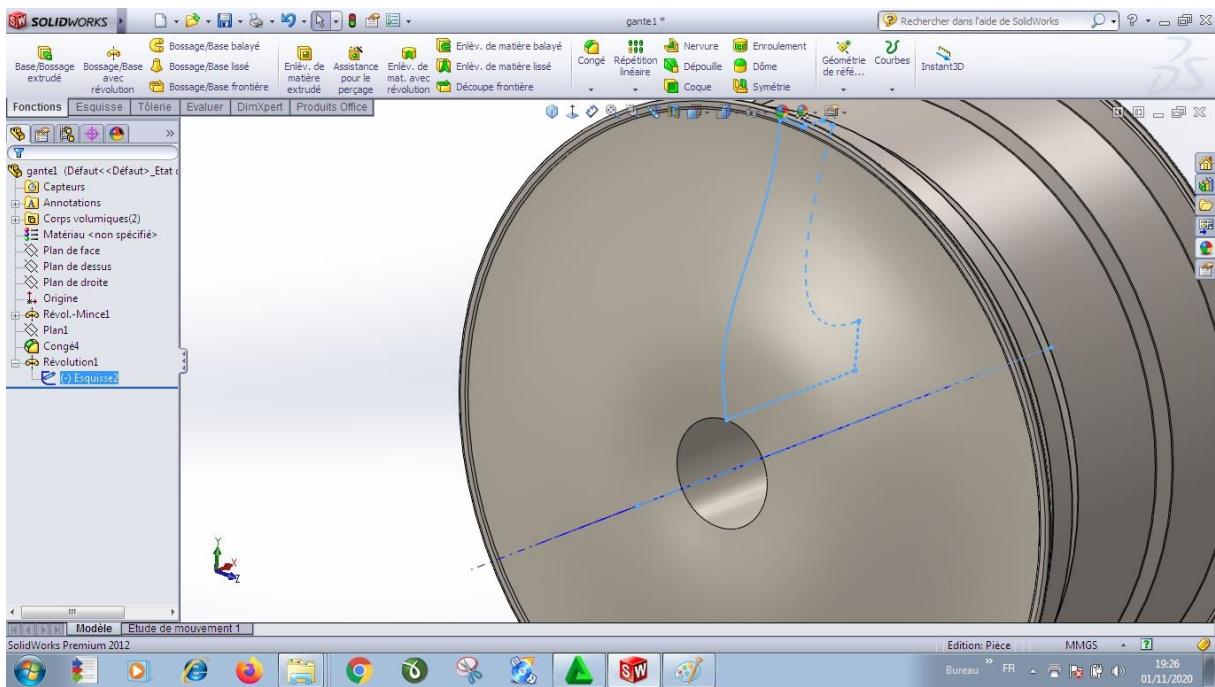


Figure III.9 : Etape 2 de la conception de la jante BBS.

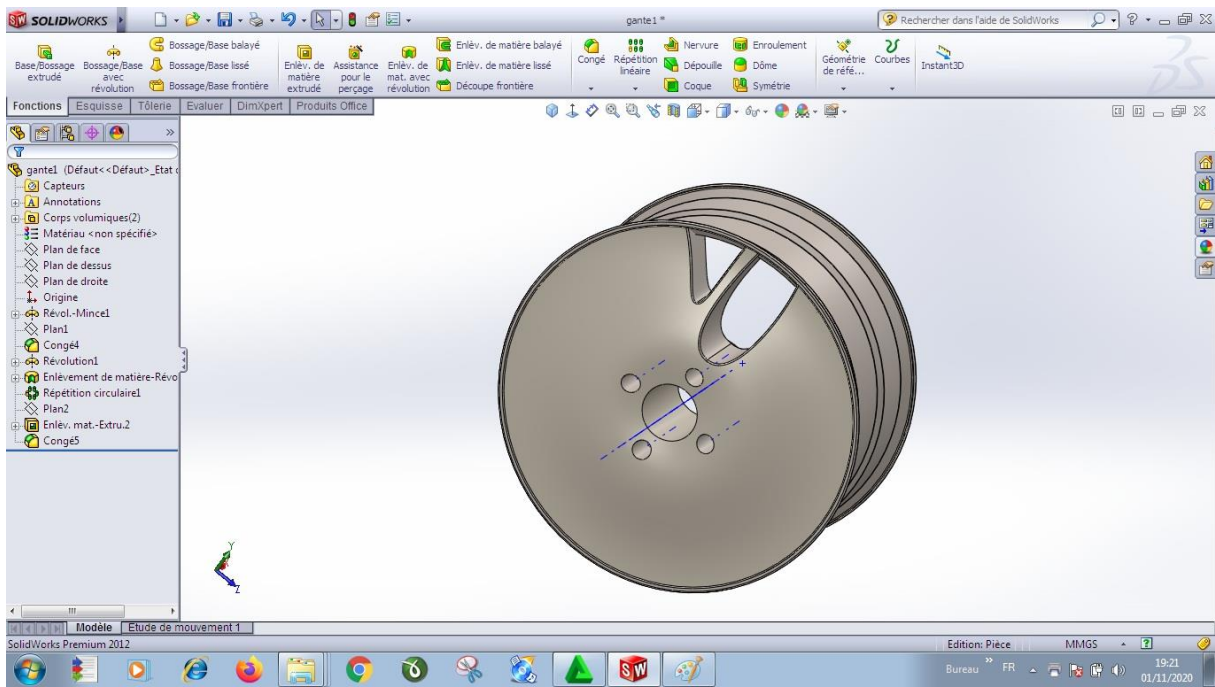


Figure III.10 : Etape 3 de la conception de la jante BBS.

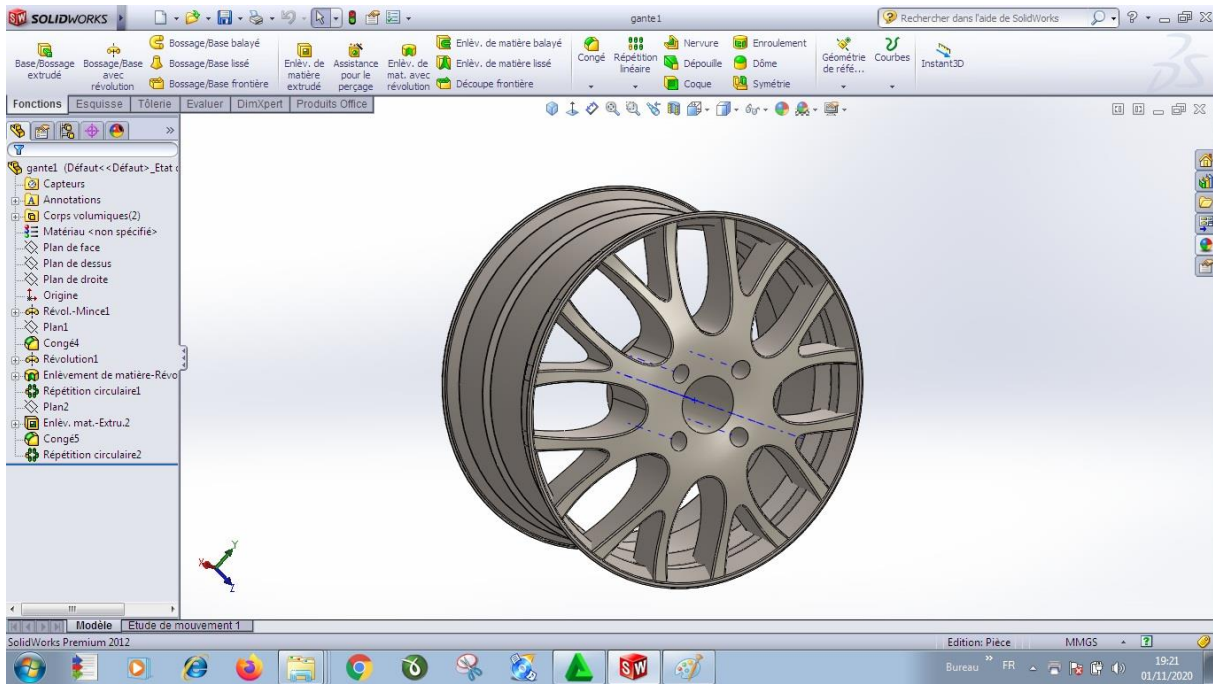


Figure III.11 : Etape 4 de la conception de la jante BBS.



Figure III.12 : Jante en acier

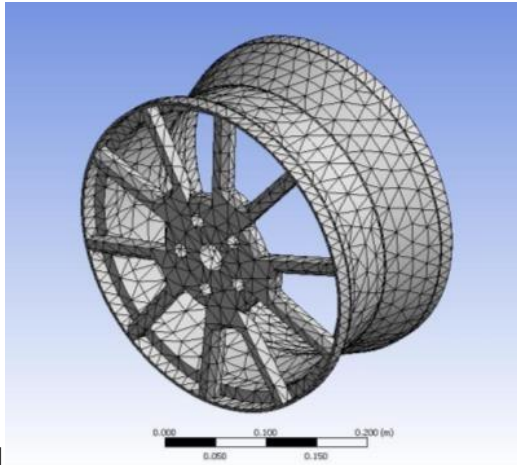


Figure III.13 : jante BBS (aluminium)

Les paramètres peuvent être soit des paramètres numériques, tels que des longueurs de ligne ou des diamètres de cercle, soit des paramètres géométriques, tels que tangente, parallèle, concentrique, horizontale ou verticale, etc. Les paramètres numériques peuvent être associés les uns aux autres grâce à l'utilisation de relations qui leur permettent de capturer l'intention de conception

1) Après avoir préparé le modèle dans Solid Works, il est amélioré en ANSYS. Le fichier est importé de Solid Works par fichier> import> IGES

2) Le modèle importé est maillé à l'aide du maillage TETRA. Le modèle maillé est



1

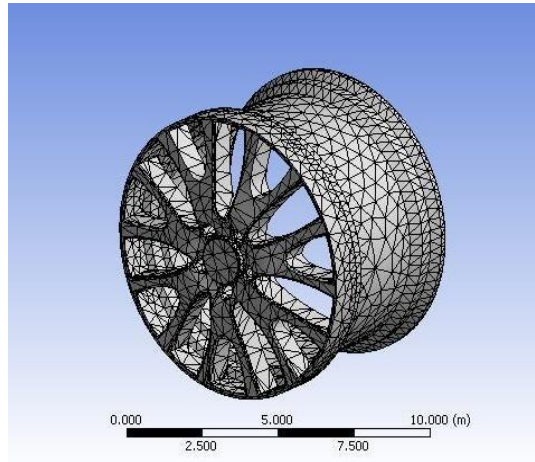


Figure III.14 : Vue maillée de la jante acier Figure III.15 : Vue maillée de la jante BBS.

3) Plus tard, ces modèles maillés sont soumis à une analyse statique.

III-4-4- Analyse statique :

Tableaux 6 : les caractéristiques des deux jantes et la pression circonférentielle appliqué.

	Jante en acier 34CrMo4	Jante BBS (aluminium)
Module de Young	$2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$	$0.71 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
Radio de poisson	0.3	0.33
Densité	7600 Kg/m ³	2800 Kg/m ³
Pression circonférentielle	200 Kpa	200 Kpa

Jante en acier :

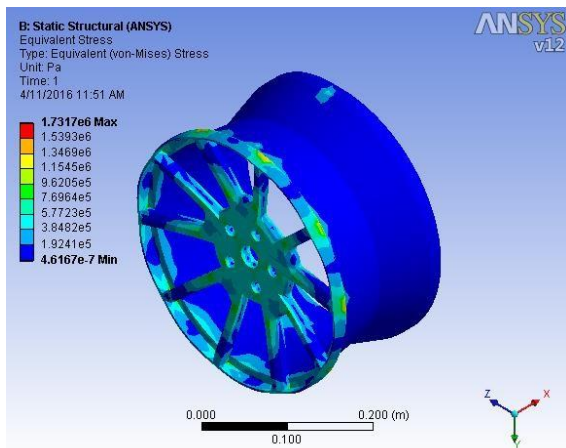


Figure III.16 : déformation équivalent

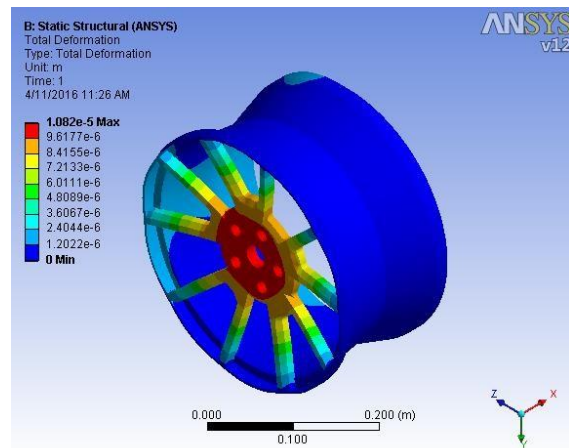


Figure III.17 : déformation totale

Jante BBS (aluminium) :

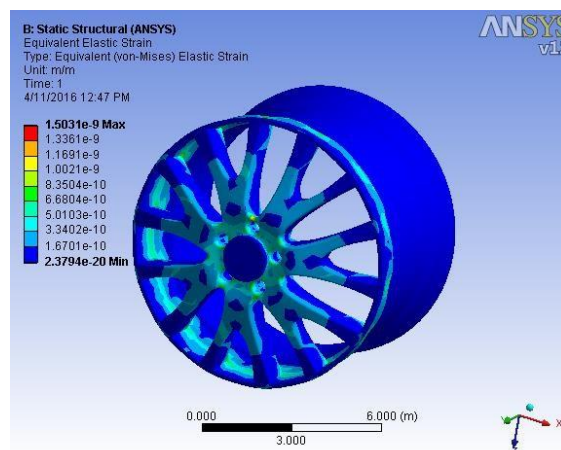


Figure III.18 : déformation équivalent

Ces deux modèles de jantes sont importés à ANSYS pour le travail de traitement. Une quantité de pression 200 Kpa est appliquée le long de la circonférence des jantes en acier et les jantes BBS (aluminium) et le cercle de boulon de jante de roue est fixe.

D'après ces résultats en on peut dire que la jante BBS (aluminium) est plus résistante que la jante en acier.

En plus le point le plus fort des jantes BBS (aluminium) est son esthétique. Bien sûr, une jante BBS donnera un look et un style plus important, plus marqué et plus beau qu'une jante en acier.

La jante BBS est également plus efficace et performante.

III-5- Caractéristiques de la jante BBS :

BBS est une compagnie allemande créée en 1970 qui fabrique et commercialise principalement des jantes en alliage d'aluminium pour l'automobile.

Les jantes BBS reprennent souvent le style original des roues à rayons qu'on trouvait sur les voitures anciennes de luxe et de cours.

Chaque produit BBS individuel est le résultat d'une ingénierie de pointe et des méthodes de production les plus innovantes. Mais c'est aussi l'essence de plus de 35 ans d'expérience dans le sport automobile international et une coopération étroite avec des constructeurs automobiles renommés et des universités européennes. C'est la provenance qui rend leurs produits uniques. Et l'enthousiasme pour les choses spéciales accompagne chacun de leurs processus de développement et de production jusqu'à la finition. Avec un seul objectif en vue: le résultat parfait.

Une première mise en œuvre tridimensionnelle de la roue en alliage léger BBS de nouvelle génération est créée, sur la base des premiers projets de conception. En utilisant une technologie de pointe, une idée créative est transformée en concept pour la production en série ultérieure. Le prototype de roue, qui est conçu sur ordinateur, peut être testé de manière approfondie à l'aide d'un large éventail de programmes de simulation avant même que le prototype initial ne soit produit. (33)

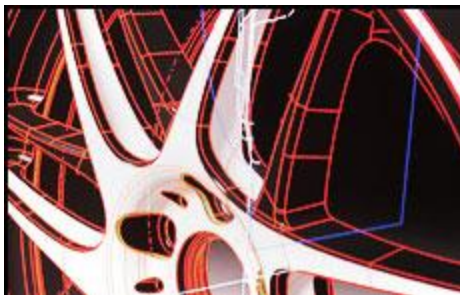


Figure III.19: modèle d'ordinateur 3D. (33)



Figure III.20 : jante BBS (33)

Lors du développement d'un nouveau modèle de roue, des optimisations de la construction peuvent être effectuées après la construction des premiers prototypes et les tests approfondis qui ont suivi. Il est ainsi possible qu'une conception de roue soit adaptée, repensée ou même rejetée. Mais une chose est certaine, même lors de la première ébauche d'une nouvelle jante en alliage léger BBS: lorsque tous les tests, simulations et prototypes seront terminés, il y aura toujours un nouveau produit et un design final.

III-6-Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait la conception des deux jantes BBS (aluminium) et jante en acier sur solid Works, après les modèles sont emporter ver Ansys par (fichier> import> IGES) pour faire l'analyse statique, on applique une pression de 200 kpa, enfin on a conclus que la jante BBS (aluminium) et plus résistante que la jante en acier et aussi elle a un esthétique plus beaux que la jante en acier.

Conclusion générale :

Pour choisir un procédé de fabrication des pièces mécaniques, nous devons établir une étude complexe de plusieurs facteurs de choix. La fonctionnalité, les propriétés de coup de fabrication et d'autre sont certainement de qualité de produit avec une procédure de production.

Dans notre étude de gamme de fabrication de jante en aluminium nous avons défini les procédés de fabrication comme le moulage a pression ainsi que les critères géométriques de notre jante.

Les calculs de l'étude vibratoire de notre jante ont démontré que la jante BBS et la forme la plus performante d'usage dans l'automobile.

Ce travail nous a permet de définir les avantage de moulage par pression pour la fabrication de la pièce jante en aluminium.

Cette étude doit être poursuivi par des essais expérimentaux pour arriver à produire un prototype de cette pièce mécanique malheureusement les conditions nous n'ont pas permis de réaliser cette procédure au niveau de la fonderie de el Harrach.

Bibliographie

- [1] THOMPSON rob, « *les procédés de fabrication* », sur Édition Vial, 26 septembre 2012
- [2] moulage-dart
- [3] CTIF (*métallurgie, fonderie, transformation des métaux*), « *glossaire de la fonderie* »
- [4] L.P.T.I. Saint Joseph La Joliverie, « *moulage des métaux et polymère* », pdf
- [5] LE METALLONAUTE, (2019), « *les différents procédés de moulage en sable* », article
- [6] BENZAADA Said, « *soudage et moulage* », université de Biskra, 2016.
- [7] GARA Souhir, « *Procédés de mise en forme par moulage : moulage en coquille* », 2017.
- [8] BERTHELOT jean-marie, « *Matériaux composites : Comportement mécanique et analyse des structures* », (Technique Et Documentation), Lavoisier, 2012.
- [9] MHNYT, « *procédé utilisé pour produire du graphite* », article 2004-2020.
- [10] INFINEO, « *fiche pédagogique : moulage par injection* », 2019.
- [11] PROTOTECH ASIA, « *les grandes étapes du moulage par injection* », article.
- [12] quiz.aep.polymtl.ca/fichiers_quiz/IND2107_Final1_A2006_QS.p
- [13] PROTOTECH ASIA, « *avantages et limites et l'injection thermoplastique* », article
- [14] UNIMOLD ASIA LTD, « *définition moulage par injection ou injection de matières plastique* »,.
- [15] BENZAADA said, « *le moulage : généralités* », université de Biskra.
- [16] BENZAADA said, « *fonderie et soudage* », université de Biskra, 2016.
- [17], « *procédé cronig* », article
- [18] AMMOUR, IKERROUIENE redouane, « *étude et conception d'un moule d'injection d'alliage d'aluminium pour un flasque-bride d'un moteur électrique B5A106/107-2* », mémoire de magister, département génie mécanique, université de tizi-ouzou, 2017.
- [19] GARA souhir, « *procédés de mise en forme par moulage : moulage à la cire perdue* », 2017.
- [20] LOUBET ean-Louis, « *L'Industrie automobile : 1905-1971, Genève, Librairie Droz* », 1999.
- [21] TOUT CALCULER, « *dimension des pneus : Calculer le diamètre et le périmètre de roulement d'une roue et autres caractéristiques* », article

- [22] LLATYAS NUMATICOS, « *avantages techniques des jantes en alliage contre les jantes en tôle* », *article*
- [23] CENTRALEPNEUS, « *qu'est-ce-que le dépôt d'une jante* », *article*
- [24] CENTRALEPNEUS, « *Marquage des jantes : dimensions, profil de la joue et coupe* », *article*
- [25] JANTES : MATERIAUX, *article*, 2018.
- [26] MELTZ Raphaël, « *Histoire politique de la roue* », La Librairie Vuibert, 2020.
- [27] ETS, « *la roue : la force entre la roue et la route* », *article*
- [28] HAIRY Patrick, « *Les procédés de fonderie en moule métallique* », *article*
- [29] rcsport-alcar/112743_
- [30] MINUTEAUTO, « *les roues d'une voiture* », *article* 2018
- [31] Mesh-View-of-Normal-and-model-Rim_fig2_316715064.
- [32] Site officiel BBS, *article2020.page(12)*
- [33] AVATACAR, « *Quelles jantes choisir pour ma voiture* », *article* 2017.