

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Mécanique
Sarl Ets. KBS-BOUDIS

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique

**Etude et conception du pont avant du Tracteur
Massey-Ferguson
Etude de cas : Tracteur 440 Xtra**

Hichem AICHOUCHE

Présenté et soutenu publiquement le 23-06-2018

Composition de Jury :

Président :	Yacine BELKACEMI	MC-A	ENP
Promoteurs :	Mohamed BOUAZIZ	Prof	ENP
	Belkacem BENNIKOUS	PDG	KBS
Examineurs :	Mohammed TAZI	MA-A	ENP
	Djamel SAIDI	MA-A	ENP

ENP 2018

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Mécanique
Sarl Ets. KBS-BOUDIS

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique

**Etude et conception du pont avant du Tracteur
Massey-Ferguson
Etude de cas : Tracteur 440 Xtra**

Hichem AICHOUCHE

Présenté et soutenu publiquement le 23-06-2018

Composition de Jury :

Président :	Yacine BELKACEMI	MC-A	ENP
Promoteurs :	Mohamed BOUAZIZ	Prof	ENP
	Belkacem BENNIKOUS	PDG	KBS
Examineurs :	Mohammed TAZI	MA-A	ENP
	Djamel SAIDI	MA-A	ENP

ENP 2018

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

- à mes très chers parents qui sont la source de ma vie, pour leurs sacrifices, leur éducation qui m'ont prodiguée,

- à mes frères et sœurs pour leurs encouragements et leurs soutiens durant toute ma formation universitaires,

- aux maris de mes sœurs et à leurs enfants,

- à l'équipe KBS-BOUDIS,

- à tous mes chers amis de la cité KALAA N° 02 ABOU EL HASSEN,

- à tous mes chers amis d'Oran,

- à tous mes amis et mes collègues de l'école nationale polytechnique.

- à Chemsse el dine TORKI et Adel ABBAS.

REMERCIEMENTS

Louange à ALLAH le tout Puissant de m'avoir donné l'opportunité, la volonté et le courage d'apprendre et d'arriver à la finalité de ce modeste travail.

Je remercie vivement toutes les personnes que j'ai eu l'honneur d'avoir comme enseignants durant toute ma formation.

Je présente ma vive gratitude à Monsieur Mohamed BOUAZIZ, Professeur à l'Ecole National Polytechnique, et Monsieur Belkacem BENNIKOUS, Directeur de groupe KBS – Boudis, pour leurs orientations, leur transmission de savoir, leur aide, leur disponibilité et leurs conseils tout au long de ce travail.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Mohamed ELHACHEMI pour m'avoir accueillir et faire visiter le bureau de méthodes du groupe SNVI Rouïba et Monsieur Ghessan BOUSAADA pour m'avoir fourni toutes les informations nécessaires et Madame BA Imane pour m'avoir aidé durant tout l'étude du marché.

Mes remerciements vont également à tous mes collègues, amis et membres de la famille AICHOUCHE et TORKI. Dessinateur

RESUME

ملخص،

جسر نقل الحركة في المركبات يعتبر الأكثر أهمية في السيارات بعد المحرك وعلبة التروس حيث يقوم بنقل الحركة من المحرك إلى العجلات من خلال عمود نقل الحركة ونظام تغير الحركة. والهدف من هذا العمل كان تصميم التروس المخروطية الحلزونية والتروس المخروطية والأعضاء التابعة لها (المحامل، العمود، ...) وأيضا إجراءات ومراحل التصنيع (الرسومات ثنائية الأبعاد، نطاقات المعالجة، ...). وانتهى هذا العمل بتصميم جسر النقل وقالب التصنيع مع الدراسة التقنية والاقتصادية من أجل رؤية ربحية المشروع في الجزائر.

الكلمات الدالة جسر نقل الحركة، التروس، جرار ماسي فيرفسون، وقالب التصنيع.

Abstract,

The vehicle transmission front axle is the most important system in vehicles after the engine and gearbox. It makes possible to transmit the rotational movement of the engine to the wheels via the transmission shaft and the differential. This work has been done for the sizing and the design of the spiral bevel gears and conical gear and the organs which go with (bearings, shaft ...). We ended up with the raw front axle design and the generation of its mold and the technical-economic study in order to see the profitability of the project in Algeria.

Key words: Front axle, gears, Masey-Ferguson, mold, differential

Résumé,

Le pont de transmission de véhicule est le plus important système dans les véhicules après le moteur et la boîte à vitesse. Il permet de transmettre le mouvement de rotation du moteur aux roues en passant par l'arbre de transmission et le différentiel. Ce travail a été fait pour le dimensionnement et la conception des engrenages spiro-coniques et coniques droit et les organes qui vont avec (roulements, arbre ...) aussi les procédures de fabrications (plans 2D, gammes d'usinage ...). On finit par la conception de pont brute, la génération de son moule et l'étude technico-économique à fin à voir la rentabilité de projet en Algérie.

Mots clés: Pont de transmission, engrenages, Masey-Ferguson, moule, différentiel

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux

Liste des figures

1.	Introduction générale.....	11
2.	Chapitre 1 : Description détaillé du pont CARRARO	13
2.1	Composants du pont	13
2.2	Procédé de fabrication -le moulage de pont-	22
2.2.1	Moulage en sable.....	22
2.2.2	Opérations d'exécution manuelle d'un moule en sable.....	26
2.2.3	Le démoulage	26
2.2.4	La fonte de moulage	26
2.2.5	Conception du pont et de moule.....	28
2.3	Conclusion	29
3.	Chapitre 2 : Eléments de transmissions.....	31
3.1	Engrenage conique à denture droite	31
3.1.1	Introduction	31
3.1.2	Taillage engrenage conique.....	32
3.1.3	Géométrie d'engrenage conique.....	32
3.2	Engrenages spiro-conique.....	38
3.2.1	Introduction	38
3.2.2	La machine Gleason	38
3.2.3	Géométrie d'engrenage spiro-conique Gleason	40
3.2.4	Gamme d'usinage et conception des engrenages spiro-coniques	50
3.2.4.2	Couronne	61
3.3	Roulements dans le pont.....	71
3.3.1	Introduction	71
3.3.2	Constitution et fabrication des roulements.....	72
3.3.3	Dimensionnement de roulement à rouleaux conique	73
3.4	Conclusion	80
4.	Chapitre 3 : L'étude économique	82
4.1	Profil du marché Algérien	82
4.3	Environnement du Marché Algérien	84
4.4	Plan de développement du produit	85
4.5	Moyens nécessaires pour démarrer l'activité	87
4.6	Prévisions sur 5 ans	89
4.7	Conclusion	93

5. Conclusion générale	95
Bibliographie	96
Annexe	98

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1 : DESIGNATION DES PIECES DE CARTER D'ESSIEU	15
TABLEAU 2.2 : DESIGNATION DES PIECES DE BOITIER	16
TABLEAU 2.3 : DESIGNATION DES PIECES DE COUPLE DIFFERENTIEL	17
TABLEAU 2.4 : DESIGNATION DES PIECES DE DIFFERENTIEL	18
TABLEAU 2.5 : DESIGNATION DES PIECES D'ARBRE DE TRANSMISSION	19
TABLEAU 2.6 : DESIGNATION DES PIECES DE KIT MOYEU	20
TABLEAU 2.7 : DESIGNATION DES PIECES DE PORTEUR PLANTAIRE	21
TABLEAU 3.1 : FACTEUR DE RESISTANCE DE LA ROUTE AU ROULEMENT	42
TABLEAU 3.2 : PARAMETRES DE BASE POUR LE CALCUL D'ENGRENAGES SPIRO-CONIQUE.....	48
TABLEAU 3.3 : PARAMETRES GEOMETRIQUE D'ENGRENAGES SPIRO-CONIQUE	48
TABLEAU 3.4 : RESULTATS DE CALCUL GEOMETRIQUE	49
TABLEAU 4.1 : LES FOURNISSEURS DES MATIERES PREMIERES	84

LISTE DES FIGURES

FIGURE 2. 1 : SCHEMA DES COMPOSANTS DU PONT	13
FIGURE 2. 2 : DIMENSIONS DU PONT - VU DE FACE –	14
FIGURE 2. 3 : DIMENSION DU PONT - VU DE DESSUS –	14
FIGURE 2. 4 : DIMENSION DU PONT - VU DE GAUCHE –	14
FIGURE 2. 5 : LES PIECES DE CARTER D’ESSIEU	15
FIGURE 2. 6 : LES PIECES DE BOITIER	16
FIGURE 2. 7 : LES PIECES DE COUPLE DIFFERENTIEL	17
FIGURE 2. 8 : LES PIECES DE DIFFERENTIEL	18
FIGURE 2. 9 : LES PIECES D’ARBRE DE TRANSMISSION	19
FIGURE 2. 10 : LES PIECES DE KIT MOYEU	20
FIGURE 2. 11 : LES PIECES DE PORTEUR PLANTAIRE	21
FIGURE 2. 12 : NOYAU ET BOITE A NOYAU.....	23
FIGURE 2. 13 : REPRESENTATION DE CHASSIS.....	25
FIGURE 2. 14 : SCHEMA DE CORPS DE REFROIDISSEMENT	25
FIGURE 2. 15 : DIFFERENTES FORMES DE GRAPHITE DANS LES FONTES GRISES	28
FIGURE 2. 16 : LA CONCEPTION 3D DU PONT	28
FIGURE 2. 17 : LA CONCEPTION 3D DE MOULE DU PONT	29

FIGURE 3. 1 : REPRESENTATION DES SURFACES AXOÏDES CONIQUES	31
FIGURE 3. 2 : TAILLAGE DE PIGNON A DENTURE CONIQUE DROIT.....	32
FIGURE 3. 3 : LISTE DES MODULES NORMALISES.....	33
FIGURE 3. 4 : PARAMETRES GEOMETRIQUES DES ENGRENAGES CONIQUES DROITS	34
FIGURE 3. 5 : TABLEAU DES FACTEURS DE CORRECTION DE DENTURE EN FONCTION DE NOMBRE DE DENTS	35
FIGURE 3. 6 : VUE ECLATER DE L’ENSEMBLE DES ENGRENAGES DE DIFFERENTIEL	36
FIGURE 3. 7 : TAILLAGE D’UN PIGNON A DENTURE SPIRALE DE TYPE GLEASON	38
FIGURE 3. 8 : DIFFERENTS TYPES DE FRAISE DE TAILLAGE GLEASON.....	39
FIGURE 3. 9 : MACHINE DE RODAGE GLEASON	39
FIGURE 3. 10 : LA VARIATION DE LA HAUTEUR DE LA DENT	40
FIGURE 3. 11 : LA COURBE DE DEVELOPPANTE DE CERCLE	40
FIGURE 3. 12 : ABAQUE DU DIAMETRE DE LA ROUE EN FONCTION DU COUPLE DE PERFORMANCE BASE SUR LA CONTRAINTE DE FLEXION	45
FIGURE 3. 13 : ABAQUE DU DIAMETRE DE LA ROUE EN FONCTION DU COUPLE DE PERFORMANCE BASE SUR LA CONTRAINTE SUPERFICIELLE	46
FIGURE 3. 14 : PARAMETRES GEOMETRIQUES DES ENGRENAGES SPIRO-CONIQUE	47
FIGURE 3. 15 : CONCEPTION DE PIGNON D’ATTAQUE.....	70
FIGURE 3. 16 : CONCEPTION DE COURONNE.....	70
FIGURE 3. 17 : CONCEPTION D’ASSEMBLAGE PIGNON ET COURONNE.....	70
FIGURE 3. 18 : QUELQUES TYPES DE ROULEMENTS	72
FIGURE 3. 19 : CONSTITUTION DE ROULEMENT.....	72
FIGURE 3. 20 : DESIGNATION NORMALISE DE ROULEMENT	73
FIGURE 3. 21 : DIMENSION DE ROULEMENT	74
FIGURE 3. 22 : FACTEUR DE CORRECTION RELATIF A LA FIABILITE A_1	75
FIGURE 3. 23 : DIAGRAMME DE FACTEUR DE MODIFICATION DE LA DURETE	76

FIGURE 3. 24 : COEFFICIENT DE SECURITE STATIQUE.....	78
FIGURE 3. 25 : DIMENSION BASE SUE LE DIAMETRE DE QUEUE DE PIGNON ET LA CHARGE STATIQUE MAXIMALE	79
FIGURE 3. 26 : LES PARAMETRES DE CHOIX CE ROULEMENT	80

| Introduction générale

1. Introduction générale

Le groupe KBS-Boudis milite pour la prise de conscience par le constructeur et par le sous-traitant local algérien afin qu'ils lancent une « cellule d'ingénierie auto-mécanique FEO/OEM » en partenariat gagnant/gagnant avec le département de génie mécanique de l'ENP. Une telle coopération permettrait à l'Algérie d'avancer dans un schéma local algérien de développement auto-mécanique. Pour cela, KBS-Boudis a décidé dans le cadre de la convention ENP/UPIAM signée il y a plus de dix ans, d'intégrer en Algérie, la fabrication des systèmes de transmission pour les tracteurs de Massey-Ferguson fabriqué à Constantine [9].

Le projet de l'entreprise KBS-Boudis est la fabrication locale de tous les organes de transmission qui existent dans les tracteurs MASSEY-FERGUSON. Mais un tel projet nécessite un sacré paquet de temps. Donc on focalise notre étude sur un seul organe dans ce PFE qui est le pont avant afin de l'industrialiser, l'entreprise demande de faire une étude complète sur le pont avec la conception des différents éléments. En tenant compte de côté d'ingénierie et d'économie, autrement dit en se base sur l'étude technique sans négligé le coté économique de projet qui est d'une importance capitale à grande échelle.

Le pont est utilisé sur les roues motrices avant du véhicule. Cet assemblage est la dernière étape de la chaîne cinématique de véhicule. Il est souvent appelé la « transmission finale ». Il est aussi appelé par erreur « différentiel ». Ce mécanisme n'est qu'une partie de l'essieu.

La conception de base des essieux est adoptée par tous les fabricants depuis de nombreuses années. Il y a plusieurs variantes, mais toutes fonctionnent selon le même principe de base. La principale différence réside dans le type de la suspension à essieu plein ou à suspension indépendante.

L'ensemble de l'essieu comprend le différentiel, les essieux moteurs et le carter de l'essieu. Les ponts sont soumis à de lourdes charges provenant du moteur et de la route. Ils sont de construction robuste et échouent rarement. Les défaillances les plus courantes sont les défaillances de roulements d'essieu. Dans un ensemble d'essieux, la puissance du moteur est transmise au pignon d'entraînement à partir de l'ensemble arbre d'entraînement et de la culasse- bride du pignon différentiel. Le pignon d'entraînement, qui est en prise avec la couronne dentée, fait tourner celle-ci. L'interaction entre la couronne et le pignon d'entraînement fait tourner le flux de puissance à un angle de 90° . La différence entre les nombres de dents pignon-couronne entraîne un rapport de réduction. Cela réduit la vitesse de rotation tout en augmentant le couple.

Chapitre 1 : Description Détaillé du pont CARRARO

2. Chapitre 1 : Description détaillé du pont CARRARO

2.1 Composants du pont

Dans cette partie on présente les différents organes du pont avec la désignation en français et en anglais.

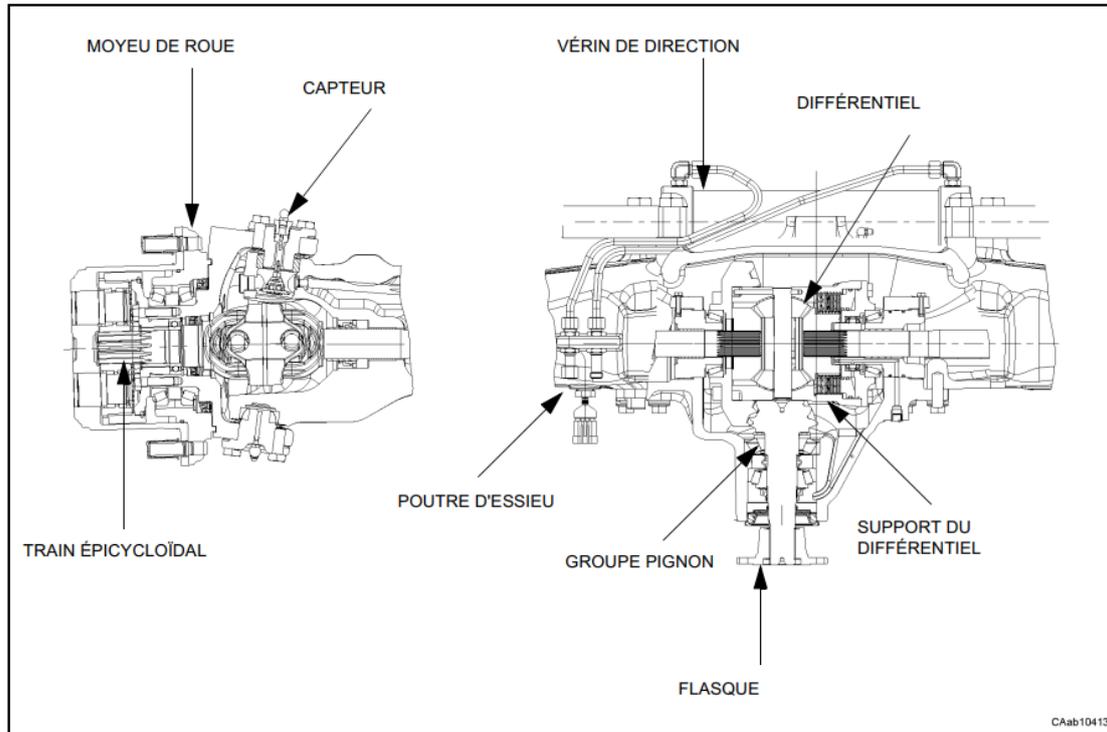


Figure 2. 1 : Schéma des composants du pont [8]

- CAPTEUR : élément de détection de vitesse
- VÉRIN DE DIRECTION : composants du vérin de direction avec les éléments de réglage
- TRAIN ÉPICYCLOÏDAL : porte-satellites avec éléments de réduction
- MOYEU DE ROUE : éléments de support de la roue renfermant le train épicycloïdal
- FLASQUE : flasque avec éléments d'étanchéité et de fixation
- SUPPORT DU DIFFÉRENTIEL : structure de support du différentiel et de réglage du couple conique
- DIFFÉRENTIEL : boîtier de différentiel et couronne du couple conique
- PIGNON : pignon avec éléments de réglage et support
- POUTRE D'ESSIEU : structure principale de support du pont

Dimension :

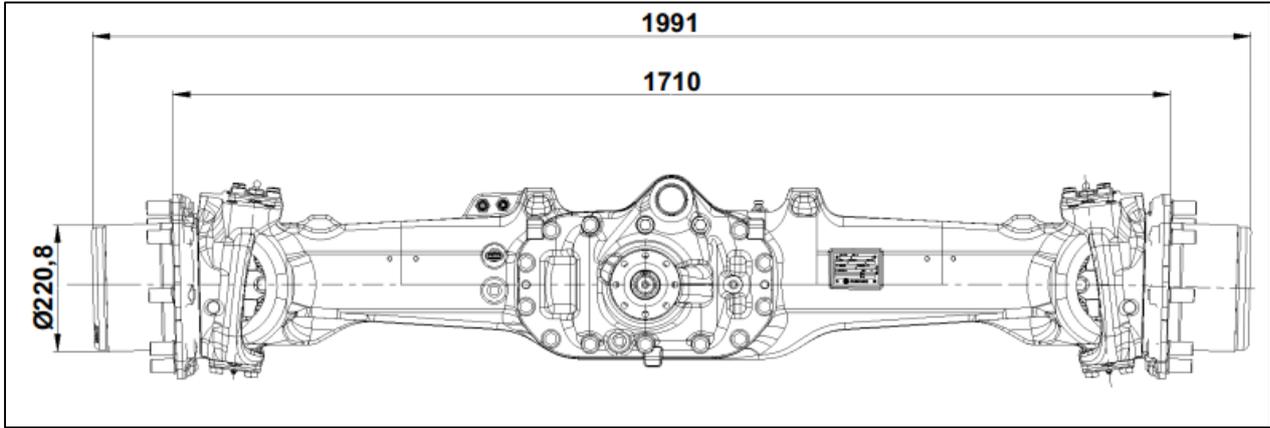


Figure 2. 2 : Dimensions du pont - vu de face – [8]

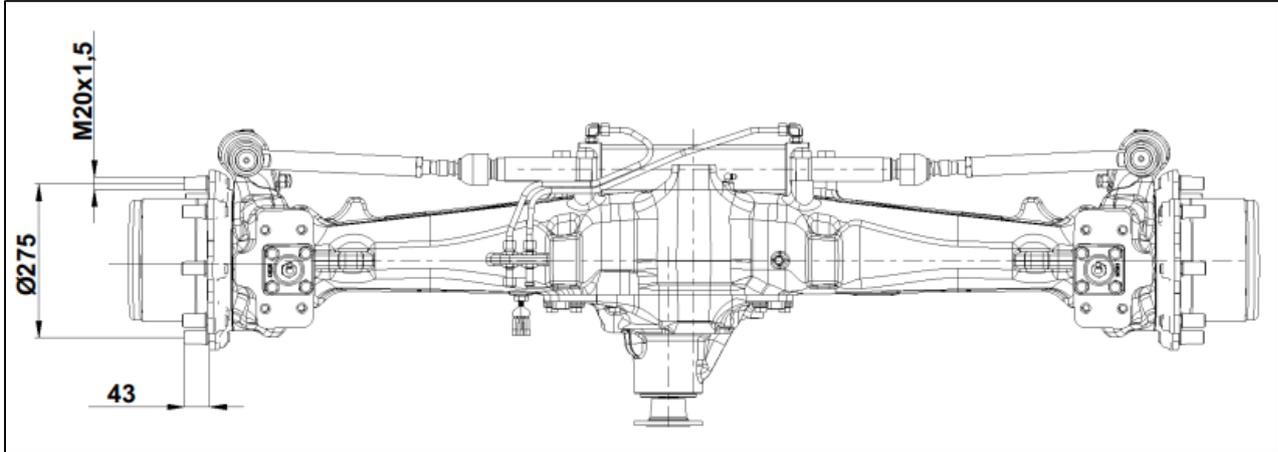


Figure 2. 3 : Dimension du pont - vu de dessus – [8]

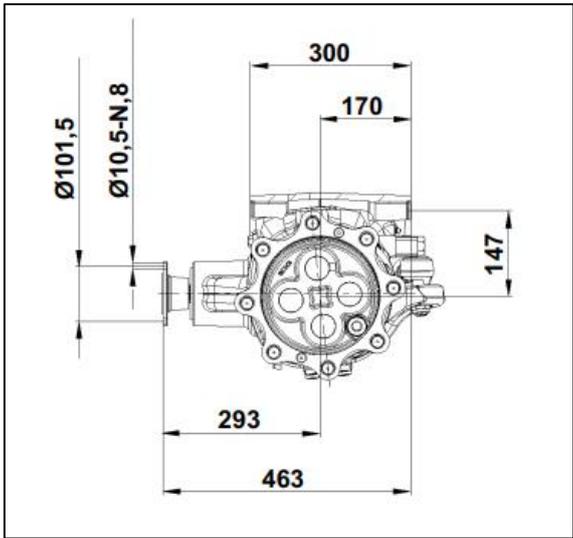


Figure 2. 4 : dimension du pont - vu de gauche – [8]

Les pièces du pont :

a- Carter d'essieu :

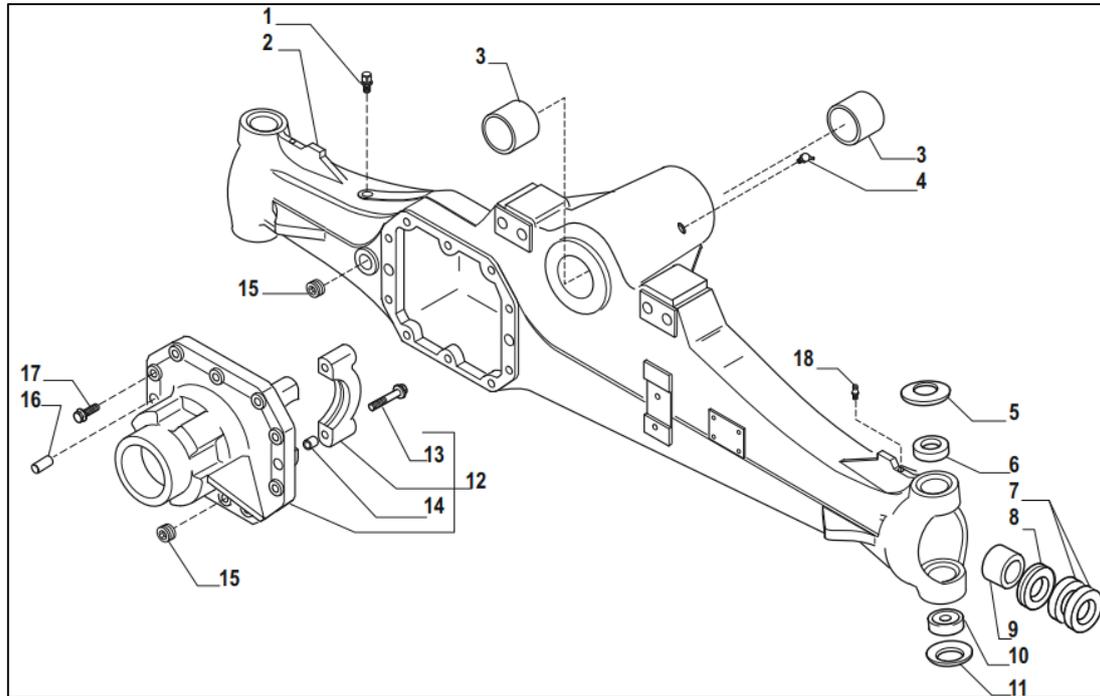


Figure 2. 5 : Les pièces de carter d'essieu [12]

Tableau 2.1 : Désignation des pièces de carter d'essieu [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	1	Bouchon fileté M10x1	Breather M10x1
2	1	Boîtier d'essieu	Axel housing
3	2	Bague	Bush
4	1	Bouchon graissage M6x1 (45°)	Greaser nipple M6x1(45°)
5	2	Rondelle	Belleville washer
6	2	Bague	Bush
7	4	Bague d'étanchéité	Seal ring
8	2	Bague d'étanchéité	Seal ring
9	2	Bague	Bush
10	2	Roulement à bille	Spherical bearing
11	2	Rondelle	Belleville washer
12	1	Support différentiel	Differential support
13	4	Vis	Bolt
14	4	Bague	Bush
15	2	Bouchon d'huile M24x1.5	Oil plug M24x1.5
16	2	Goupille D15x35	Pin D15x35
17	10	Vis M12x33	Bolt M12x33
18	2	Bouchon graissage M6x1	Greaser nipple M6x1

b- Boîtier pivotant et cylindre de direction :

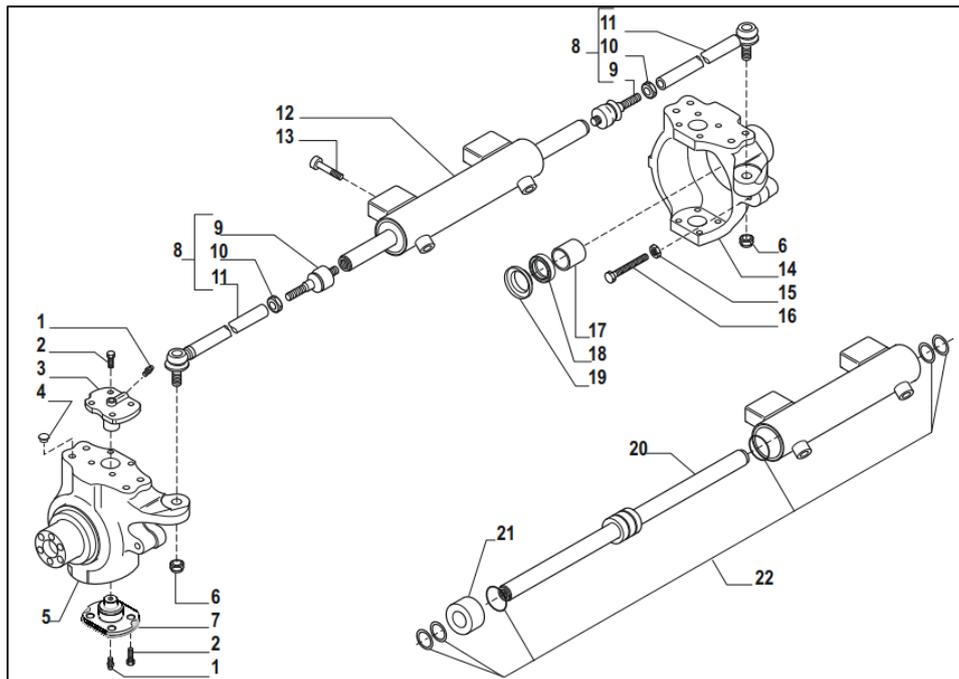


Figure 2. 6 : Les pièces de boîtier [12]

Tableau 2.2 : Désignation des pièces de boîtier [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	4	Bouchon graissage M6x1	Greaser nipple M6x1
2	16	Vis M12x30	Bolt M12x30
3	2	Le pivot central	King pin
4	8	Bouchon D14.6x9.5	Plug D14.6x9.5
5	1	Boîtier pivotant G	Swivel housing LH
6	2	Écrou M18x1.5	Nut M18x1.5
7	2	Le pivot central	King pin
8	2	Bras de direction	Steering arm assy
9	2	Joint à rotule	Ball joint
10	2	Écrou M18x1.5	Nut M18x1.5
11	2	Tirant	Tie rod
12	1	Vérin de direction	Steering cylinder
13	4	Vis M14x80	Bolt M14x80
14	1	Boîtier pivotant D	Swivel housing RH
15	2	Écrou M16	Nut M16
16	2	Vis M16x100	Bolt M16x100
17	2	Bague	Bush
18	2	Bague d'étanchéité	Oil seal ring
19	2	Couverture	Cover
20	1	Barre	Rod
21	1	Culasse	Cylinder head
22	1	Kit vérin	Oil seal kit

c- Jeu de pignons coniques :

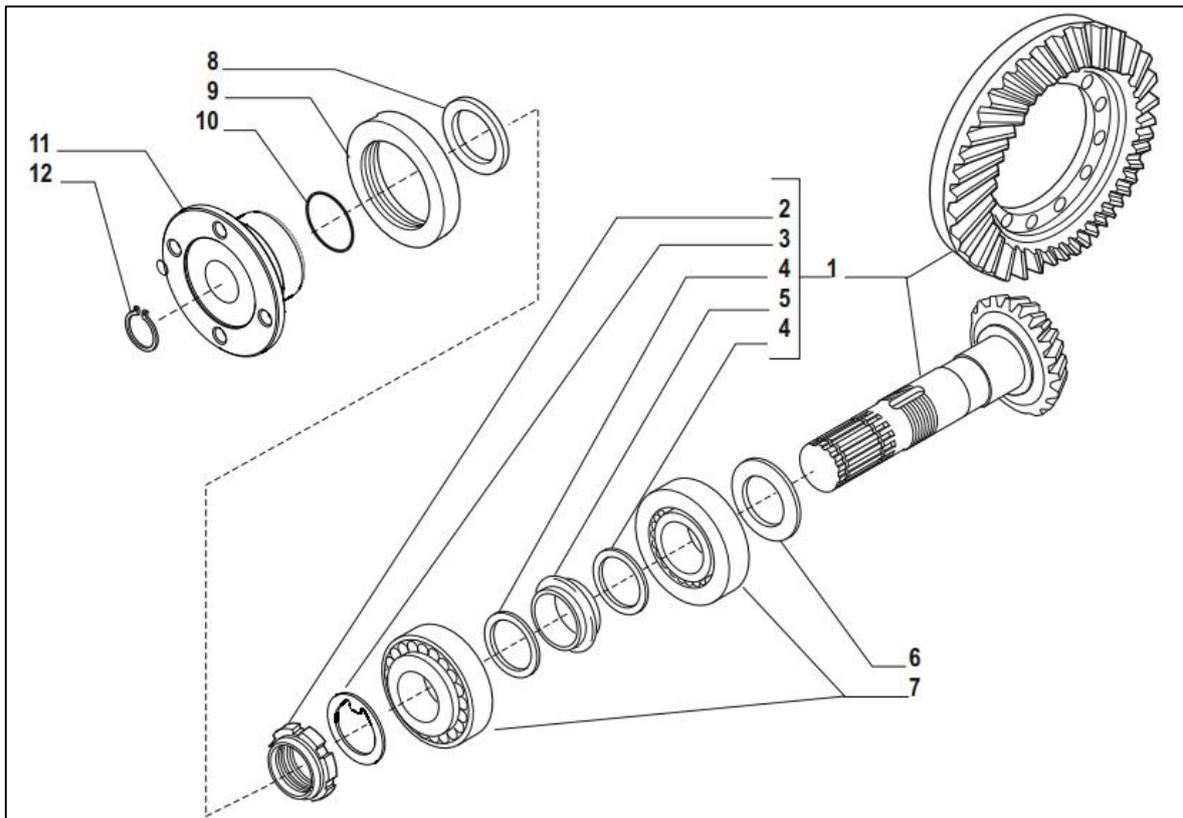


Figure 2. 7 : Les pièces de couple différentiel [12]

Tableau 2.3 : Désignation des pièces de couple différentiel [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	1	Engrenage spiro-conique	Bevel gear set Z13/28
2	1	Anneau M35x1.5	Ring nut M35x1.5
3	1	Rondelle de blocage	Lockwasher
4	2	Rondelle	Washer
5	1	Entretoise repliable	Collapsible spacer
6	1	Bague 2.50 mm	Shim 2.50 mm
7	2	Roulement	Bearing
8	1	Rondelle	Washer
9	1	Bague d'étanchéité	Seal ring
10	1	Anneau	O.ring
11	1	Bride	Flange
12	1	Anneau d'arrêt D.30	Snap ring D.30

d- Différentiel :

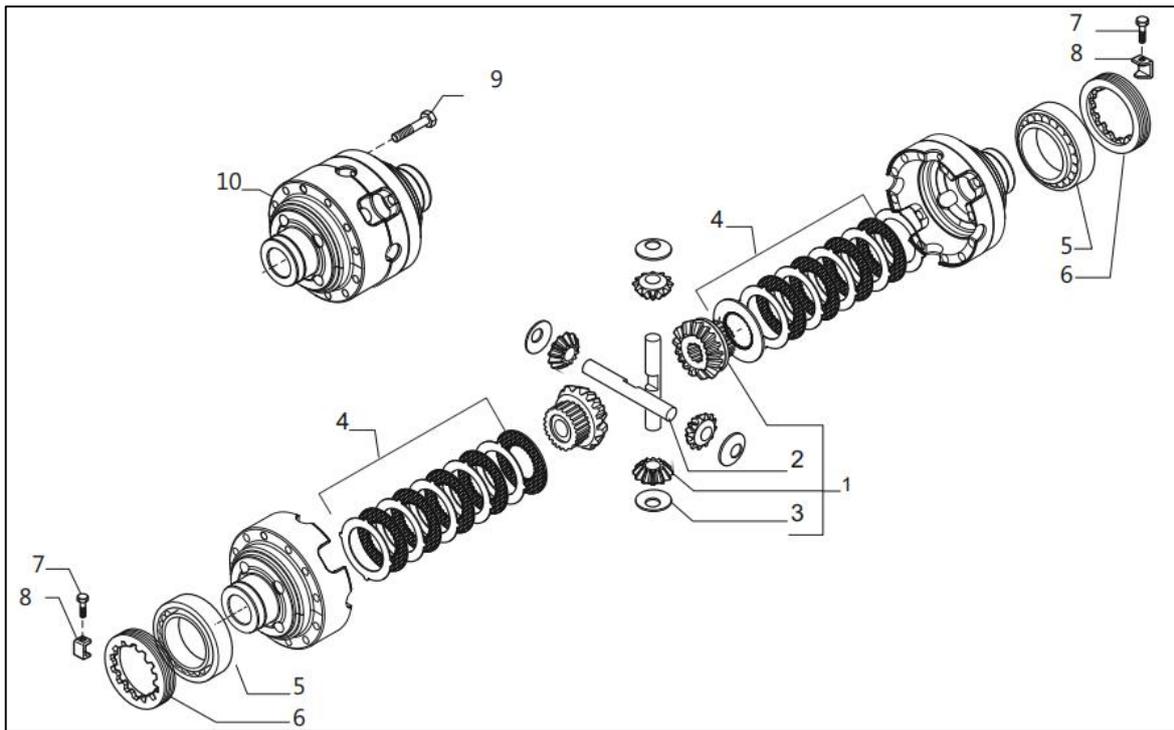


Figure 2. 8 : Les pièces de différentiel [12]

Tableau 2.4 : Désignation des pièces de différentiel [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	1	Kit différentiel	Differential kit
2	2	Arbre	Shaft
3	4	Rondelle de butée	Thrust washer
4	2	Ensemble de l'embrayage	Clutch pack assembly
5	2	Roulement	Bearing
6	2	Ecrou M94x2	Ring nut M94x2
7	2	Vis M6x10	Bolt M6x10
8	2	Plaque de verrouillage	Locking plate
9	12	Vis M10x75	Bolt M10x75
10	1	Boîtier différentiel	Differential housing

e- Double U-joint :

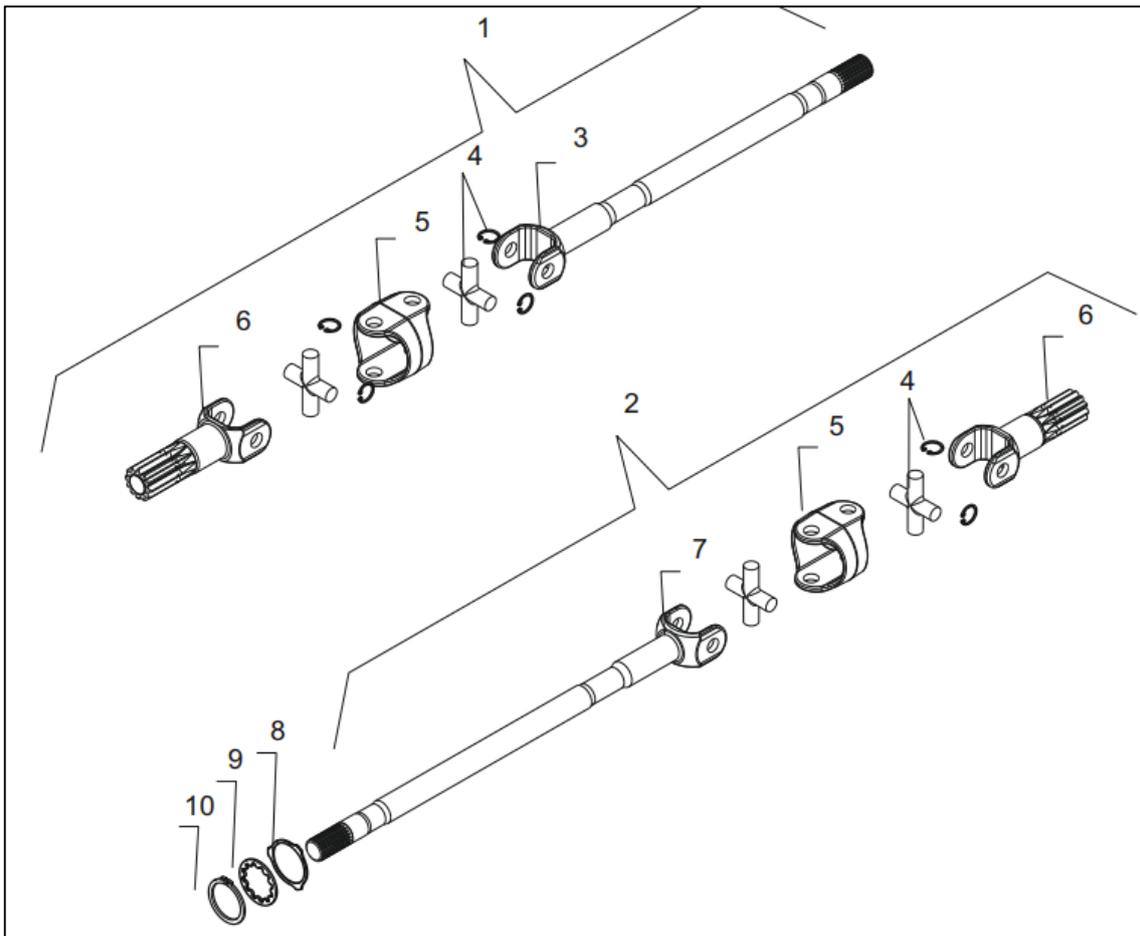


Figure 2. 9 : Les pièces d'arbre de transmission [12]

Tableau 2.5 : Désignation des pièces d'arbre de transmission [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	1	Double joint G	LH Double joint
2	1	Double joint D	RH Double joint
3	1	Fourche G (côté différentiel)	LH Fork (differential side)
4	4	Frein	Spider
5	1	Corps central	Central body
6	2	Fourche (côté roue)	Fork (wheel side)
7	1	Fourche D (côté différentiel)	RH Fork (differential side)
8	2	Rondelle	Washer
9	2	Rondelle	Washer
10	2	Anneau d'arrêt D40	Snap ring D40

f- Kit de moyeu de roue :

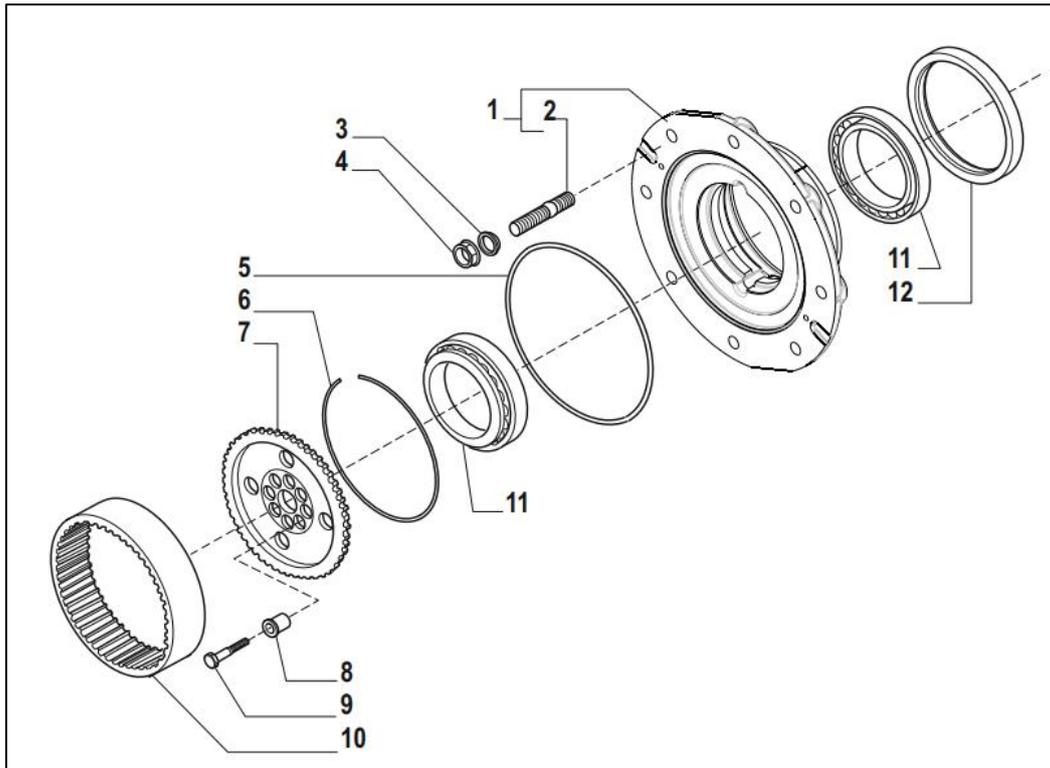


Figure 2. 10 : Les pièces de kit moyeu [12]

Tableau 2.6 : Désignation des pièces de kit moyeu [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	2	Kit de moyeu de roue	Wheel hub kit
2	16	Goujon	Stud
3	16	Rondelle	Washer
4	16	Écrou M20	Nut M20
5	2	Anneau	O.ring
6	2	La bague de verrouillage	Lockring
7	2	Porte-roue	Wheel carrier
8	12	Buisson de centrage	Centering bush
9	12	Vis M10x45	Bolt M10x45
10	2	Couronne	Crown gear
11	4	Roulement	Bearing
12	2	Bague d'étanchéité	Seal ring

g- Porteur planétaire :

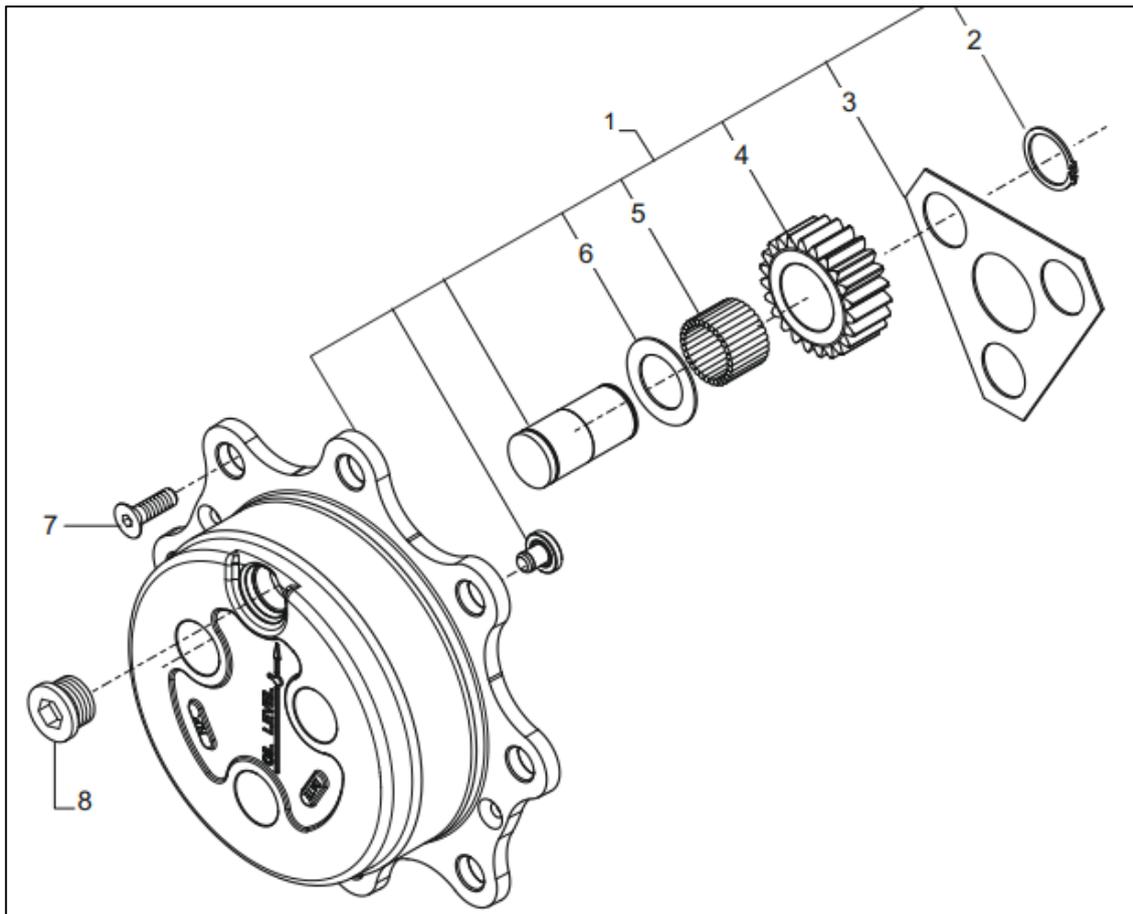


Figure 2. 11 : Les pièces de porteur planétaire [12]

Tableau 2.7 : Désignation des pièces de porteur planétaire [12]

N°	Qte	Désignation (Fr)	Désignation (An)
1	2	Planétaire	Planetary carrier assy
2	6	Anneau d'arrêt D34	Snap ring D34
3	2	Rondelle de butée	Thrust washer
4	6	Engrenage Z = 23	Gear Z=23
5	18	Aiguilles de roulement	Bearing needles
6	6	Rondelle de butée	Thrust washer
7	4	Vis M8x20	Bolt M8x20
8	2	Bouchon fileté M30x2	Plug M30x2

2.2 Procédé de fabrication -le moulage de pont-

L'expression de moulage dans le sens qui lui est attribué par les fondeurs désigne la formation d'empreintes dans un matériau appelé sable ou terre ou dans une masse métallique. Ces empreintes sont destinées à recevoir un alliage liquide qui, en se refroidissant, se solidifie et prendra leurs formes exactes [2].

Lorsque cette empreinte est en terre ou en sable elle porte le nom de « moule»; lorsqu'elle est métallique (fonte, bronze ...) elle porte le nom de moule métallique ou plus généralement le nom de coquille. De même le moulage est désigné sous le nom de :

- moulage en sable lorsque le moule est en sable (utiliser dans notre cas).
- moulage en terre lorsque le moule est en terre.
- moulage en coquille lorsque le moule est métallique.

L'utilisation de nouveaux alliages métalliques alliés à des techniques de fonderie innovantes connaît un grand développement et offre un champ d'application qui intéresse toutes les branches de l'activité industrielle [10].

2.2.1 Moulage en sable

Le moulage en sable consiste à couler le métal en fusion dans l'empreinte du moule en sable, réalisée d'après un modèle ayant la forme de la pièce à obtenir. Il s'adapte bien aux petites séries de production et surtout pour les pièces de grandes dimensions [2].

Un moule simple est constitué de deux parties :

- La partie supérieure.
- Et la partie inférieure.

Le métal en fusion est coulé à travers le trou du système de coulée, en traversant les canaux jusqu'à remplissage de l'empreinte. Après refroidissement et solidification, la pièce est sortie pour subir les différentes opérations de finition.

2.2.1.1 Le modèle

Le modèle est une représentation sous forme d'une pièce ou ensemble de pièces de l'objet à fabriquer et permettant la confection de l'empreinte du moule en sable.

Un modèle doit posséder :

- Une bonne résistance contre les contraintes mécaniques.
- Une bonne résistance contre les contraintes chimiques (humidité, liant du sable, gaz etc.).
- Une bonne résistance contre les contraintes thermiques (échauffement du modèle dans les différents procédés de moulage).
- Une précision de la forme et des dimensions.
- Bas prix de revient.

2.2.1.2 Noyau et boîte à noyau

Pour obtenir le contour intérieur de la pièce, on emploie les noyaux qui sont placés dans le moule. Lorsque les pièces présentent des évidements qu'il serait difficiles ou même impossibles d'obtenir par moulage au naturel, le moulage avec noyau s'impose. Le noyau est confectionné en sable auto-siccatif, dans un moule appelé boîte à noyau en bois ou métallique et se compose de deux parties assemblées par des groupes de repérage.

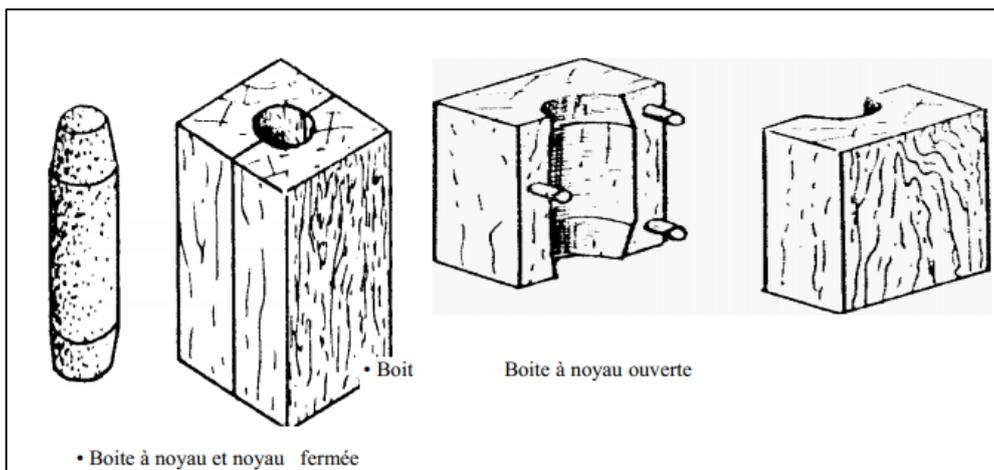


Figure 2. 12 : Noyau et boîte à noyau

2.2.1.3 Le sable de moulage

Le sable de moulage doit être infusible (résister à la température de coulée du métal), résistant (résister à l'érosion du métal liquide) et poreux (ne peut s'opposer au passage des gaz produits au moment de la coulée), et se compose en général :

- a-** de sable quartzeux (86-96%) pratiquement infusible en contact avec le métal liquide.
- b-** d'argile (bentonite) (3-10%) qui lie les grains de silice entre eux et empêche le moule de se détériorer après enlèvement du modèle. Dans certains cas au lieu de l'argile on utilise d'autres liants tels que : huiles végétales, verre soluble, dextrine, résine, bitumes, lessive sulfurique etc...
- c-** Le noir de fonderie, graphite pulvérisé ou noir végétal (2-6%) (Charbon de bois pulvérisé) qui brûle en contact du métal en fusion et donne ainsi au moule la porosité et la perméabilité nécessaire à l'évacuation des gaz (eau, vapeur d'eau, oxyde de carbone) qui seraient emprisonnés dans l'empreinte.
- d-** On incorpore de l'eau, des résines turanniques accompagnées d'un catalyseur dans la proportion globale de 1,5%. Les résines provoquent le durcissement assez rapide du moule à la température ambiante.

2.2.1.4 Sable à noyaux

La composition des sables de moulage et de noyaux est très diverse et dépend de la nature du métal, de l'épaisseur des parois de la pièce, de sa masse, forme etc... Les sables à noyaux doivent être plus compressibles, réfractaires et perméables que les sables de moulage car autour du noyau se trouve le métal liquide, c'est pourquoi pour le noyautage on utilise des matériaux plus réfractaires (la proportion en sable quartzeux est élevée).

2.2.1.5 Le châssis

C'est un cadre rigide fabriqué en fonte, en acier ou en aluminium parfois en bois, sans fond destiné à contenir et à soutenir le sable constituant le moule. Un châssis complet comprend au moins deux parties :

- Partie supérieure ou châssis de dessus.
- Partie inférieure ou châssis de dessous.

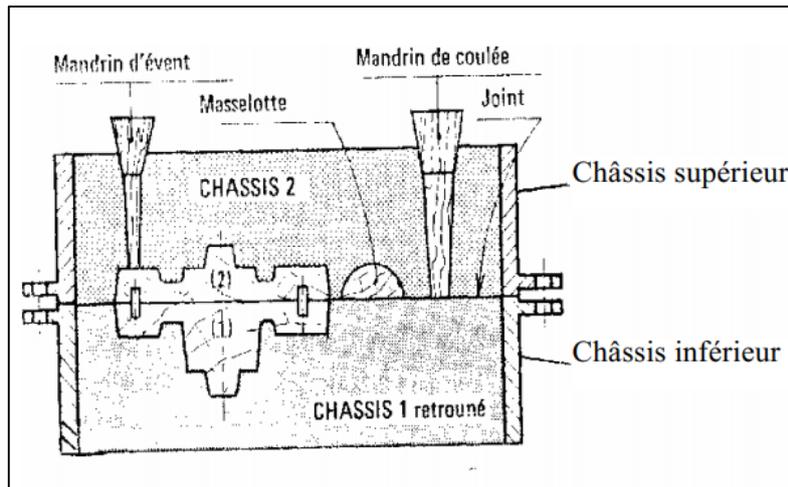


Figure 2. 13 : Représentation de châssis

2.2.1.6 Les corps de refroidissement

Les corps de refroidissement forment une certaine partie à la surface de la pièce coulée et sont destinés à absorber rapidement la chaleur du métal coulé. Ils sont introduits dans le moule aux endroits favorisant les retassures.

L'épaisseur du corps de refroidissement est d'environ 0.7 fois l'épaisseur de la paroi de la pièce.

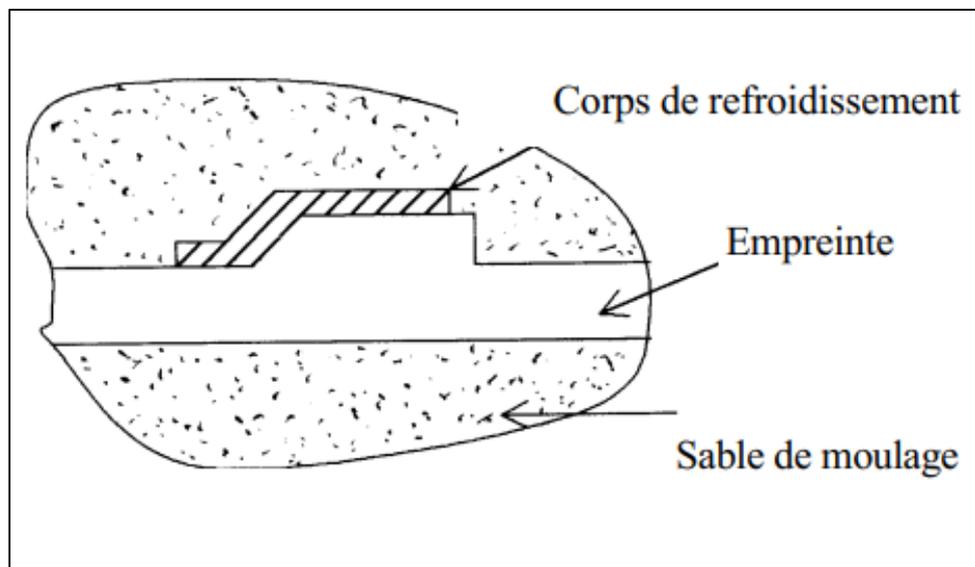


Figure 2. 14 : Schéma de corps de refroidissement

2.2.2 Opérations d'exécution manuelle d'un moule en sable

Soit à exécuter le moule de la pièce représentée par son dessin de définition. L'exécution manuelle d'un moule en sable comprend les opérations suivantes :

- Confection de la partie inférieure du moule
- Confection de la partie supérieure du moule
- Démoulage du modèle et du mandrin
- Remoulage
- Coulée du métal
- Décochage
- Le dessablage
- Ebarbage
- Contrôle et traitement thermique : s'il y a lieu
- Usinage, finition, perçage : s'il y a lieu

2.2.3 Le démoulage

On distingue le démoulage vertical, par coins, par mouvement à charnière, le démoulage oblique, circulaire, ect ...

Le démoulage vertical est le plus généralement utilisé. Il est réalisé de deux façons : ou bien le modèle reste fixe et on lève le moule. Dans le premier cas, le poids du sable intervient favorablement pour faciliter le démoulage. En effet, si une partie de sable est détachée, son poids le fait retomber en place. C'est le mode de démoulage qu'il faut utiliser lorsque l'empreinte présente d'importantes projections de sable qui pourraient se détacher et tomber si on la levait.

2.2.4 La fonte de moulage

- Les fontes grises :

Les fontes grises présentent un aspect gris à la cassure en raison de la présence du carbone principalement sous forme de graphite. Leur fabrication nécessite des minerais à forte teneur en silicium (1,5 à 3%). Elles ont une température de fusion inférieure à celle de l'acier (1 200 °C pour les fontes grises contre 1 370 °C pour l'acier), ce qui permet de les mouler facilement. Très peu malléables et ductiles, elles peuvent cependant être usinées.

- Rôle du silicium :

L'effet du silicium, élément graphitassent par excellence, s'analyse à l'aide des lignes liquidus des diagrammes de phases calculés dans le cas du système Fe-Si-graphite (dit stable) et du système Fe-Si-cémentite (dit métastable). Les deux lignes monovariantes eutectiques ont pour point de départ la composition de leur propre eutectique binaire et aboutissent à un eutectique tertiaire.

- Microstructure des fontes grises :

En considérant la solidification d'une fonte hypoeutectique contenant du silicium, on peut tout d'abord observer une cristallisation de l'austénite sous formes de dendrites. Le liquidus et le solidus sont en équilibre et on obtient l'eutectique en Eg. Cet eutectique est constitué simultanément d'un dépôt de graphite sous forme de lamelles et d'austénite.

- Formes de graphite dans les fontes grises :

Lors de la transformation eutectique, le liquide cristallise jusqu'à obtenir une macrostructure cellulaire. Ces cellules jouent le même rôle que le grain de l'acier. Cependant leurs dimensions ne peuvent plus être modifiées par des traitements thermiques.

Sur la photo ci-contre, on retrouve différentes formes de graphite dans les fontes grises:

- a) graphite en lamelles sans répartition particulière
- b) graphite interdendritique
- c) graphite interdendritique très fin avec orientation préférentielle
- d) graphite en rosette

Les normes caractérisent le graphite par sa répartition:

- A: distribution uniforme, orientation désordonnée
- B: distribution en rosette
- C: superposition de deux types de lamelles avec orientation désordonnée
- D: graphite interdendritique, orientation désordonnée
- E: graphite interdendritique orienté

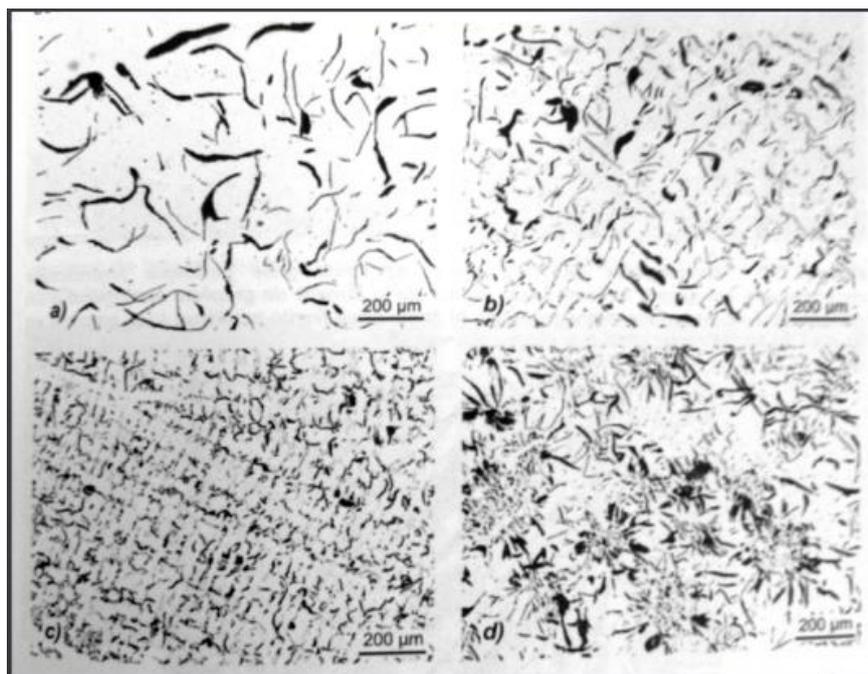


Figure 2. 15 : Différentes formes de graphite dans les fontes grises

2.2.5 Conception du pont et de moule

Le pont :

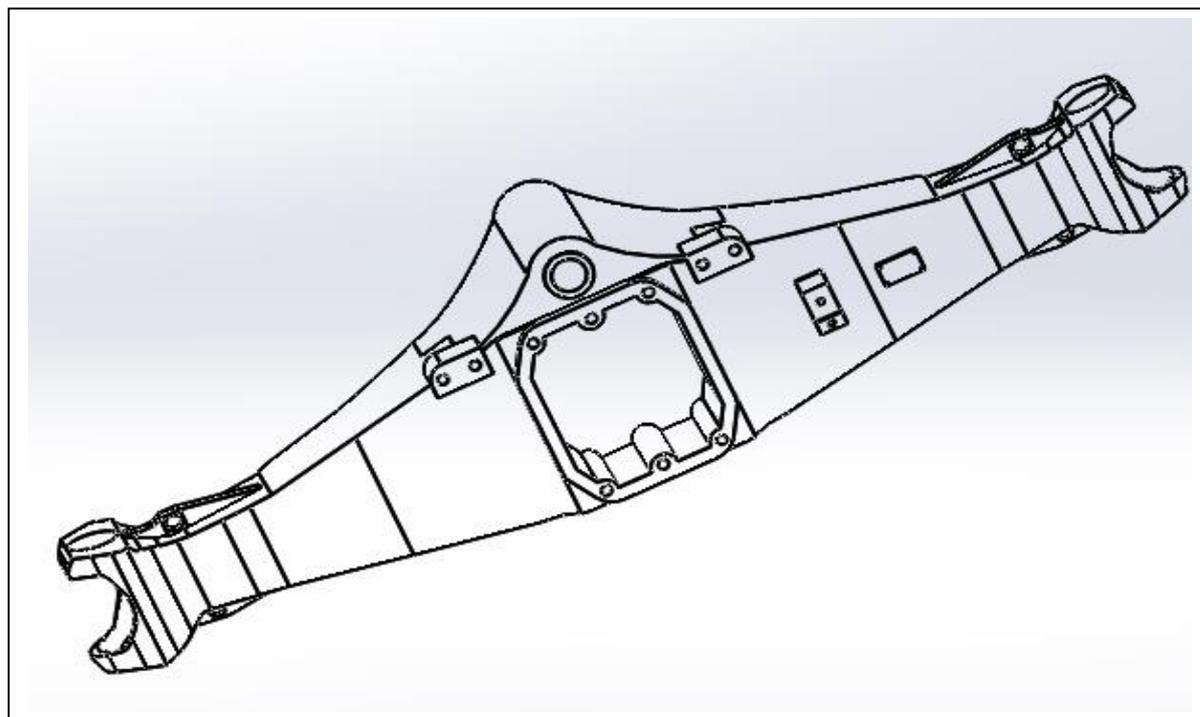


Figure 2. 16 : La conception 3D du pont

Le moule :

Le moule considéré se constitue de trois parties principales (le châssis, le moule en sable et le mandrin de coulée), (voir la figure 2.17).

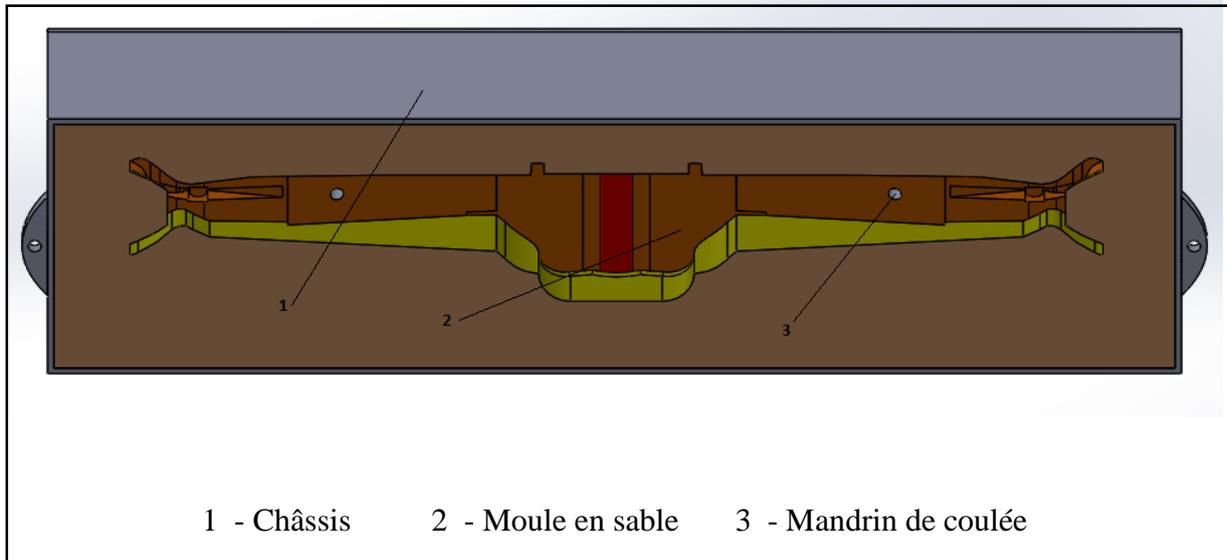


Figure 2. 17 : La conception 3D de moule du pont

2.3 Conclusion

Dans ce chapitre on a pu identifier dans le détail les différents éléments du pont, le procédé de fabrication par moulage et on a clôturé le chapitre par la conception du pont et de moule. Grace à l'étude effectuée dans cette partie qui est crucial dans l'étude économique.

Chapitre 2 : Éléments de transmission

3. Chapitre 2 : Eléments de transmissions

Les systèmes de transmission sont utilisés dans tous les véhicules représentés par la boîte de transmission et particulièrement dans les différentiels contenant des engrenages coniques droits (les tarins épicycloïdaux) et des engrenages spiro-coniques (couple pignon-couronne).

La grande utilisation des couples coniques se concentre principalement dans les secteurs de la mécanique générale, des poids lourds ou de l'aviation. En revanche, l'évolution dans l'automobile vers des solutions traction avant/moteur en travers a fait régresser leur utilisation dans ce domaine utilisateur des techniques et moyens de grande production [6].

3.1 Engrenage conique à denture droite

3.1.1 Introduction

Dans les engrenages coniques droits toutes les génératrices des dentures sont concourantes au même point qui est le sommet du cône primitif. Pour une roue plate, la denture est pyramidale; ses génératrices sont radiales. Ces surfaces axoïdes sont décrites par l'axe instantané de rotation Δ_{12} au cours des rotations des deux pièces autour de leurs axes. L'orientation d'une pièce par rapport à l'autre est définie par l'angle des axes des cônes [13]:

$$\Sigma = \delta_1 + \delta_2$$

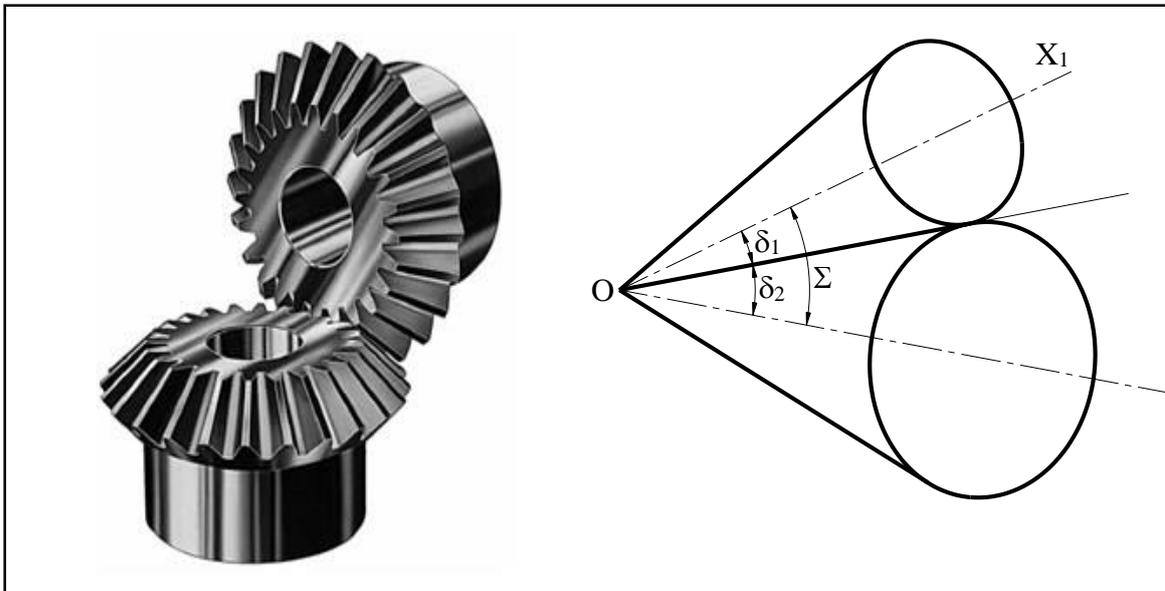


Figure 3. 1 : Représentation des surfaces axoïdes coniques [13]

3.1.2 Taillage engrenage conique

Les engrenages coniques à denture droite et inclinée sont taillés par un outillage à flancs rectilignes par la méthode dite de génération. Les machines-outils et l'outillage sont relativement chers par rapport au prix des roues coniques à denture curviligne. Ces mécanismes sont employés pour de petites et moyennes séries et pour des couples de très haute précision.

L'engrenage conique de différentiel ne doit s'exécuter qu'en denture droite parce que les dents ne doivent pas être tirées les unes dans les autres par la rotation dans les deux sens, ce qui engendrerait une trop forte usure. Comme le nombre de dents est très faible, il est nécessaire de prévoir le plus souvent un angle de pression plus grand que 20° , soit pratiquement $22,5^\circ$ pour des rapports d'engrenage plus grand que 2 et $z_1 = 7$ à 10, un angle de 25° pour des rapports d'engrenage compris entre 1 et 2 suivant les nombres de dents des roues. Ces dentures subissent un déport positif sur le pignon, négatif sur la roue, et un déplacement latéral de l'outil. Les rapports de conduite sont compris habituellement entre 1,2 et 1,4 soit à la limite inférieure acceptable.

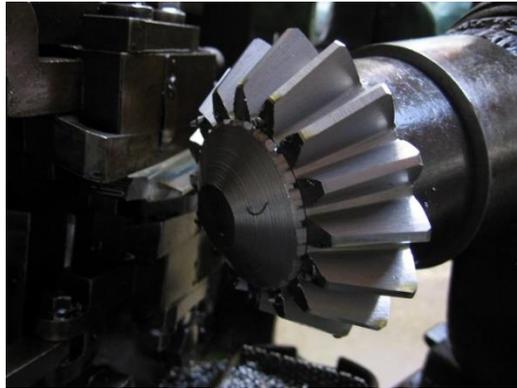


Figure 3. 2 : Taillage de pignon à denture conique droit

3.1.3 Géométrie d'engrenage conique

a- Le module :

Le module est calculé au rayon moyen r_{moy} au cône primitif et est donnée par la relation de Lewis :

$$m_{moy} = 2,34 \sqrt{\frac{T}{k \cdot \sigma_p}}$$

MODULES NORMALISÉS			
Valeurs principales		Valeurs secondaires	
0.50	4	0.550	4.5
0.60	5	0.700	5.5
0.80	6	0.900	7
1	8	1.125	9
1.25	10	1.375	11
1.50	12	1.750	14
2	16	2.250	18
2.50	20	2.750	22
3	25	3.500	28

Figure 3. 3 : Liste des modules normalisés

Avec :

T : l'effort tangentiel $T=60 P/(\pi \text{ dm N})$

k : le coefficient de largeur de denture

σ_p : la contrainte pratique du matériau de pignon

$$\sigma_p(17\text{CrNiMo6})=660 \text{ MPa} ; E_1(17\text{CrNiMo6}) = 200 \text{ GPa} ; \nu_1 = 0.33$$

b- Le module normalisé :

Il est défini sur le gros bout de la denture au cône primitif par :

On a :
$$\frac{m}{m_{\text{moy}}} = \frac{r}{r_{\text{moy}}}$$

Comme :
$$r = r_{\text{moy}} + \frac{b \cdot \sin \delta}{2}$$

B : étant la largeur de denture et δ le demi-angle au sommet du cône primitif.

Il vient :

$$m = \left(1 + \frac{b \cdot \sin \delta}{2 r_{\text{moy}}} \right) m_{\text{moy}}$$

On remplace b par (k x m) avec k le coefficient de largeur et δ par $(\tan^{-1} \frac{N}{n})$ on trouve la valeur de module réel :

$$m = \left(1 + \frac{km \cdot \sin \delta}{2 r_{\text{moy}}} \right) m_{\text{moy}}$$

$$m = \frac{m_{moy}}{\left(1 - \frac{k \cdot \sin \delta}{2 r_{moy}}\right)}$$

c- Grandeurs géométriques des roues coniques droites à denture déportée :

La figure illustre les différents éléments géométriques caractéristiques de la denture. Le tableau indique les désignations des symboles utilisés.

La forme de la denture est imposée par les diamètres de base des roues virtuelles et l'angle de pression α . La génération de la denture octoïde n'exige pas de diamètre de base à définir à partir des cônes primitifs.

Les Facteurs x , x_s , s_a , pour correction par déplacement latéral du profil pour engrenages coniques droit et hélicoïdal, $\Sigma = 90^\circ$.

Nombre de dents et le rayon moyen imposés : $Z_1 = 13$, $Z_2 = 25$ et $r_{moy} = 45$ mm

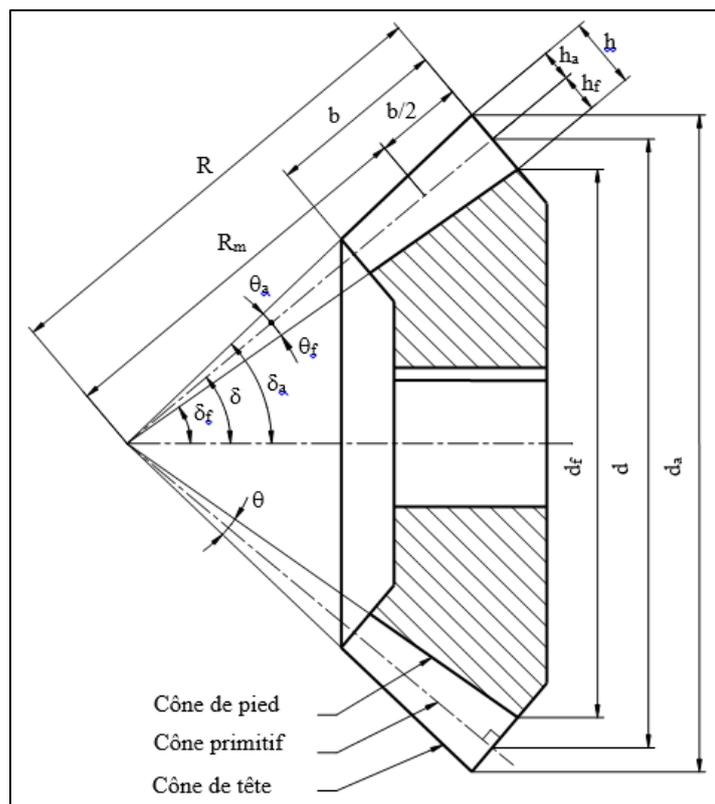


Figure 3. 4 : Paramètres géométriques des engrenages coniques droits

z ₂ ↓	Nombre de dents du pignon											
	z ₁ = 12			z ₁ = 13			z ₁ = 14			z ₁ = 15		
	x	s _a	x _S	x	s _a	x _S	x	s _a	x _S	x	s _a	x _S
23	0.39	0.413	0.000									
24	0.41	0.397	0.000									
25	0.42	0.387	0.005	0.38	0.446	0.000						
30	0.46	0.345	0.022	0.45	0.388	0.005	0.43	0.432	0.000			
35	0.49	0.317	0.033	0.48	0.358	0.017	0.47	0.398	0.000			
40	0.51	0.296	0.042	0.51	0.336	0.026	0.50	0.371	0.012	0.48	0.413	0.000
45	0.53	0.276	0.050	0.53	0.317	0.034	0.52	0.353	0.018	0.51	0.389	0.005
50	0.54	0.265	0.054	0.54	0.307	0.038	0.53	0.343	0.023	0.53	0.375	0.010
55	0.54	0.263	0.055	0.54	0.300	0.041	0.54	0.333	0.028	0.53	0.369	0.013
60	0.54	0.261	0.055	0.54	0.298	0.041	0.54	0.331	0.028	0.54	0.364	0.015
65	0.54	0.260	0.056	0.54	0.297	0.042	0.54	0.330	0.029	0.54	0.359	0.017
70	0.54	0.259	0.056	0.54	0.296	0.042	0.54	0.329	0.029	0.54	0.357	0.018
75	0.54	0.258	0.057	0.54	0.295	0.043	0.54	0.327	0.030	0.54	0.356	0.018
80	0.54	0.258	0.057	0.54	0.294	0.043	0.54	0.326	0.030	0.54	0.355	0.019

L'épaisseur de tête s_a est donnée pour un module m = 1.
 Cette épaisseur est calculée sans le déplacement latéral.

Figure 3. 5 : Tableau des facteurs de correction de denture en fonction de nombre de dents [5]

Dimensions géométriques de l'engrenage conique droit :

- Calcul de module moyen :

$$m_{\text{moy}} = 2,34 \sqrt{\frac{T}{k \cdot \sigma_p}}$$

Avec :

$$T = \frac{60 p}{\pi d_{\text{moy}} N} = \frac{60 \times 402.12 \times 10^3}{\pi \times 0.1 \times 125.66} = 611154.98 \text{ N}$$

Donc :

$$m_{\text{moy}} = 2,34 \sqrt{\frac{611.154 \times 10^3}{4 \times 660}} = 3.75$$

Et :

$$m = \frac{3.75}{\left(1 - \frac{4 \cdot \sin 27.47}{2 \times 45}\right)} = 3.83$$

On choisissant un module permet les séries principale le plus proche de celle calculer donc on le prend m = 4.



Figure 3. 6 : Vue éclater de l'ensemble des engrenages de différentiel

Grandeurs géométriques	Pignon	Roue
Diamètres	$d_1 = 52 \text{ mm}$	$d_2 = 100 \text{ mm}$
Module de définition	$m = 4$	
Module moyen	$m_{\text{moy}} = 3.75$	
Angle des axes	$\Sigma = 90^\circ$	
Rapport de transmission	$u = 1.92$	
Coefficient de déport	$x_1 = 0.38$	$x_2 = -0.38$
Géométrie de la denture		
Coefficient de vide à fond de dent	$c^* = 0.10$	
Saillie	$h_{a1} = m(1+x_1) = 5.52 \text{ mm}$	$h_{a2} = m(1+x_2) = 2.48 \text{ mm}$
Creux	$h_{f1} = m(1+c^*-x_1) = 2.88 \text{ mm}$	$h_{f2} = m(1+c^*-x_2) = 5.92 \text{ mm}$
Hauteur	$h = h_{a1} + h_{f1} = h_{a2} + h_{f2} = 8.40 \text{ mm}$	
Jeu entre dents	$j_n = 0.05 + 0.03 m = 0.17 \text{ mm}$	
Coefficient de largeur	$k = 4$	
Largeur pas	$b = k m = 16 \text{ mm}$	
	$p = \pi m = 12.57 \text{ mm}$	
Angle		
Cône primitif	$\delta_1 = \text{atan}\left(\frac{\sin \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma}\right) = 27.47^\circ$	$\delta_2 = \text{atan}\left(\frac{\sin \Sigma}{\frac{z_1}{z_2} + \cos \Sigma}\right) = 62.53^\circ$
Génératrice primitive	$R = 0.5 d_1 / \sin(\delta_1) = 56.36 \text{ mm}$	
Angle de saillie	$\theta_{a1} = \text{atan}(h_{a1} / R) = 5.59^\circ$	$\theta_{a2} = \text{atan}(h_{a2} / R) = 2.52^\circ$
Angle de creux	$\theta_{f1} = \text{atan}(h_{f1} / R) = 2.93^\circ$	$\theta_{f2} = \text{atan}(h_{f2} / R) = 6.00^\circ$
Cône de tête	$\delta_{a1} = \delta_1 + \vartheta_{a1} = 21.88^\circ$	$\delta_{a2} = \delta_2 + \vartheta_{a2} = 65.05^\circ$
Cône de pied	$\delta_{f1} = \delta_1 - \vartheta_{f1} = 24.55^\circ$	$\delta_{f2} = \delta_2 - \vartheta_{f2} = 56.53^\circ$
Génération moyenne	$R_m = R - b/2 = 48.36 \text{ mm}$	
Génération intérieure	$R_i = R - b = 40.36 \text{ mm}$	
Epaisseur à l'arc	$s_1 = 0.5\pi m + 2x_1 m \tan \alpha_p - 0,5 j_n = 7.46 \text{ mm}$	$s_2 = 0.5\pi m + 2x_2 m \tan \alpha_p - 0,5 j_n = 4.94 \text{ mm}$
Epaisseur à la corde	$sc_1 = s_1[1 - c * (s_1/d_1)^2] = 7.44 \text{ mm}$	$sc_2 = s_2[1 - c * (s_2/d_2)^2] = 4.94 \text{ mm}$
Hauteur de mesure de la tête	$h_{am1} = h_{a1} + 0,25(sc_1^2/d_1)\cos\delta_1 = 5.76 \text{ mm}$	$h_{am2} = h_{a2} + 0,25(sc_2^2/d_2)\cos\delta_2 = 2.51 \text{ mm}$
Diamètres		
primitif	$d_1 = Z_1 m = 52 \text{ mm}$	$d_2 = Z_2 m = 100 \text{ mm}$
De tête	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}\cos\delta_1 = 61.79 \text{ mm}$	$d_{a2} = d_2 + 2h_{a2}\cos\delta_2 = 102.29 \text{ mm}$
Pied	$d_{f1} = d_1 + 2h_{f1}\cos\delta_1 = 46.89 \text{ mm}$	$d_{f2} = d_2 + 2h_{f2}\cos\delta_2 = 105.46 \text{ mm}$

3.2 Engrenages spiro-conique

3.2.1 Introduction

Le comportement des engrenages est un sujet d'intérêt depuis longtemps dans différents domaines d'applications comme l'aéronautique, l'automobile ou encore le ferroviaire. Bien que différentes normes existent afin d'aider à leur conception et que leurs procédés de fabrication sont définis, de nombreux modèles numériques sont encore nécessaires pour prévoir leur comportement dans leur environnement de fonctionnement. Les engrenages spiro-coniques, dont la méthode de taillage est spécifique et les conditions de fonctionnement sévères, par exemple au niveau des puissances transmises, font appel à de tels modèles pour prédire leur comportement mécanique [7].

La conception des engrenages spiro-coniques reste encore très complexe de nos jours à cause de la géométrie des dentures, et donc les performances cinématiques, découle du mode de fabrication de ce type d'engrenage. Le taillage est lié à deux constructeurs principaux : Gleason et Klingelnberg. De nombreux paramètres de réglage des machines influencent directement les surfaces de denture, leur optimisation n'est donc pas intuitive [7].

3.2.2 La machine Gleason

La méthode de fabrication des engrenages spiro-coniques est parmi les plus complexes, la géométrie est variable dans toutes les directions. En effet, l'épaisseur de la dent évolue d'un bout à l'autre de la denture, tout comme la spirale, ou encore la hauteur.

Les fraises de taillage se composent d'un tourteau cylindrique à la périphérie duquel sont fixées des lames à tranchants inclinés, rectilignes généralement, pour engendrer une surface latérale de cône de révolution. Dans les machines Gleason la génération des faces des dentures est discontinue », c'est-à-dire que les creux de dents sont taillés les uns après les autres. La Figure représente une fraise Gleason taillant un pignon à denture spirale.

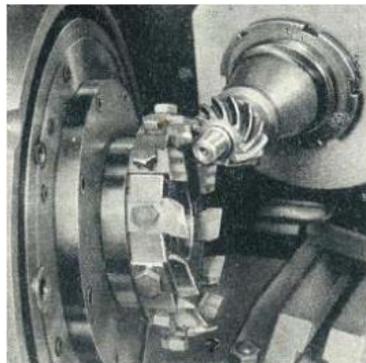


Figure 3. 7 : Taillage d'un pignon à denture spirale de type Gleason

Les différents types de fraises Gleason sont donnés sur la Figure, R_f représentant le rayon de la fraise :

- Fraise à tranchants extérieurs (a), taillant le flanc concave d'une dent,
- Fraise à tranchants intérieurs (b), taillant le flanc convexe d'une dent,
- Fraise à tranchants alternés (c), taillant simultanément les flancs convexes et concaves d'une dent.

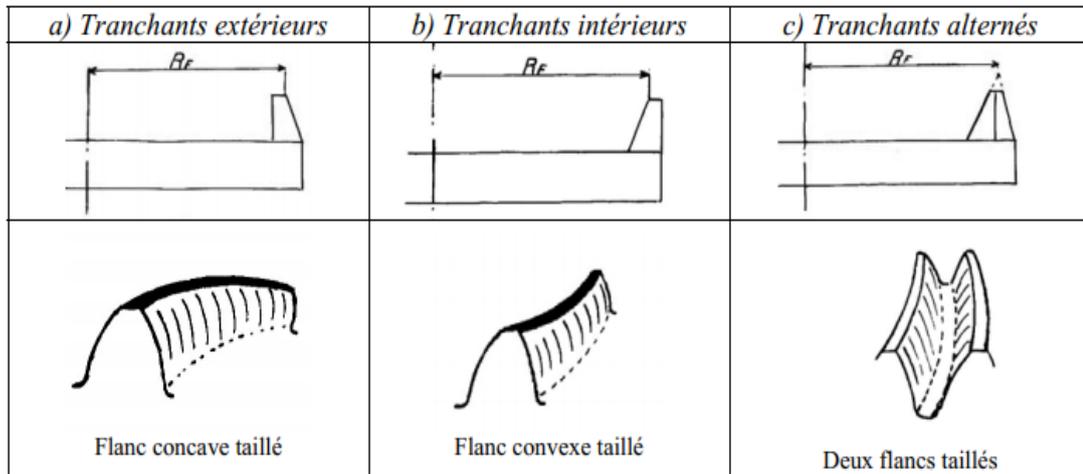


Figure 3. 8 : Différents types de fraise de taillage Gleason

Une fois le taillage des dents est terminé, on passe au traitées thermiquement, ce qui induit de légères déformations des flancs de dentures. Afin d'obtenir la géométrie finale précise des dentures d'engrenages spiro-coniques, il est nécessaire d'utiliser la machine de rodage des couple spiro-coniques qui vont ensemble toute la durée de vie du couple. La Figure présente la machine de rodage, commercialisées par Gleason.

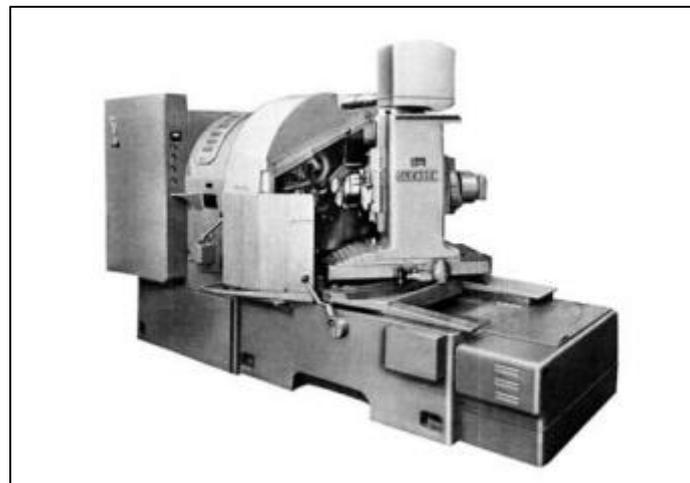


Figure 3. 9 : Machine de rodage Gleason

3.2.3 Géométrie d'engrenage spiro-conique Gleason

En grande série, la fabrication des engrenages concourants à denture droite ou inclinée est onéreuse. Dans les réducteurs industriels de catalogue et les véhicules, les engrenages concourants sont à denture avec flancs curvilignes. Le taillage s'effectue progressivement sur toutes les dents de la roue par un mouvement combiné de génération et de plongée dans la matière et non dent après dent comme dans la denture droite ou hélicoïdale. La forme des flancs dépend de la machine-outil à disposition. Ces machines sont capables de tailler aussi les engrenages hypoïdes [12].

Le système Gleason : la hauteur de denture est généralement variable, et la forme de la courbe directrice est un arc de cercle réalisée par un point fixe d'une droite, qui roule sans glisser sur un cercle. Ce choix conduit à un développement de denture qui se réalise par étapes, chacun des creux de dents étant réalisé l'un après l'autre. Les flancs de denture convexes et concaves sont taillés par des outils différents.

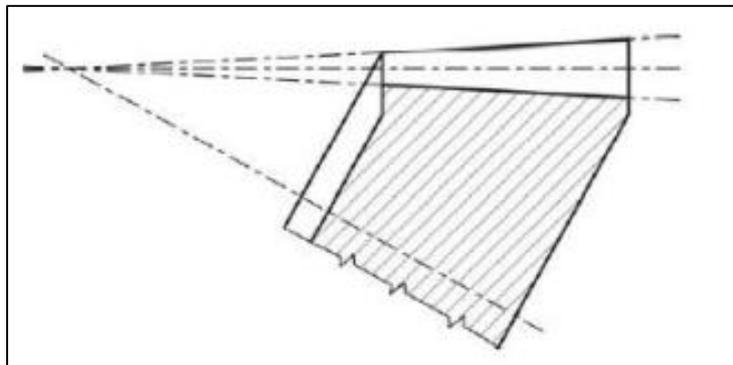


Figure 3. 10 : La variation de la hauteur de la dent [7]

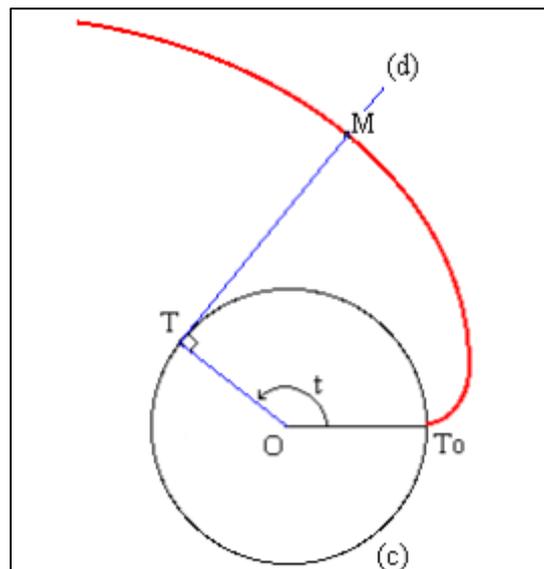


Figure 3. 11 : La courbe de développante de cercle [7]

 Dimensionnement de l'engrenage :

Les dimensions fondamentales utilisées dans le calcul et la définition des grandeurs géométriques des dentures sont données dans ce chapitre. Les diamètres extérieurs du pignon et de la roue sont dictés par le choix des nombres de dents et le module apparent. Le module apparent peut être quelconque, la seule condition à remplir est qu'il puisse se fabriquer par l'outillage à disposition.

Dans notre calcul on se base sur la normalisation de Gleason.

a- Couple de performance :

Le couple sur le pont basé sur la performance est donné par l'expression :

$$T_{\text{PFG}} = \frac{W_C r_R}{90} (G_H + G_p + G_R)$$

Avec :

T_{PFG} : Couple performance (mkg)

W_C : Poids brut maximal (kg)

r_R : Rayon de roulement des pneumatiques (m)

G_H : Facteur de pente de la route. Utilisé 33% pour les véhicules agricoles

G_p : Facteur de performance

$$\begin{cases} G_p = 16 - \left(\frac{K_N W_C}{T_E} \right) & \text{pour : } \frac{K_N W_C}{T_E} < 16 \\ G_p = 0 & \text{pour : } \frac{K_N W_C}{T_E} > 16 \end{cases}$$

K_N : Facteur de conversion d'unité

W_C	T_E	K_N
Kg	Mkg	0.195

T_E : Couple maximal net à la sortie du moteur (mkg)

G_R : Facteur de résistance de la route au roulement

Tableau 3.1 : Facteur de résistance de la route au roulement

Catégorie de route	Types de revêtement	Facteur G_R		
		Bon	Moyen	Mauvais
I	Béton, Briques, Pavés...	1.0	1.1	1.2
II	Macadam, Gravier traité	1.2	1.6	2.0
III	Argile sablée, Gravier, Pierres...	1.5	2.0	2.5
IV	Terre, Sable	2.0	2.5	3.5

b- Diamètre préliminaire de la roue de transmission :

Après la détermination de couple de performance, un diamètre préliminaire de la roue de transmission pour des pignons en porte-à-faux peut être choisi à partir des graphiques pourtant l'indice (a, b) qui sont basés sur la résistance à la flexion et la résistance superficielle pour les engrenages spiro-conique. Les séries de courbures de ces graphiques correspondent à des rapports de transmission déférents. Pour des pignons montés entres deux paliers, multiplier la valeur du diamètre de roue obtenu sur les graphiques par 0.97 [4].

Il faut noter que le diamètre préliminaire de la roue de transmission déterminé par cette méthode est le diamètre de roue minimal qui supportera les charges soutenus.

Il y a des véhicules pouvant générer des couples sur les engrenages qui sont 2 à 5 fois supérieures au maximum calculé à partir du couple moteur en première vitesse du fait d'un embrayage brutal. Cet effort, peut transférer des poids additionnels sur les roues motrices et au plus grand coefficient de frottement entre les pneumatiques et la route, résulte des couples à l'adhérence pratiquement égaux, en amplitude, à celui provenant du moteur. Par conséquent le diamètre de la roue doit être vérifié en utilisant les valeurs extrêmes de couple dans les équations de contraintes, afin de déterminer si les contraintes maximales sont dans les limites acceptables.

c- Couple du au moteur :

Le couple sur le pont résultant du couple de sortie maximal du moteur en premier vitesse est donnée par :

$$T_{PMG} = K_O \cdot K_C \cdot T_E \cdot m_T \cdot m_C \cdot m_G \cdot \eta$$

Avec :

K_O : Facteur de surcharge tenant compte des chocs provoqués par embrayage brutal avec une boîte manuelle. Utilisé une valeur de 1.0 pour une boîte automatique. Avec boîte manuel, utilisé une valeur 3.0 pour les véhicules de sport, une valeur 1.0 lorsque le facteur G_p est 0, ou une valeur de 2.0 lorsque le facteur performance est supérieure à 0.

K_C : Facteur de conversion d'unité

T_E	K_N
Mkg	1.0

T_E : Couple maximal net à la sortie du moteur (mkg)

m_T : Rapport de transmission en premier

m_C : Rapport de la conversion automatique. Pour une boîte manuelle est 1.0

$$m_C = \frac{m'_C - 1}{2} + 1$$

m'_C : Rapport de calage de convertisseur de couple de la transmission automatique.

m_G : Rapport de couple conique ou hypoïde

$$m_G = \frac{N}{n}$$

N : Nombre de dent de la roue du couple conique ou hypoïde

n : Nombre de dent du pignon du couple conique ou hypoïde

η : Rendement de la transmission, généralement 90 à 98 %

d- Couple adhérence :

Le couple de pont résultant du patinage des roues peut être déterminé comme suit :

$$T_{WSG} = W_D \cdot f_s \cdot r_R$$

Avec :

T_{WSG} : Couple maximal à l'adhérence (m kg)

W_D : Poids en charge sur le pont moteur (kg)

$$W_D = W_C(f_d + f_t)$$

Cette expression est valide que pour les véhicules de tourisme.

W_C : Poids brut maximal (kg)

f_d : Facteur de distribution du poids sur le pont avant

C'est la proportion du poids total en charge (W_L) qui est supportée par le pont moteur. Une valeur de 0.45 à 0.55 est une hypothèse raisonnable si aucune autre valeur n'est disponible.

f_t : Facteur de transfert de poids dynamique.

f_s : Coefficient de friction entre les pneumatiques et la route. Utiliser 0.85 pour les pneumatiques conventionnels sur un revêtement sec. Pour les véhicules hauts performance équipés de pneumatique spéciaux, utiliser 1.25.

r_R : Rayon de roulement des pneumatiques (m)

e- Couple sur le pignon moteur :

Le couple sur le pignon peut être déterminé comme suit :

$$T_P = T_G \frac{n}{N}$$

T_P : Couple sur le pignon moteur

T_G : Couple sur le pont en (m kg)

N : Nombre de dent de la roue du couple conique ou hypoïde

n : Nombre de dent du pignon du couple conique ou hypoïde

f- Couple performance sur le pignon :

$$T_{PFP} = T_{PFG} \frac{n}{N}$$

g- Couple du moteur sur le pignon :

$$T_{PMP} = T_{PMG} \frac{n}{N}$$

h- Couple à l'adhérence sur le pignon :

$$T_{WSP} = T_{WSG} \frac{n}{N}$$

i- Diamètre finaux de la roue de transmission :

Les valeurs du couple moteur et du couple adhérence seront utilisées pour vérifier les calculs finaux de la contrainte à la flexion et de la contrainte superficielle sous les conditions de fonctionnement les plus dures afin d'assurer une performance satisfaisante des engrenages de transmission et des engrenages de différentielle sous des charges extrême, d'où le diamètre final de la roue de transmission dépend de ces calculs.

Les diamètres finaux de la roue de transmission et plantaire ne doivent pas conduire à des contraintes à la flexion ou à des contraintes superficielles supérieures aux limites d'endurances du matériau [4].

De plus, le choix final du diamètre doit tenir compte de l'espace nécessaire pour un différentiel adéquat. Ceci donne fréquemment une roue annulaire plus grande que celle qui serait nécessaire pour transmettre ces charges.

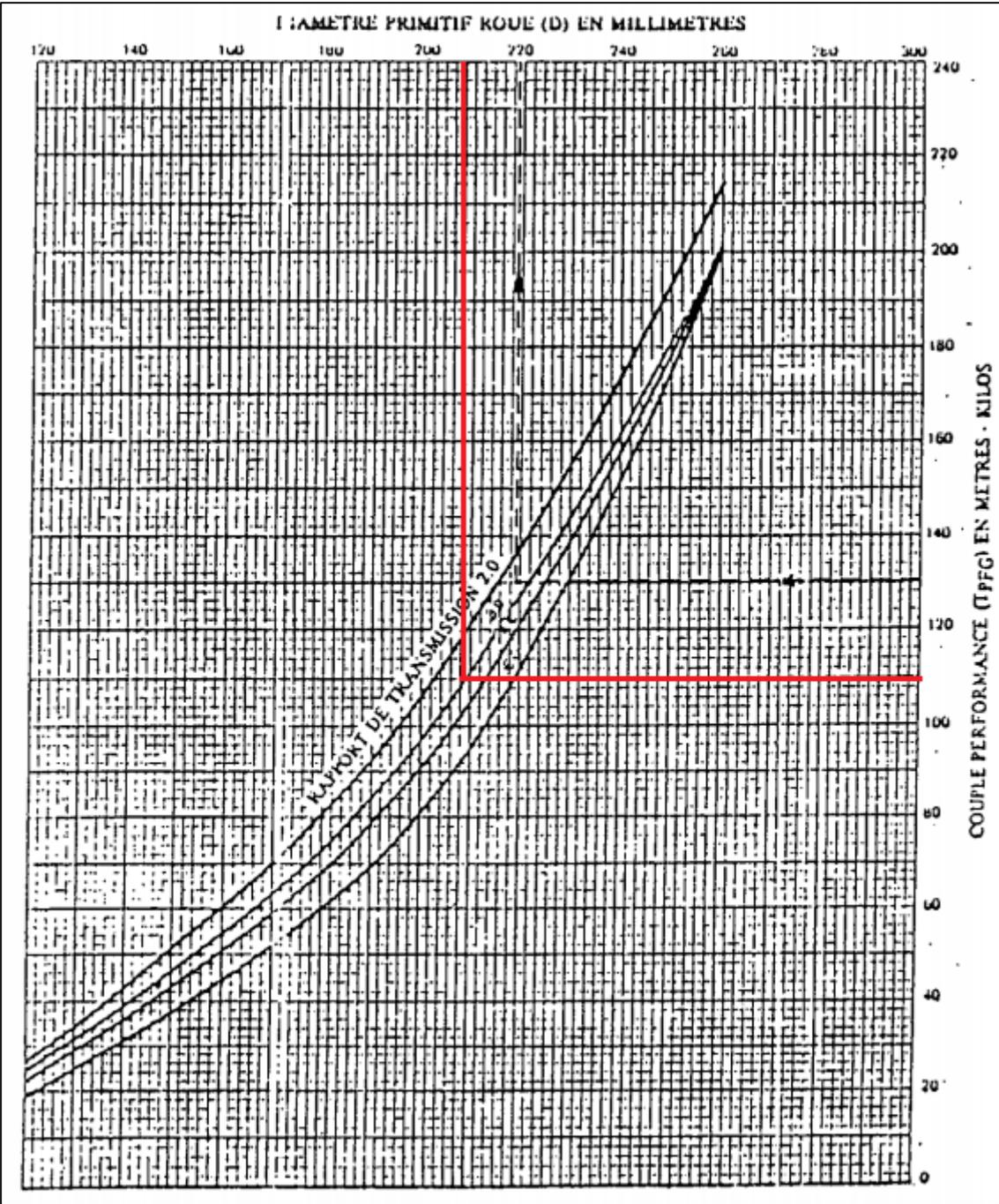


Figure 3. 12 : Abaque du diamètre de la roue en fonction du couple de performance basé sur la contrainte de flexion [7]

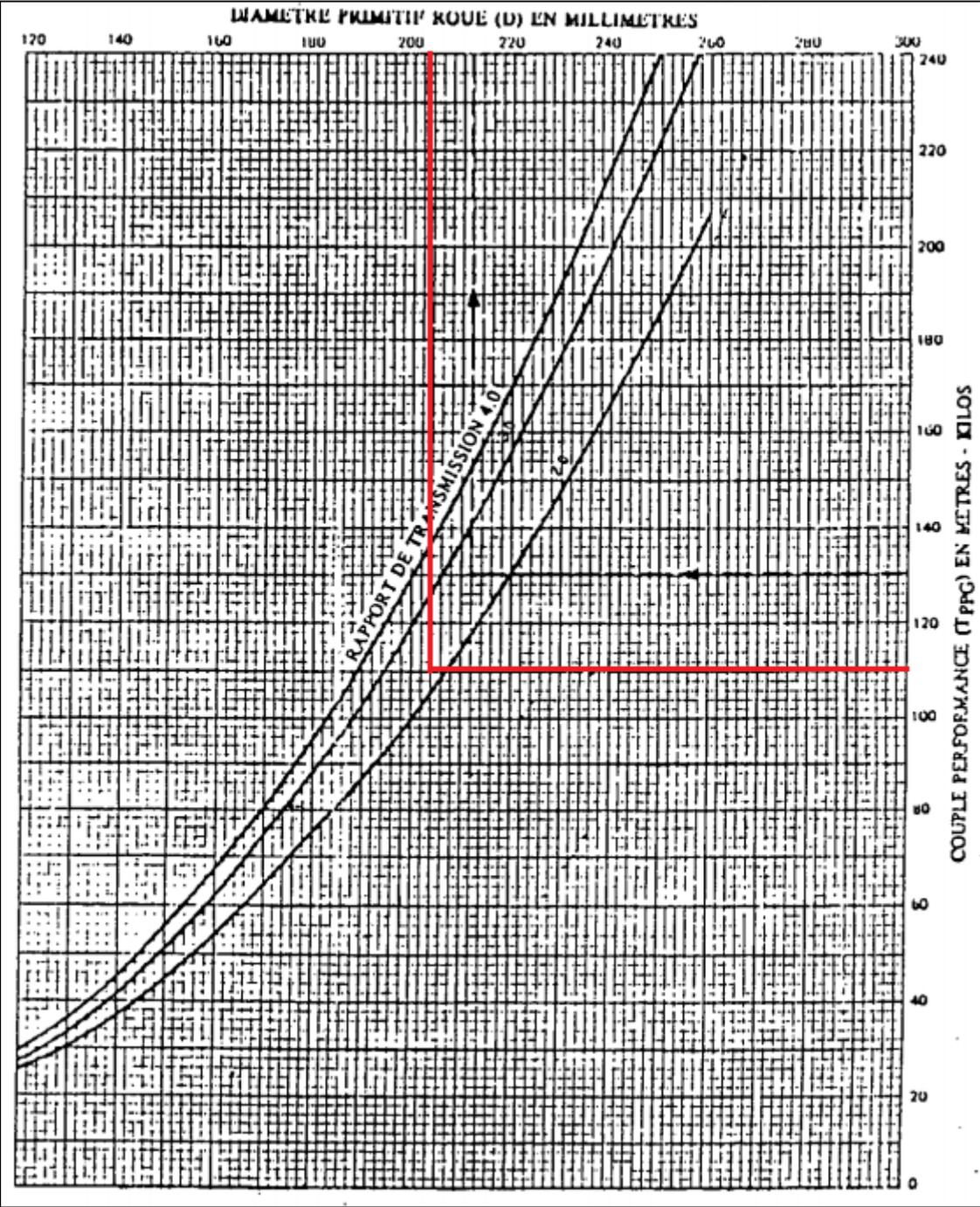


Figure 3. 13 : Abaque du diamètre de la roue en fonction du couple de performance basé sur la contrainte superficielle [7]

j- Géométrie des dentures :

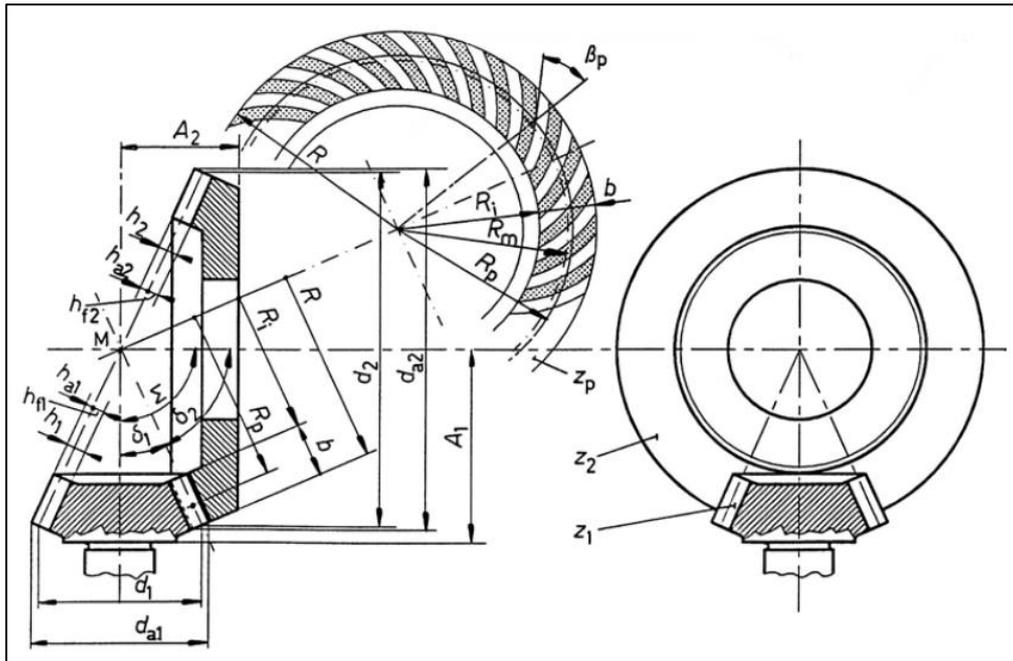


Figure 3. 14 : Paramètres géométriques des engrenages spiro-conique [7]

Dans les calculs ci-dessous l'indice (2) pour la roue et l'indice (1) pour le pignon.

Le système a été prévu pour un angle de spirale $\beta = 35^\circ$. Le choix d'un angle de spirale plus petit peut amener une interférence de taillage et diminuer le rapport de recouvrement. L'arrondi au pied de dent est imposé par l'arrondi sur les couteaux r_w . Les dimensions des diverses génératrices des roues sont :

Pour éviter l'interférence au taillage du pied de dent de pignon, il faut déplacer les profils de la roue plate tout en gardant aux lignes primitives leurs positions fondamentales. La somme des coefficients de déport doit être nulle. On obtient ainsi une denture déportée sans variation d'angle des axes. Par convention, le déport est dit positif lorsque la ligne de référence est extérieure au cercle primitif et vice versa. Pour déterminer le déport à prévoir, il faut calculer le creux maximum pour lequel la limite d'interférence est atteinte sur le cône complémentaire intérieur de la plus petite des roues.

Pour le diamètre on choisissant $D_{\text{roue}} = 210 \text{ mm}$ pour qu'il l'engrenage résiste au deux contrainte (flexion et superficielle).

Tableau 3.2 : Paramètres de base pour le calcul d'engrenages spiro-conique

a- Couple de performance							
W_c	r_R (mm)	G_H	K_N	T_E	G_p	G_R	
5120	41.65	33	0.2	160	9.8	3.5	
$T_{PFG} = 109.6 \text{ m kg} = 1096.1 \text{ N m}$							
b- Diamètre préliminaire de roue à partir de T_{PFG}							
D_{roue} (la résistance à la flexion)				D_{roue} (la résistance superficielle)			
210				205			
c- Couple du au moteur							
K_O	K_C	m_T	m_C	m_G	η	N	n
1	1	3	1	2.9	1	38	13
$T_{PMG} = 1342.25 \text{ m kg} = 13422.54 \text{ N m}$							
W_D	f_s	T_{WSG}	T_G	T_p	T_{PFP}	T_{PMP}	T_{WSP}
1736.7	1.3	90.4	109.6	37.5	37.5	459.2	30.9

Remarque :

- Le calcul ci-dessous est basé sur une documentation de constructeur GLEASON.
- La largeur de denture recommandée est égale à 3/10 de la génératrice primitive extérieure ou dix fois le module, en choisissant la valeur le plus faible. Une dent proportionnellement plus longue peut provoquer une interférence de taillage au petit bout des dents.
- Le module :

$$m = D_{roue}/N = 210 / 38 = 5.52$$

Tableau 3.3 : Paramètres géométrique d'engrenages spiro-conique

Nombre de dents du pignon	n	Hauteur utile	$h_k = \frac{1.7}{P_d}$
Nombre de dents de la roue	N	Hauteur totale	$h_t = \frac{1.888}{P_d}$
Module	m	Angle de pression	$\alpha = 20^\circ$
Largeur de denture	b	Angle d'arbre	$\Sigma = 90^\circ$
Peach diamètre	P_d		
	PIGNON	ROUE	
Diamètre primitif	$d_1 = \frac{n}{P_d}$	$d_2 = \frac{N}{P_d}$	
Angle primitif	$\gamma_1 = \text{atan} \frac{n}{P_d}$	$\gamma_2 = 90 - \gamma_1$	
Génératrice extérieure	$R = \frac{d_2}{2 \sin \gamma_2}$		
Pas circulaire	$p = \frac{\pi}{P_d}$		
Saillie	$h_{a1} = h_k - h_{a2}$	$h_{a2} = \frac{0.46}{P_d} + \frac{0.39}{P_d(N/n)^2}$	
Creux	$h_{f1} = h_t - h_{a1}$	$h_{f2} = h_t - h_{a2}$	
Vide	$c = h_t - h_k$		
Angle de creux	$\theta_{f1} = \text{atan} \frac{h_{f1}}{R}$	$\theta_{f2} = \text{atan} \frac{h_{f2}}{R}$	

Angle de tête	$\delta_{a1} = \gamma_1 + \delta_{f2}$	$\delta_{a2} = \gamma_2 + \delta_{f1}$
Angle de pied	$\delta_{f1} = \gamma_1 - \theta_{f1}$	$\delta_{f2} = \gamma_2 - \theta_{f2}$
Diamètre extérieure	$d_{01} = d_1 + 2 h_{a1} \sin \gamma_1$	$d_{01} = d_2 + 2 h_{a2} \sin \gamma_2$
Dist. Du sommet du cône primitif au plan du diam. extérieur	$x_{01} = \frac{d_2}{2} - h_{a1} \sin \gamma_1$	$x_{02} = \frac{d_1}{2} - h_{a2} \sin \gamma_2$
Facteur d'épaisseur	K = 0.13	
Epaisseur circulaire	$t_1 = p - t_2$	$t_2 =$
Jeu réel	J = 0.22 mm	
Angle de spirale	$\beta = 35^\circ$	
Sens de spirale	Gauche	Droite
Membre menant	Pignon	
Sens de rotation	A droite	

Après une discussion avec les chefs d'ateliers de fabrications d'engrenages spiro-conique dans les deux entreprises national SNVI et ETRAG concernant les diamètres standard le plus proche de diamètre trouver par notre calcul ils nous ont dit que le diamètre 210 mm est standard.

Donc le diamètre final pour la roue est de $D_{roue} = 210$ mm

Tableau 3.4 : Résultats de calcul géométrique

n	N	m	b (mm)	P_d	h_k (mm)	h_t (mm)
13	38	5.52	33.90	4.6	9.39	10.43 mm
R (mm)	K	P (mm)	c (mm)			
110.97	0.13	17.36	1.04			

Pignon	d_1 (mm)	γ_1 (°)	h_{a1} (mm)	h_{f1} (mm)	δ_{f1} (°)
	210	71.11	2.79	7.64	16.91
Roue	d_2 (mm)	γ_2 (°)	h_{a2} (mm)	h_{f2} (mm)	δ_{f2} (°)
	71.87	18.89	6.60	3.83	67.18

Pignon	δ_{a1} (°)	d_{01} (mm)	θ_{f1} (°)	x_{01} (mm)	t_1 (mm)
	22.82	211.81	3.94	33.28	6.96
Roue	δ_{a2} (°)	d_{02} (mm)	θ_{f2} (°)	x_{02} (mm)	t_2 (mm)
	73.09	84.33	1.98	102.86	10.40

3.2.4 Gamme d'usinage et conception des engrenages spiro-coniques

3.2.4.1 Pignon d'attaque

L'usinage de pignon d'attaque passe par plusieurs étapes comme le tournage, fraisage, taillage des dents, traitement thermique ... et après chaque étape il y en a un contrôle pour vérifier les cotes ou bien les caractéristiques de matériaux, donc on va parler de chaque étape ci-dessous de l'arrivée de brut de fonderie jusqu'à la dernière étape de marquage de référence sur la pièce finale, exactement comme le fait l'entreprise national SNVI.

	DOSSIER D'OUTILLAGES ET D'INSTRUCTION D'USINAGE		Département		N° PIECE																		
			Mécanique	M.E	191 363																		
Type véhicule	Type organe	Désignation brut ou matière																					
Tracteur 440 x	P.410	Brut Forgé																					
Désignation de la pièce																							
PIGNON D'ATTAQUE 13 D																							
<table border="1" style="margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CARACTERISTIQUES DE LA DENTURE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- Denture conique tute :</td> <td>hypoide</td> </tr> <tr> <td>- Nombre de dent :</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>- Module :</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>- Angle de préssion moyen :</td> <td>20°</td> </tr> <tr> <td>- Angle spiral :</td> <td>35°</td> </tr> <tr> <td>- Sens de spiral :</td> <td>à droite</td> </tr> <tr> <td>- Déport hypoide :</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>- Engréne avec une courone</td> <td>38 dents</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Ø 80,10 228,69</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>- Canneleur rectiligne à flanc en developante : 40x14x2.5</p> </div> </div>						CARACTERISTIQUES DE LA DENTURE		- Denture conique tute :	hypoide	- Nombre de dent :	13	- Module :	5.5	- Angle de préssion moyen :	20°	- Angle spiral :	35°	- Sens de spiral :	à droite	- Déport hypoide :	25	- Engréne avec une courone	38 dents
CARACTERISTIQUES DE LA DENTURE																							
- Denture conique tute :	hypoide																						
- Nombre de dent :	13																						
- Module :	5.5																						
- Angle de préssion moyen :	20°																						
- Angle spiral :	35°																						
- Sens de spiral :	à droite																						
- Déport hypoide :	25																						
- Engréne avec une courone	38 dents																						

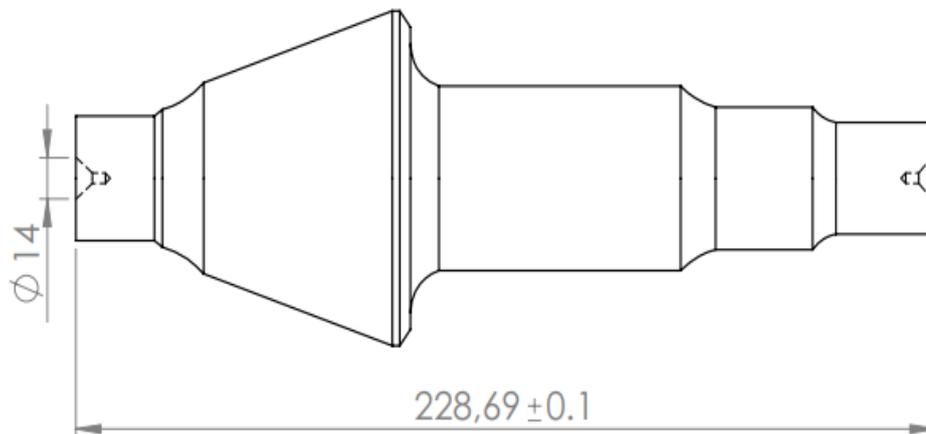
GAMME D'OPERATION

N° Op	Description des opérations
	Prévenance forgeage
05	Grenaillage sur demande
10	Tronçonner – Centrer
15	Tour 1 ér coté (tête)
20	Tour 2 éme coté (corps)
25	Tour reprise centre 1 ér coté (tête)
30	Tour reprise 2 éme coté (corps)
35	Lavage
40	Contrôle tour
45	Taillage cannelure
50	Lavage
55	Rectification ébauche (avant taillage)
60	Contrôle Rectification ébauche et cannelure
65	Taillage ébauche spiro-conique
70	Taillage finition flanc convexe
75	Taillage finition flanc concave
80	Lavage
85	Marquage
90	Contrôle de taillage
95	Lavage avant cimentation
100	Cimentation
105	Trempe
110	Lavage
115	Revenu
120	Grenaillage
125	Revenu plomb
135	Redressage à chaud
140	Contrôle TTH
145	Rectification
150	Contrôle final

Après la page de gamme d'opération on détail chaque opération seul pour que le régleur de la machine et l'ouvrier peuvent faire le travail demandé pour chaque étape.

Commencent par le Grenaillage puisque ce n'est pas une opération obligatoire. Le grenaillage est une technique consistant à projeter, à l'aide d'une grenailleuse, des microbilles sur la surface d'un objet pour en modifier la structure superficielle. Par extension le mot désigne aussi improprement les décapages faits par projection de particules abrasives n'ayant pas la forme d'une bille (il faudrait alors en principe plutôt parler de sablage).

N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	102		10	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
Dresseuse – Centreuse FRAISE type M C		60 ‘		1’ 00	1’ 00
Désignation opération					
Dressage – mise à longueur de 228.69 ± 0.1					
Centrage des deux extrémités - ϕ 5- avec chanfrein de protection					
OUTILLAGES					
Qt	Désignation	Réf	Qt	Désignation	Réf
2	Porte outil	Machine	1	Calibre	43 058
2	Den de mors	Machine	1	Contrôleur de centre	43 065
2	Fort à centrer ϕ 5	67 061	1	Embase pièce type	43 310
2	Pince foret ϕ 14	Machine	1	Embout pièce type	43 067
1	Positionneur	Machine	1	Palpeur à bille ϕ 10	43 068
2	Plaquettes	51 152 302			
2	Brise copeaux	51 155 687			

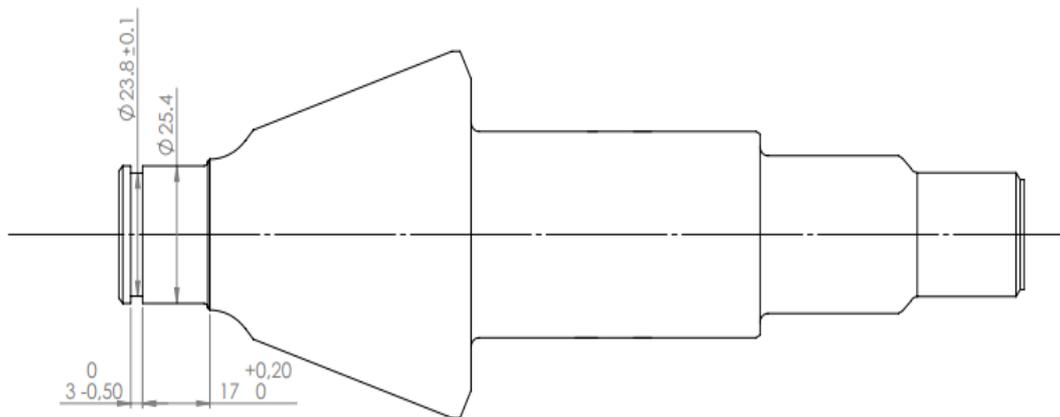


Vitesse de coupe : $V_c = 16 \text{ m/mn}$

Vitesse de rotation : $N = 953 \text{ m/mn}$

Vitesse d'avance : $V_a = 0.72 \text{ mm/tr}$

N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	103		15	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
Tour : TS5				2' 50	2' 50
Désignation opération					
Usinage gorge au $\varnothing 23.8 \pm 0.1$					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Mandrin	Machine	1	Calibre	30 006
1	Jeu de mors doux	Machine	1	Tampon plat	30 408
1	Porte plaquette à gorge	67 613	1	tampon	30 001
1	Plaquette	67 488	1	Secteur	30 001
1	Assise	66 015			



Vitesse de coupe : $V_c = 90 \text{ m/mn}$

Vitesse de rotation : $N = 200 \text{ tr/mn}$

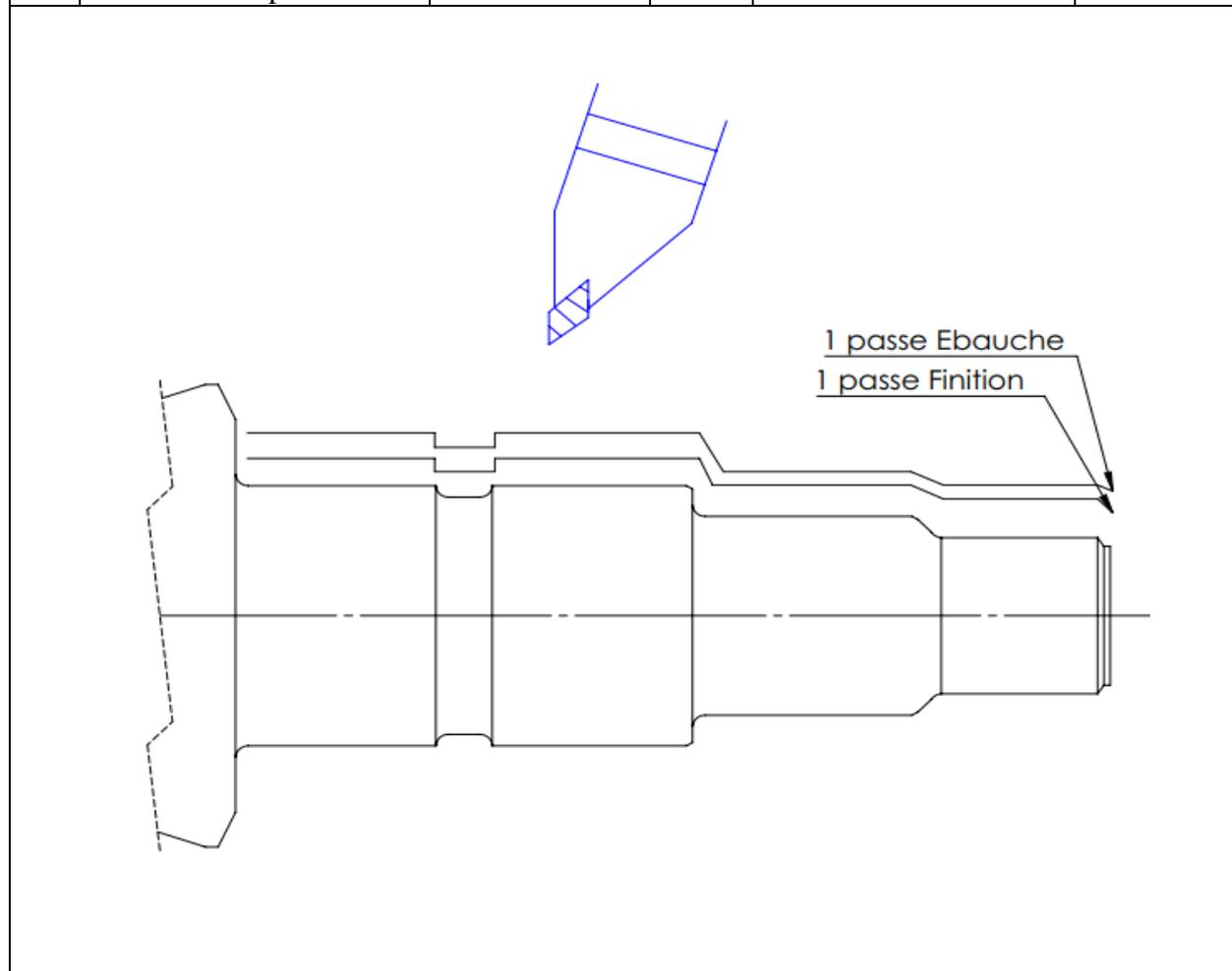
N° PIECE	DESIGNIATION		Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D		103		15	
Désignation machine ou poste			T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
SALOME SM 760 N° 9021						2' 30
Désignation opération						
Tours coté tête						
OUTILLAGES						
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf	
1	Entraîneur GF	Machine	1	Fer à cheval	008	
1	Pointe compressible	Machine	1	Calibre	003	
1	Contre pointe spéciale	31 129	1	Fer à gorge	31 510	
Copiage						
2	Cartouches	51155 455	1	Tampon plat	30 006	
1	Plaquette p40	5112 386	1	Secteur	30 408	
1	Plaquette p10	5112 388	1	Tampon	30 007	
1	Gabarit	31 182				
Décrouantage						
1	Porte outil	20 10 60 A				
1	Porte plaquette	51155 007				
1	Brise copeaux	51155 750				
Gorge				N : tr/mm	V _a : mm/r	
1	Porte outil	20 10 72 A	Ebauche	375	0.30	
1	Porte plaquette	67 613			0.40	
1	Assise	66 015	Finition	550	0.25	
1	Plaquette	67 488			0.15	

point de Changement
vitesse et avance

1 passe ebauche
1 passe finition

Chariot Ebauche Chariot Finition

N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	103		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
TOUR SALOME SM 760 N° 9021					
Désignation opération					
Tour coté corps					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Mandrin 3 mors	Machine			
1	Jeu de 3 mors	31 178			
1	Butée	31 180			
1	Contre pointe	31 128			
1	Bloc porte outil	20 10 60 B			
1	Porte plaquette	51166 353			
1	Plaquette	51152 230			
1	Brise copeaux	51155 666			



Après le tournage chaque pièce passe par le poste de contrôle tournage pour la vérification des côtes.

N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	105		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
FRAISEUSE ROUCHAUD FH 60		1.50 h	5' 72	7' 00	7' 00
Désignation opération					
Taillage cannelure					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Fraise	68013	1	Bague CME maxi	67 973
1	Toc	30 879	1	Micromètre a plateau	58 234
1	Corps de montage	30 877			
1	Entraineur	30 878			

Vitesse de rotation : $N = 250 \text{ m/mn}$

Vitesse d'avance : $V_a = 320 \text{ mm/mn}$

Après le taillage chaque pièce passe par le poste de cannelures pour la vérification des côtes et des dentures.

N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	105		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
TAILLEUSE GLEASON 116		1.50 h	5' 72	7' 00	7' 00
Désignation opération					
Taillage cannelure					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf			
1	Ensemble de :	33130			
1	Corps de montage	127 197			
1	Nez de taillage	127 132			
1	Pince	127 249			
1	Clavette	127 290			
1	Tourteau	129 911			
24	Lames	68 079			

Angle de lame : 0.20°

Vitesse de coupe : $V_c = 69 \text{ m/mn}$

Vitesse d'avance : $V_a = 22.4 \text{ '}/\text{dent}$

Après cette étape il y a un poste de contrôle spéciale pour les engrenages spiro-conique par la machine Gleason 515 pour la vérification de parallélisme et l'engrènement et la position de point de contact. Après le contrôle taillage les pièces passe l'atelier de lavage pour passer à la cimentation.

N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	112		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
FOUR MECI + CELLULE			4' 55	4' 55	4' 55
Désignation opération					
CEMENTATION MICROCARB					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf			
1	Montage principal	86 644			
5	Grilles intermédiaire	86 647			
20	Entre taise L=200	86 652			
5	Entre taise L=100	86 650			
165	Intercalaires	86 645			
1	Chemise de circulation	85 367			
1	Panier	85 386			
1	Clavette	86 678			

Caractéristiques pièces :

Poids = 3.5 kg

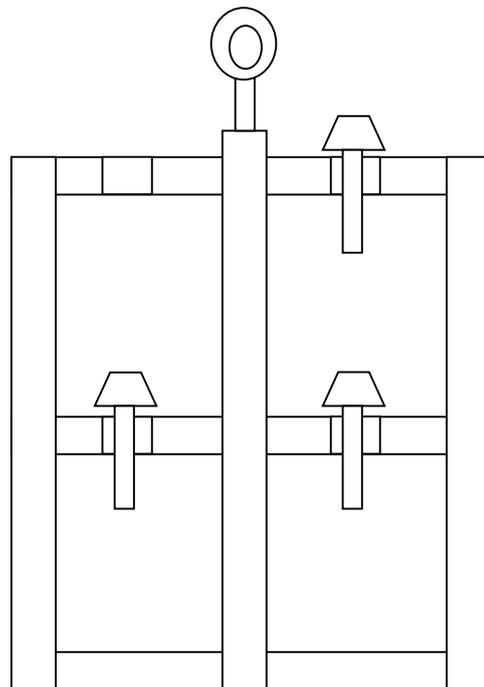
Matière : 18 NC 13

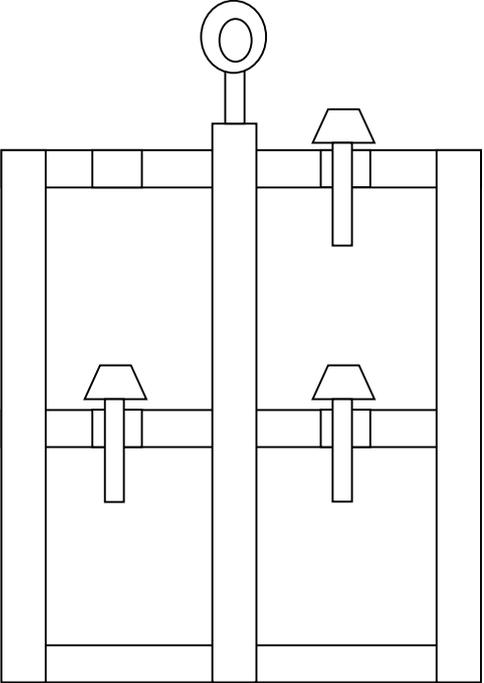
Nombre (5 étage):

Par étage = 33

Cémentation à 920 ° C

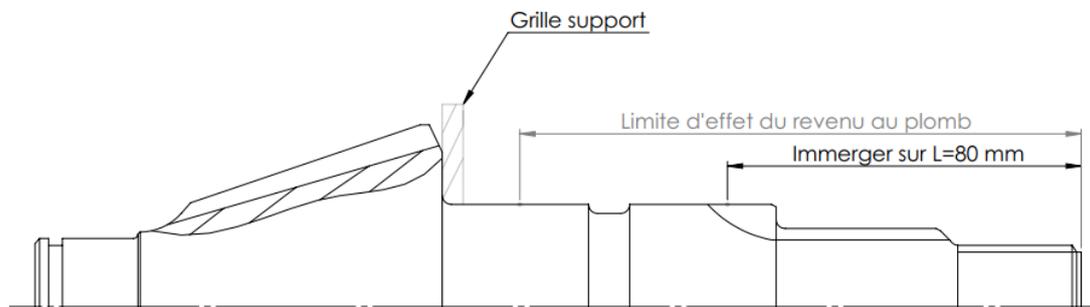
La cémentation : est un traitement thermochimique qui consiste à faire pénétrer superficiellement du carbone dans un acier dont le pourcentage de carbone est insuffisant pour prendre de la trempe, afin de le transformer en surface en un acier fortement carburé susceptible d'être trempé.



N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	113		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
UNITE UGINE			1' 50	1' 50	1' 50
Désignation opération					
AUSTINITATION TREMPE (0.8 % de carbone)					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf			
1	Plateau de base	85 471			
5	Chandelle	85 469			
20	Plateau intermédiaire	85 475			
5	Intercalaires	85 464			
165	Entre taises	85 460			
1	Ringard mise en place	85 294			
1	Ringard d'extraction	85 295			
<p>Caractéristiques pièces :</p> <p>Poids = 3.5 kg</p> <p>Matière : 18 NC 13</p> <p>Nombre (3 étage):</p> <p>Par étage = 30</p> <p>AUSTINITATION à 820 ° C</p> <p>Huile de trempe : 100 °</p> <p>La trempe est un traitement thermique qui consiste, grâce au refroidissement rapide d'un produit métallurgique, à obtenir à température ambiante une structure stable à chaud, ou une structure dérivée de cette dernière. (La trempe entraîne une variation des propriétés, telle qu'un durcissement pour les aciers.)</p>					
					

En passe aussi après cette étape par l'atelier de lavage pour passer à la dernière étape de traitement thermique qui est le REVENU à une température de 160°C pour éliminer les contraintes et la fragilisation provoquées par la trempe et obtenir les propriétés mécaniques requises et on termine par un grenailage pour préparer la pièce au prochaine étape.

N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 363	PIGNON D'ATTAQUE 13 D	115		125	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
BAIN PLOMB			1' 00	1' 00	1' 0
Désignation opération					
REVENU BAIN PLOMB					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Grille support 4 trous	85 230	2	Pointes	100 906
1	Brosse	53 231 302	2	Vis supports	
1	Pince de manutention	Machine	1	Comparateurs	
			1	Montage enveloppant	
			1	Gants amiante	



Température du bain : 550 °C

Temps : 4 mn chaque 42 pièces

Nettoyage : brosser le plomb à chaud avec brosse humidifiée

Pour éviter que l'effet du revenu s'étende sur la denture, après revenu au plomb et redressage on immerge dans l'eau la tête du pignon jusqu'à refroidissement à l'ambiante de la zone revenu.

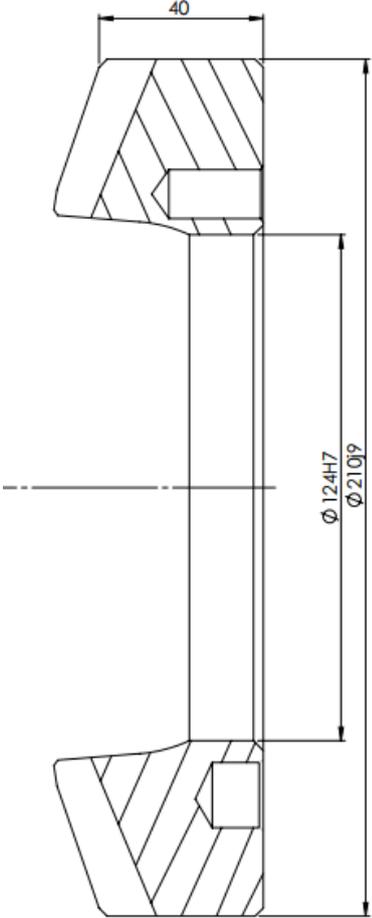
Le revenu ici a pour but de réduire la dureté dans le matériau et augmenter la solidité.

Après les opérations de traitements thermiques les pièces passent le poste contrôle TTH pour faire deux testes de la dureté (machine Rockwell et machine Brinell) et après ça les pièces passent par le poste de rectification (rectifieuse CC 5023) pour atteindre tous les cotes et les conditions géométriques exigés pour aller au poste de contrôle final.

3.2.4.2 Couronne

L'usinage de couronne passe par plusieurs étapes comme le tournage, fraisage, taillage des dents, traitement thermique ... et après chaque étape il y a un contrôle pour vérifier les cotes ou bien les caractéristiques de matériaux, donc on va parler de chaque étape ci-dessous de l'arrivée de brut de fonderie jusqu'à la dernière étape de marquage de référence sur la pièce finale, exactement comme le fait l'entreprise national SNVI.

Conception de couronne :

	DOSSIER D'OUTILLAGES ET D'INSTRUCTION D'USINAGE	Département		N° PIECE
		Mécanique	M.E	191 364
Type véhicule	Type organe	Désignation brut ou matière		
Tracteur 440 x	C.410	Brut Forgé A.C.18 NC 13		
Désignation de la pièce				
COURONNE 38 DENTS				
				

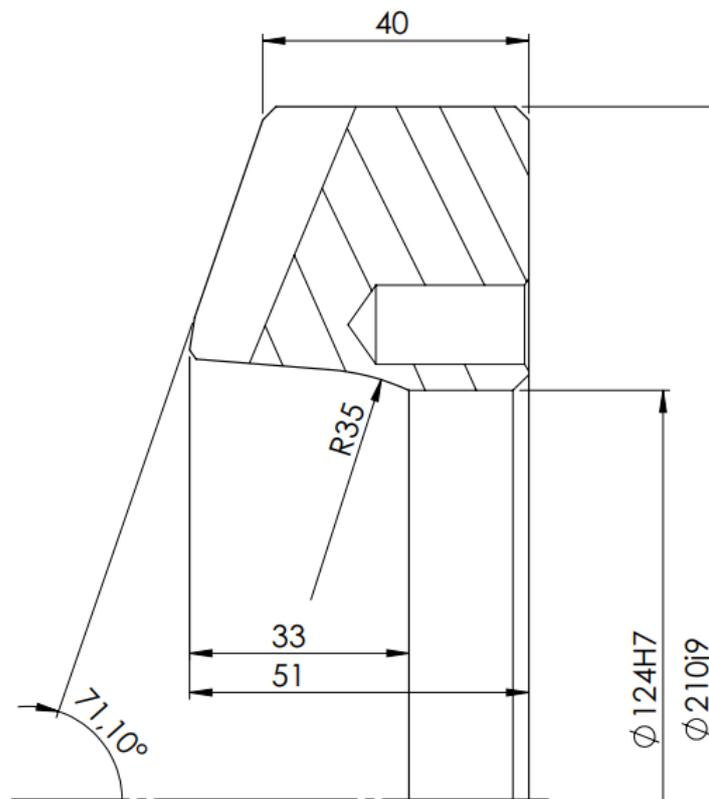
GAMME D'OPERATION

N° Op	Description des opérations
	Arriver forgeage
05	Grenaillage
10	Tour ébauche 1 ^{er} coté (tête)
15	Tour ébauche 2 ^{ème} coté (corps)
20	Lavage
25	Contrôle
30	Perçage
35	Taraudage
40	Taillage ébauche
45	Taillage finition
50	Lavage
55	Ebavurage -chan freinage -masquages
60	Contrôle de taillage
65	Lavage avant cimentation
70	Cimentation
75	Austénitisation
80	Trempe sous presse
85	Lavage
90	Revenu
95	Grenaillage
96	Soufflage
100	Control T.T.H
105	Rectification alésage
110	Control final

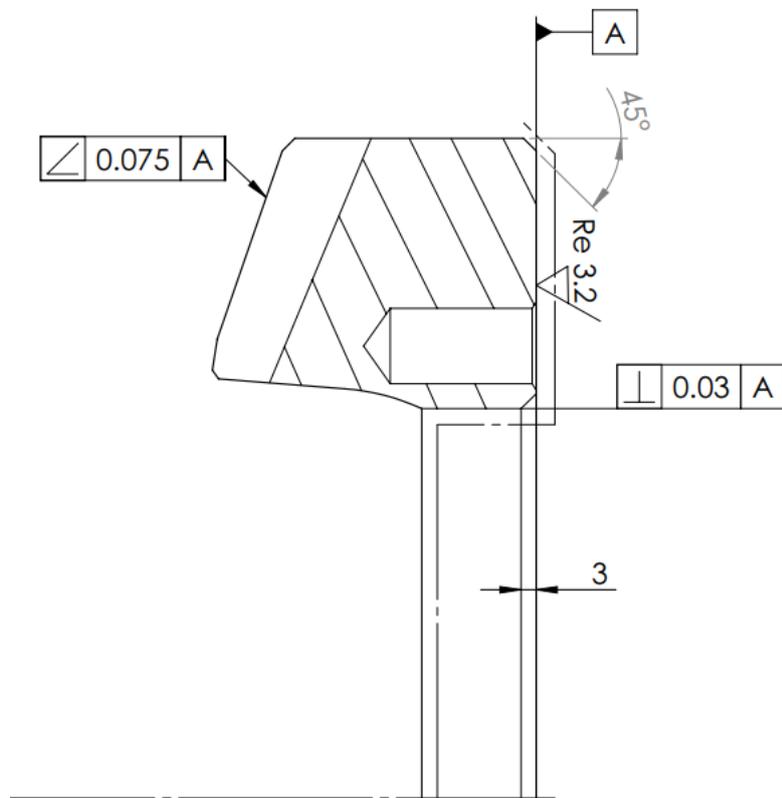
Après la page de gamme d'opération on détail chaque opération seul pour que le régleur de la machine et l'ouvrier peuvent faire le travail demandé pour chaque étape.

Commencent par le Grenaillage puisque ce n'est pas une opération obligatoire. Le grenaillage est une technique consistant à projeter, à l'aide d'une grenailleuse, des microbilles sur la surface d'un objet pour en modifier la structure superficielle. Par extension le mot désigne aussi improprement les décapages faits par projection de particules abrasives n'ayant pas la forme d'une bille (il faudrait alors en principe plutôt parler de sablage).

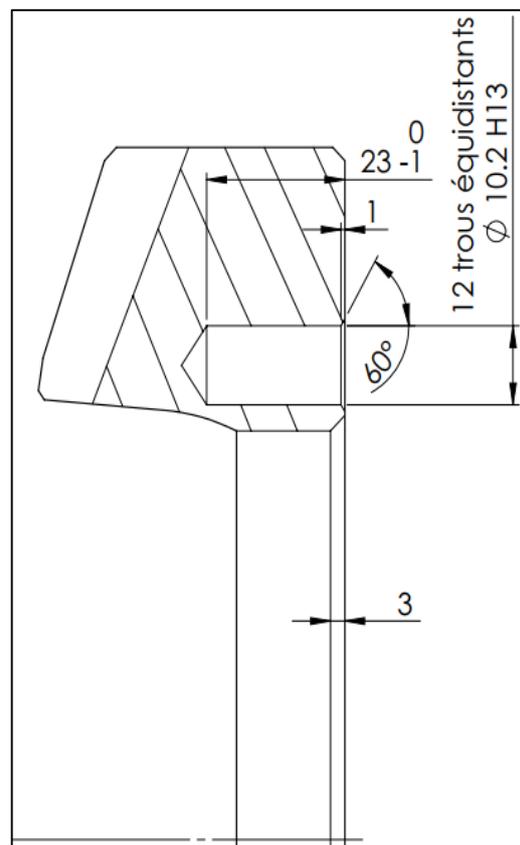
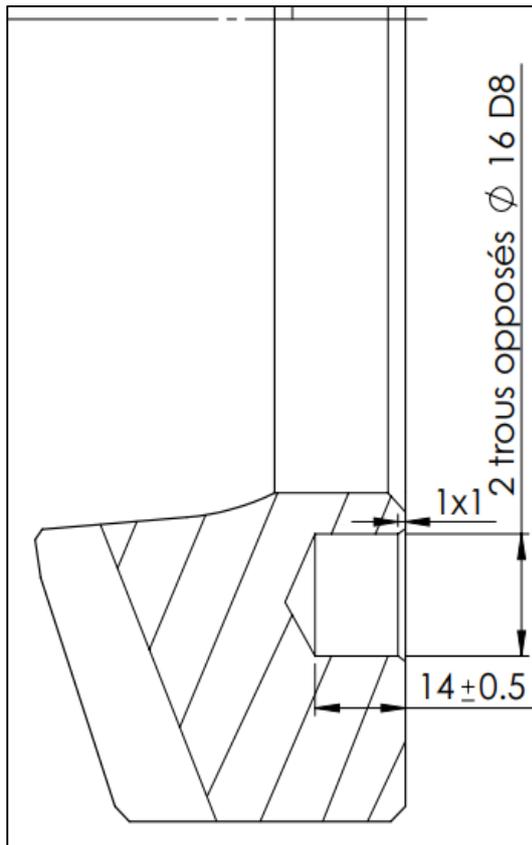
N° PIECE	DESIGNIATION		Section		N° Op	
191364	COURONNE		103		10	
Désignation machine ou poste			T. Réglage	T. Techno	U.A.S	U.T.S
SALOME SM150						10'10
Désignation opération						
TOUR 1 ^{er} coté						
OUTILLAGES						
Qt	Désignation	Réf	Qt	Désignation	Réf	
1	Jeux de mors	31169	1	Fer à cheval	58116.029	
1	Fourreau	31154	1	Calibre 186.6	31891	
1	Couvercle	31167	1	Calibre ion	31890	
1	Barre de traction	31166	1	Calibre 33	32416	
1	Pièce de placage	31168				
Chariot inferieure			copiage			
1	semelle	20 10 54A	1	Semelle	20 10 53	
1	Ens ...porte outil	20 10 54A	1	Touche palpeur	31172	
1	Porte plaquette	66628	1	Gabarit	127128	
1	plaquette	51152.124	1	Contre gabarit	148402	
1	Brise copeaux	69932	1	Porte outil	127297	
1	Porte plaquette	66514	1	Porte plaquette 66629	51155.339	
1	plaquette	51152.124	1	Plaquette 69903	51152.805	
1	Brise copeaux	69932	1	Porte outil	148580	



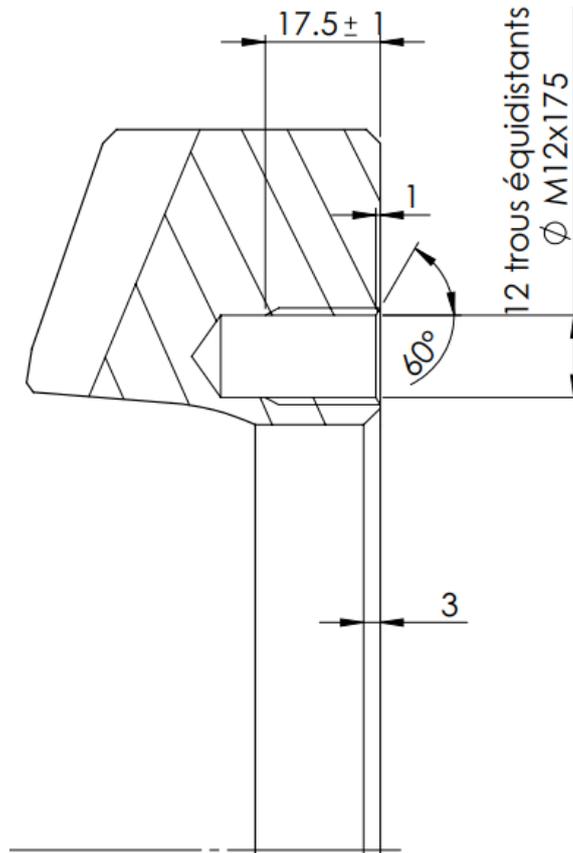
N° PIECE	DESIGNIATION		Section		N° Op	
191364	COURONNE		103		10	
Désignation machine ou poste			T. Réglage	T. Techno	U.A.S	U.T.S
SALOME SM150						10'10
Désignation opération						
TOUR 2 ^{ème} coté						
OUTILLAGES						
Qt	Désignation	Réf	Qt	Désignation	Réf	
1	Jeux de mors	31169		Fer a cheval	58116.029	
1	Fourreau	31154		Calibre 186.6	31891	
1	Couvercle	31167		Calibre ione	31890	
1	Barre de traction	31166		Calibre 33	32416	
1	Pièce de placage	31168				
Chariot inferieure			copiage			
1	semelle	20 10 54A	1	Semelle	20 10 53	
1	Ens ...porte outil	20 10 54A	1	Touche palpeur	31172	
1	Porte plaquette	66628	1	Gabarit	127128	
1	plaquette	51152.124	1	Contre gabarit	148402	
1	Brise copeaux	69932	1	Porte outil	127297	
1	Porte plaquette	66514	1	Porte plaquette 66629	51155.339	
1	plaquette	51152.124	1	Plaquette 69903	51152.805	
1	Brise copeaux	69932	1	Porte outil	148580	



N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 364	CORONNE 38 dents	103		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
Perceuse taraudeuse					
Désignation opération					
Perçage - Alésage					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Mandrin a pince	150763	1	Tampon lisse	58111008
1	Mandrin a pence	150750	1	Calibre prof -tour	38395
1	Mandrin a pince	Machine	1	Forêt	150733
1	Pinces double	150753	1	Alésoir éb	150736
1	Pinces double	150756	1	Alésoir fin	150740
1	Pinces double	150756	1	Tampon fileté	58122
1	Masque de taraudage	194 590	1	Tampon fileté	32 398
6	Adaptateur s	150 760			
6	Mandrins	150 759			
6	Tarauts	150 743			

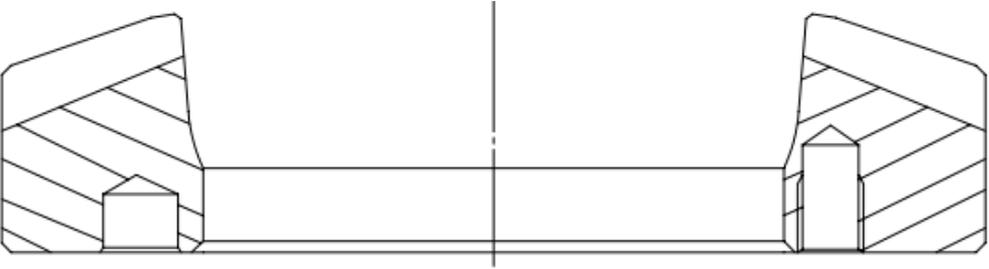


N° PIECE	DESIGNATION	Section		N° Op	
191 364	CORONNE 38 dents	103		20	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
Perceuse taraudeuse					
Désignation opération					
Taraudage M12 x 175					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Masque de taraudage	194590	1	Tampon fileté	58122114
6	Adaptateur pour mandrin	150760	1	Tampon fileté prof	32398
6	Mandrins	150759			
6	Tarauts M12*175	150743			



Après le tournage chaque pièce passe par le poste de contrôle tournage pour la vérification des côtes.

N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 363	Couronne	105		40	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
TAILLEUSE GLEASON 608		1.50 h	7'24	8'35	8'35
Désignation opération					
Taillage ébauche – finition					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Ensemble de :	33131			
1	Plateau	127 286			
1	Disque	127 171			
1	Tige de traction	135 615			
1	Flasque	127 250			
1	Mandrin	127 230			
1	Clavette	135 707			
1	Tourteau	129 903			
24	Lames	68 089			



Angle de lame : $22^{\circ} 30'$

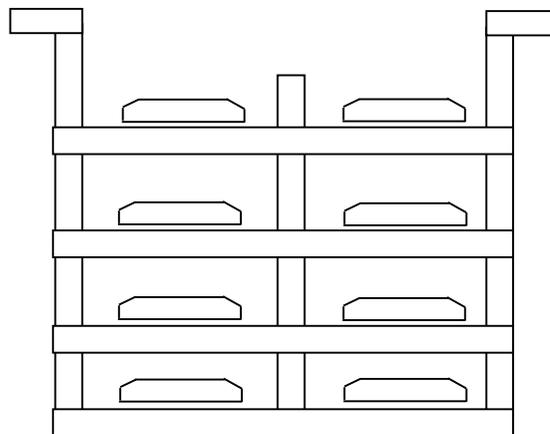
Vitesse de coupe : $V_c = 9.9 \text{ m/mn}$

Vitesse d'avance : $V_a = 4.4 \text{ '"/dent}$

Après le taillage des dents les pièces passent par l'atelier de lavage pour passer au traitement thermique.

N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 364	CORONNE	112		70	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
FOUR MECI + CELLULE				12.5	12.5
Désignation opération					
CEMENTATION MICROCARB					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
	montage composé de			Gants amiante	
4	Panier cémentation	85386			
4	Grills de panier	85353			
8	Grills intermédiaire	85411			
40	Entretoise H=80	85412			
12	grillage	85351			
10	Entretoises sur la grille				
1	Crochet de lavage	85306			

Température de cémentation : 900 °C



N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 364	COURONNE	112		70	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
FOUR DE CHAUCFFE				8'00	8'00
Désignation opération					
Austénitisation					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
Matière : 18 NC 13 Poids : 9.4 kg Ø max : 270 mm					
Austénitisation : 820 °C Maintien : 1 H Nbr de pièces : 8					
Cycle : 7'50					

N° PIECE	DESIGNIATION	Section		N° Op	
191 364	COURONNE	113		80	
Désignation machine ou poste		T.réglage	T.techno	U.A.S	U.T.S
Presse Gleason				5'50	5'50
Désignation opération					
Trempe sous presse					
OUTILLAGES					
Q°	Désignation	Réf	Q°	Désignation	Réf
1	Anneau intérieure	85707			
1	Anneau extérieure	85706			
1	Expansible	85709			
1	Poinçon	85712			
1	Pince de manutentions	85250			
1	Bac récupération	85266			
Trempe à l'huile (45°C) sous presse pour atteindre une dureté minimale de 60 HRC					

Après les opérations de trempe on passe par le revenu à 160 °C pendant 2 mn et après les pièces passent le poste contrôle TTH pour faire deux testes de la dureté (machine Rockwell et machine Brinell) et après ça les pièces passent par le poste de rectification (rectifieuse CC 5023) pour atteindre tous les cotes et les conditions géométriques exigés pour aller au poste de contrôle final.

3.2.4.3 Conception des engrenages

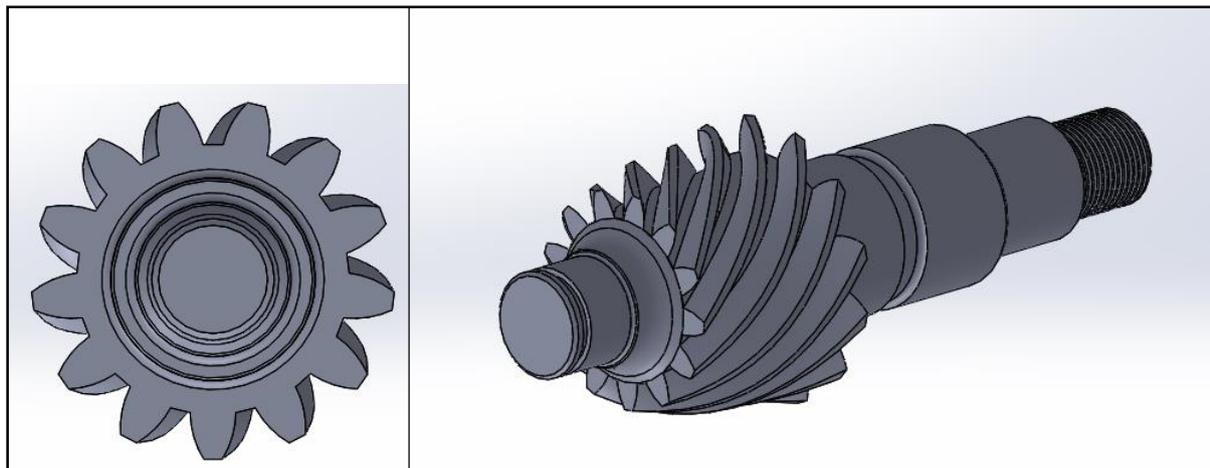


Figure 3. 15 : Conception de pignon d'attaque

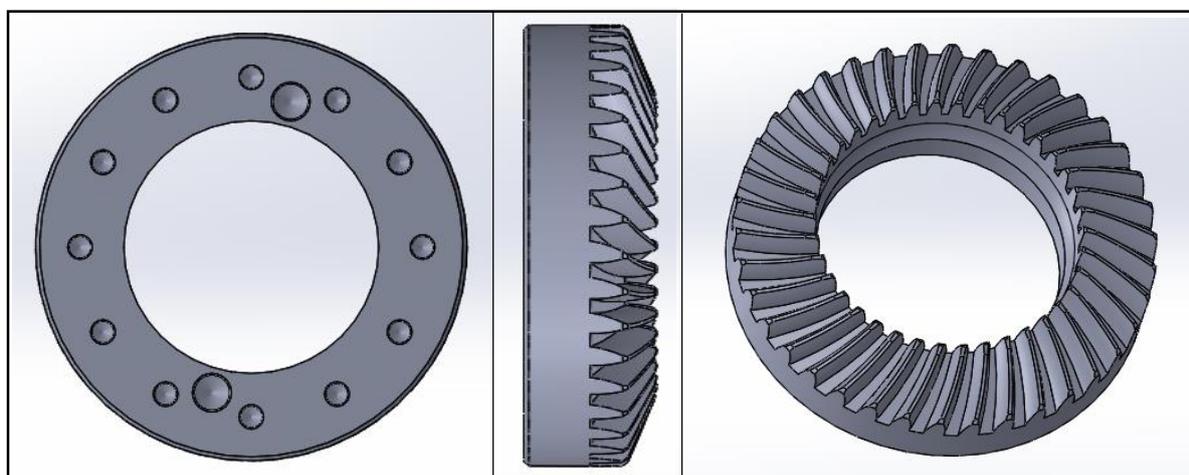


Figure 3. 16 : Conception de couronne

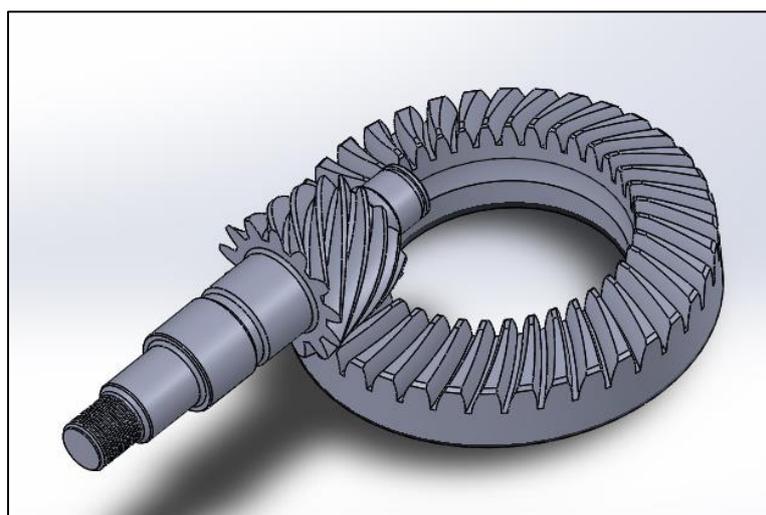


Figure 3. 17 : Conception d'assemblage pignon et couronne

3.3 Roulements dans le pont

3.3.1 Introduction

L'idée qui consiste à remplacer le glissement avec frottement par du roulement remonte à l'Antiquité. Les Assyriens et les Égyptiens utilisèrent ce principe pour construire leurs édifices. Dès cette époque, les axes des chariots commencèrent à utiliser des sortes de roulements à rouleaux.

C'est Léonard de Vinci, au XV^e siècle, qui le premier approcha les formes des roulements actuels. L'industrialisation à la fin du XIX^e siècle, les premières productions en série d'automobiles, de cycles et de machines diverses entraînèrent leur essor.

En 1920 la normalisation commence. La technique du roulement est aujourd'hui à maturité, elle est soumise aux normes internationales... Composants de base d'un grand nombre de machines les roulements, moins de 1 mm à plus de 7 m, sont des pièces de précision et de qualité. Plusieurs milliards en sont fabriqués chaque année, les deux tiers sont des roulements rigides à billes (à contact radial).

Un roulement est un organe mécanique assurant principalement :

- le positionnement de l'arbre par rapport à l'alésage
- une rotation précise avec un minimum de frottement
- la transmission des efforts radiaux, axiaux ou les deux à la fois suivant le type de roulement.
- Les roulements à rouleaux coniques conviennent aux charges radiales et axiales importantes, mais ils exigent aussi un excellent alignement des bagues.

Remarque : Les formulaires des catalogues de roulement permettent en générale de calculer la durée de vie et la capacité de charge statique à l'aide de formules simplifiées et de nombreux abaques. Pour des applications particulières nécessite des calculs plus précis, il est difficile de se procurer un document qui présente de manière synthétique et complété [11].



Figure 3.18 : Quelques types de roulements

3.3.2 Constitution et fabrication des roulements

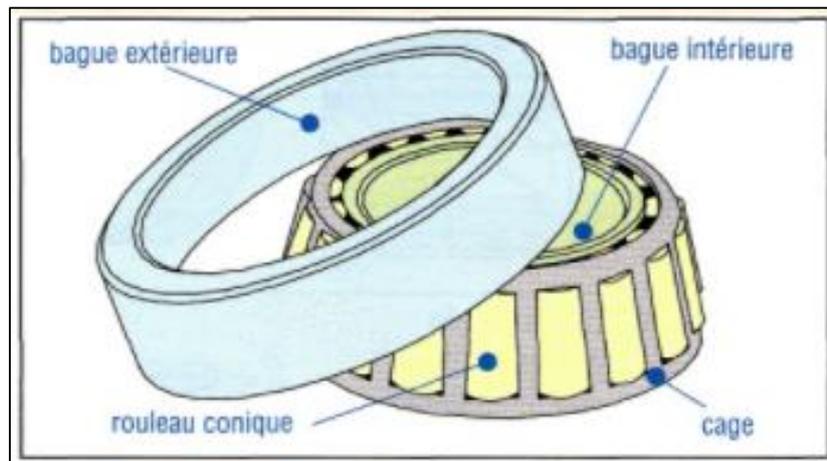


Figure 3.19 : Constitution de roulement

- La bague extérieure : qui se positionne dans le logement.
- La bague intérieure : qui s'ajuste sur l'arbre.
- Les éléments roulants : billes ou rouleaux de formes diverses qui roulent sur les chemins des deux bagues.
- La cage : qui maintient les éléments roulants à intervalles réguliers.

Le procédé de fabrication d'une bille en acier est composé d'une gamme qui comprend de nombreuses opérations élémentaires successives :

- Coupe de l'acier en barres de longueur calibrée

- Déformation à froid dans un outil en acier (moule fixe et mobile) avec une pression de 10 tonnes avec une cadence de 1 000 billes/minutes ("ca dépoté un max les gars")
- Parachèvement des billes pour enlever les bavures (plan de joint, ...)
- Traitement thermique de trempe (810°C et trempe à l'huile à 60°C) et revenu (170°C) pour obtenir la dureté voulue
- Tribofinition pour obtenir la sphéricité et diminuer la rugosité
- Nettoyage par ultrasons
- Contrôle final (dimensionnel, poids, aspect, ...)
- Packaging

3.3.3 Dimensionnement de roulement à rouleaux conique

a- Désignation normalisé :

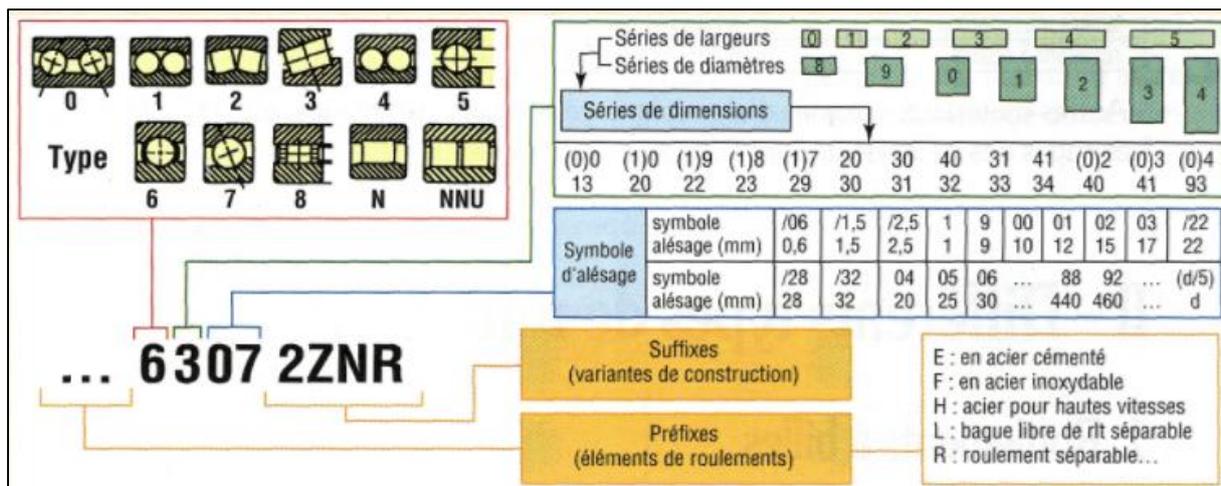


Figure 3. 20 : Désignation normalisé de roulement

Les rouleaux ont une forme conique. Tous les cônes des bagues et des rouleaux ont même sommet. Les fréquences de rotation permises sont moyennes. La bague extérieure est séparable. Ils sont très appréciés là où le gain de poids et de place sont recherchés, le rapport « capacité de charge/poids » est élevé (aviation, automobile...).

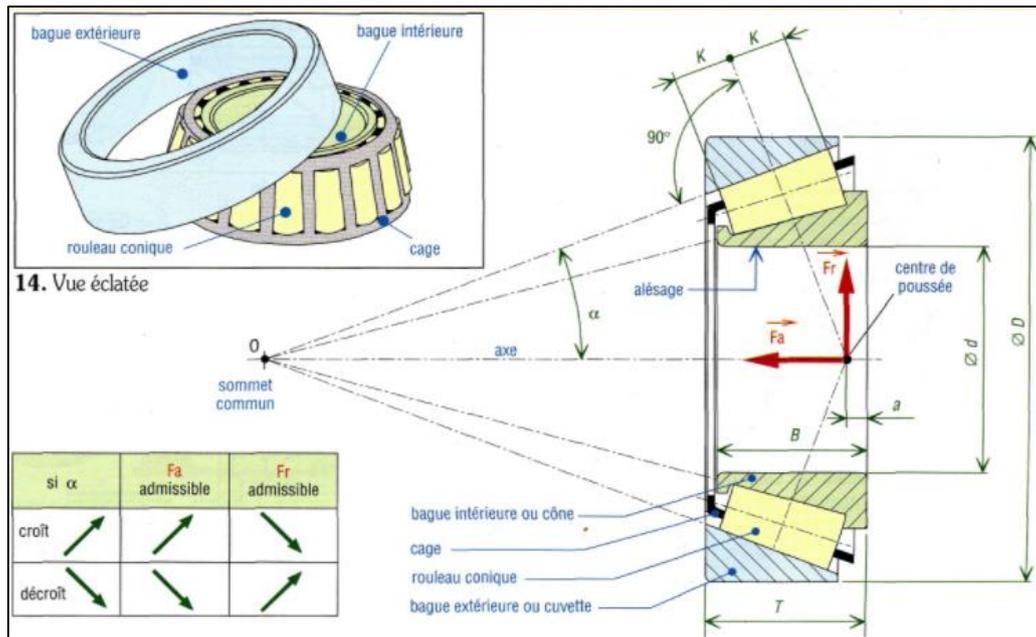


Figure 3. 21 : Dimension de roulement

b- Choix de dimension de roulement :

- La formule de durée nominale d'un roulement :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

- La durée nominale en heures de fonctionnement à l'aide de la formule suivante :

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 N} L_{10}$$

Ou :

L_{10} : durée nominale (90 % de fiabilité), millions de tours

L_{10h} : durée nominale (90 % de fiabilité), heures de fonctionnement

C : charge dynamique de base

P : charge dynamique équivalente

N : vitesse de rotation

p : exposant de la formule de durée (3 roulement à billes, 10/3 roulement à rouleau)

- Conditions de lubrification le rapport de viscosité k :

L'efficacité de la lubrification dépend surtout de l'épaisseur du film séparant les surfaces au contact des chemins avec les éléments roulants. Pour former un film suffisamment résistant, le lubrifiant doit avoir une viscosité minimale donnée à la température de fonctionnement. La condition du lubrifiant est donnée par le rapport de viscosité k comme étant le rapport entre viscosité n réelle et viscosité n_1 nominale pour une lubrification adéquate, les deux valeurs étant considérées à une température de fonctionnement normale [3].

$$k = \frac{v}{v_1}$$

v : viscosité de fonctionnement du lubrifiant

v_1 : viscosité nominale en fonction du diamètre moyen du roulement et de la vitesse de rotation

- La durée nominale SKF (à 100 – n_1) % de fiabilité) en millions de tours

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

a_1 : Facteur de correction relatif à la fiabilité

Valeurs du facteur a_1			
Fiabilité %	Probabilité de défaillance n %	Durée nominale SKF L_{nm}	Coefficient a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

Figure 3. 22 : Facteur de correction relatif à la fiabilité a_1 [3]

a_{SKF} : Facteur SKF de modification de la durée

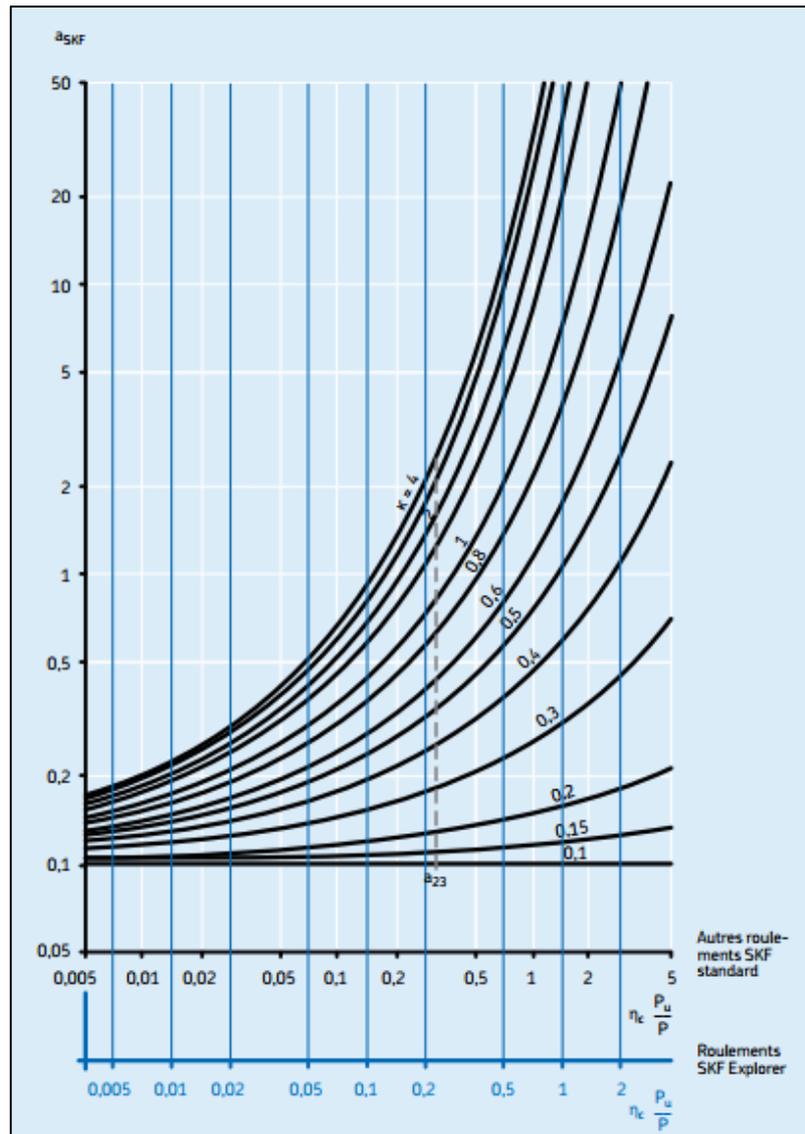


Figure 3. 23 : Diagramme de facteur de modification de la dureté [3]

Ce diagramme est établi pour des valeurs habituelles et des coefficients de sécurité du type normalement associé aux limites de fatigue d'autres composants mécaniques. En tenant compte des simplifications des formules SKF de durée, même si les conditions de fonctionnement sont connues avec précision, il n'est pas opportun d'utiliser des valeurs de a_{SKF} supérieures à 50 [3].

- La durée nominale SKF (à 100 – n1) % de fiabilité) en heures de fonctionnement

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 N} L_{nm}$$

- Choix de la dimension de roulement

Il est nécessaire de s'assurer que des déformations permanentes ne peuvent pas se produire, ou seulement dans une mesure très limitée, en choisissant un roulement ayant une capacité de charge statique suffisamment élevée, si l'une des exigences suivantes doit être satisfaite :

- fiabilité élevée
- fonctionnement silencieux (par exemple, pour les moteurs électriques)
- fonctionnement sans vibrations (par exemple, pour les machines-outils)
- couple de frottement constant (par exemple, équipements de mesure et d'essais)
- faible frottement au démarrage sous charge (par exemple, pour les grues).

La charge statique équivalente :

Lorsque la charge agissant sur un roulement ne correspond pas aux conditions définies pour la charge statique de base, il est nécessaire de calculer une charge statique équivalente. Celle-ci correspond à une charge fictive (radiale pour les roulements radiaux et axiale pour les butées) qui, si elle était appliquée, causerait la même déformation permanente du roulement que la charge réelle. Elle est obtenue à partir de la formule :

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

P_0 : charge statique équivalente

F_r : composante radiale de la charge

F_a : composante axiale de la charge

X_0 : coefficient radial du roulement

Y_0 : coefficient axial du roulement

La charge statique de base nécessaire :

Lors de la détermination des dimensions d'un roulement en fonction de la capacité de charge statique, on utilise un coefficient de sécurité donné s_0 , qui représente les relations entre la charge statique de base C_0 et la charge statique équivalente P_0 , pour calculer la charge statique de base nécessaire. La charge statique de base nécessaire C_0 est donnée par la formule :

$$C_0 = s_0 P_0$$

s_0 : coefficient de sécurité statique

Des valeurs indicatives basées sur l'expérience sont données dans le tableau ci-dessous pour le coefficient de sécurité statique s_0 en ce qui concerne les roulements à billes et à rouleaux, dans différentes applications exigeant une régularité de la rotation. Aux températures élevées la capacité de charge statique des roulements est réduite.

Valeurs indicatives du coefficient de sécurité statique s_0								
Mode de fonctionnement	Roulement en rotation					Roulement à l'arrêt		
	Exigences de silence faibles		de fonctionnement normales		sup			
	Roulement à billes	Roulement à rouleaux	Roulement à billes	Roulement à rouleaux	Roulement à billes	Roulement à rouleaux	Roulement à billes	Roulement à rouleaux
Régulier, sans vibrations	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Chocs importants ¹⁾	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2
Pour les butées à rotule sur rouleaux, il est préférable d'utiliser $s_0 \geq 4$								
¹⁾ Si l'intensité de la charge n'est pas connue, utilisez des valeurs s_0 au moins aussi élevées que celles indiquées ci-dessus. Si l'intensité des chocs est connue avec précision, des valeurs s_0 plus faibles peuvent être appliquées.								

Figure 3. 24 : Coefficient de sécurité statique [3]

Les calculs ci-dessus sont regroupés dans le tableau suivant :

Durée nominale

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{198}{35}\right)^{3.33} = 322.59 \text{ millions de tours}$$

Durée nominale en heures

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 N} L_{10} = \frac{10^6}{60 \times 2400} 322.59 = 2240.24 \text{ heures}$$

rapport de viscosité

$$k = \frac{v}{v_1} = \frac{7}{15} = 2.14$$

durée nominale SKF

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p = 0.53 \times 2 \times \left(\frac{C}{P}\right)^p 322.59 = 341.95 \text{ m t}$$

durée nominale SKF

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 N} L_{nm} = \frac{10^6}{60 \times 2400} 341.95 = 2374.66 \text{ heures}$$

charge statique équivalente

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a = 0.5 \times 110 + 0.79 \times 75 = 114.25 \text{ kN}$$

La charge statique de base

$$C_0 = s_0 P_0 = 1.5 \times 114.25 = 171.38 \text{ kN}$$

Finalement le choix de roulement est lié directement à la charge statique de base on utilisant le tableau ci-dessous pour tirer les dimensions de roulement :

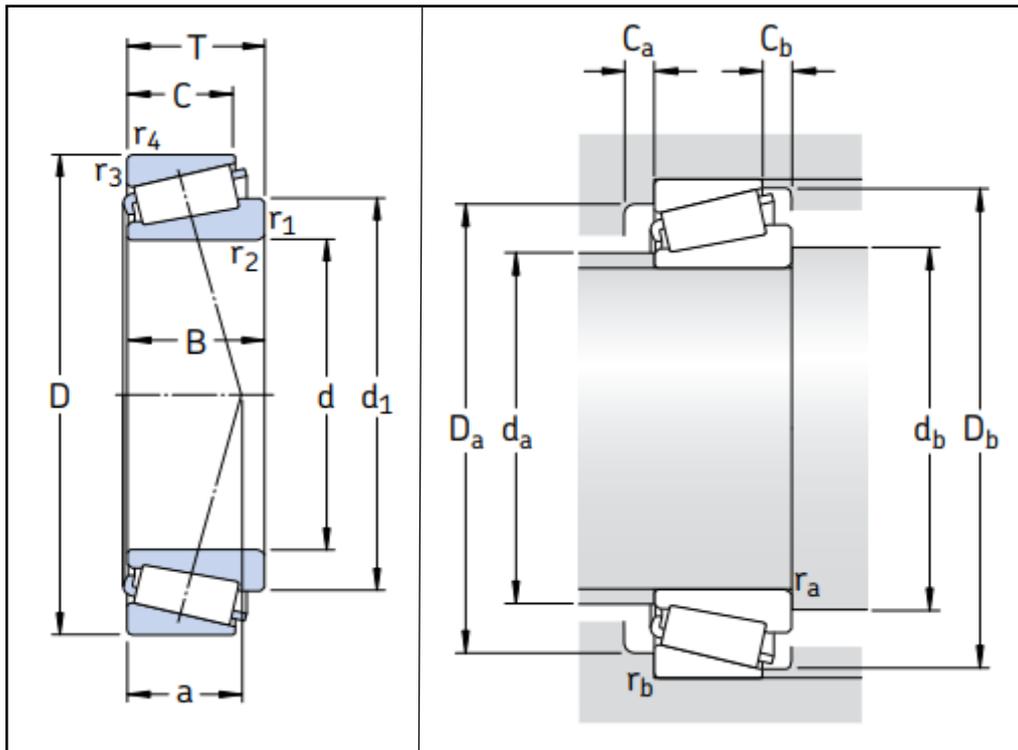


Figure 3. 25 : Dimension basé sue le diamètre de queue de pignon et la charge statique maximale [3]

Le choix de dimension de roulement est basé sur le diamètre de queue de pignon et la charge statique de base.

$$d = 45 \text{ mm} \quad C_0 = 171.38 \text{ kN}$$

Toutes les dimensions sont mentionnées sur la figure ci-dessous.

Dimensions d'encombrement			Charges de base		Limite de fatigue P_u	Vitesse de base		Masse	Désignation	Série de dimensions selon ISO 355 (ABMA)
d	D	T	C	C_0		Vitesse de référence	Vitesse limite			
mm			kN		kN	tr/min		kg	-	-
45	75	20	58,3	80	8,8	6 300	8 500	0,34	32009 X/Q	3CC
	80	26	96,5	114	12,9	6 700	8 000	0,56	*33109/Q	3CE
	85	20,638	70,4	81,5	9,3	6 000	8 500	0,50	358 X/354 X/Q	(355)
	85	20,75	66	76,5	8,65	6 000	8 000	0,48	30209 J2/Q	3DB
	85	24,75	91,5	98	11	6 300	8 000	0,58	*32209 J2/Q	3DC
	85	32	108	143	16,3	5 300	7 500	0,82	33209/Q	3DE
	90	24,75	82,5	104	12,2	5 300	8 000	0,65	32210/45 BJ2/QVB022	-
	95	29	89,7	112	12,7	4 800	7 000	0,92	T7FC 045/HN3QCL7C	7FC
	95	36	147	186	20,8	5 300	8 000	1,20	T2ED 045	2ED
	100	27,25	108	120	14,3	5 300	7 000	0,97	30309 J2/Q	2FB
	100	27,25	106	102	12,5	5 000	6 700	0,95	*31309 J2/QCL7C	7FB
	100	38,25	140	170	20,4	4 800	7 000	1,35	32309 J2/Q	2FD
	100	38,25	134	176	20	4 800	6 700	1,45	32309 BJ2/QCL7C	5FD

Dimensions			Cotes de montage										Facteurs de calcul					
d	d_1	B	C	$r_{1,2}$	$r_{3,4}$	a	d_a	d_b	D_a	D_b	C_a	C_b	r_a	r_b	e	Y	Y_0	
mm			mm										-					
45	60,4	20	15,5	1	1	16	52	51	67	69	72	4	4,5	1	1	0,4	1,5	0,8
	62,7	26	20,5	1,5	1,5	19	52	52	69	73	77	4	5,5	1,5	1,5	0,37	1,6	0,9
	62,4	21,692	17,462	2	1,5	16	55	53	76	77	80	3	3	2	1,5	0,31	1,9	1,1
	63	19	16	1,5	1,5	18	54	52	74	78	80	3	4,5	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8
	64	23	19	1,5	1,5	20	54	52	73	78	80	3	5,5	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8
	65,2	32	25	1,5	1,5	22	52	52	72	78	81	5	7	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8
	68,5	23	19	1,5	0,3	21	58	52	78	87	85	3	5,5	1,5	0,3	0,6	1	0,6
	74	26,5	20	2,5	2,5	32	54	56	71	83	91	3	9	2	2	0,88	0,68	0,4
	68,5	35	30	2,5	2,5	23	55	56	80	83	89	6	6	2	2	0,33	1,8	1
	70,1	25	22	2	1,5	21	59	53	86	91	92	3	5	2	1,5	0,35	1,7	0,9
	74,7	25	18	2	1,5	31	57	53	79	91	95	4	9	2	1,5	0,83	0,72	0,4
	70,4	36	30	2	1,5	25	57	53	82	91	93	4	8	2	1,5	0,35	1,7	0,9
	74,8	36	30	2	1,5	30	55	53	76	91	94	5	8	2	1,5	0,54	1,1	0,6

Figure 3. 26 : Les paramètres de choix ce roulement [3]

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre un dimensionnement détaillé d'engrenages conique droits, spiro-coniques et des roulements a été fait avec la conception de tous ses éléments et on a finalisé par une gamme de fabrication qui permettra une réalisation complète du différentiel.

Chapitre 3 : L'étude économique

4. Chapitre 3 : L'étude économique

4.1 Profil du marché Algérien

L'étude a pour but de dimensionner le marché algérien de pièces '**pont avant**' pour tracteur. Ces produits d'origines diverses sont fabriqués par des sous-traitants sur le marché étranger dont le volume (quantité ou valeur) sont de loin supérieurs à la production locale.

Taille et volume du marché :

Le recours aux données des services douaniers (CNIS) nous a permis d'évaluer le volume financier ainsi que le tonnage (produits semi-finis, produits finis) importés ainsi que leur origine. Les données disponibles et ont permis d'avoir une analyse très fine permettant d'approcher le marché sur plusieurs angles.

Il est à remarquer qu'une seule société privée (Ets KBS-Boudis) fournit le marché algérien en pièces du '**pont avant**'.

Caractéristiques de la demande :

La demande est caractérisée par des donneurs d'ordres actuels et potentiels essentiellement publics. Les entreprises publiques doivent traiter les entreprises de sous-traitance comme il est d'usage sur un marché de sous-traitance mature, c'est à dire avec des règles claires, des délais, une qualité référence connue et des contrats respectés comme les délais de paiement d'ailleurs.

A ce titre, la charte est intéressante cependant il faut la mettre en œuvre. En effet, tandis que les grandes entreprises ont une taille suffisante pour mener de front la pénétration des marchés à forte croissance, la production de volumes importants à bas coûts et le maintien de capacités de production sur les marchés domestiques, les PME atomisées sont souvent contraintes de choisir l'une ou l'autre des stratégies

Caractéristiques de l'offre :

L'offre au niveau de la fabrication du '**pont avant**' se caractérise par une faiblesse numérique et une difficulté d'accéder aux données socio-économiques. La visite technique au S.N.V.I et les discussions des sites de production ont été riches d'enseignements.

Une autre caractéristique de l'offre est celle relative **aux prix** : en effet les prix deviennent prioritaires par rapport à la qualité et bon nombre de clients sont prêts à se passer de la « qualité ISO ».

Un autre élément également concernant l'offre 'produits' qui est purement '**pont avant**' intégrant peu de fonctions ou des fonctions peu complexe. Dans le futur, on s'orientera vers une fonctionnarisation des produits plus complexes intégrant plusieurs matériaux divers avec le développement de produits intelligents, disposant d'un plus grand nombre de fonctions.

✚ Les exportations : L'Algérie n'exporte pas le '**pont avant**' pour tracteur.

4.2 L'analyse SWOT¹

Avant de démarrer la production du '**pont avant**', l'entreprise doit connaître et d'analyser son environnement par les deux diagnostics interne et externe.

Diagnostic interne :

Forces	faiblesses
La maîtrise des technologies actuelles	L'état actuel de l'entreprise
Matière première disponible localement	Les frais des prototypes
Les conventions avec les écoles et les entreprises nationales	Pas de filière de formation spécifique au métier du 'pont avant'

Diagnostic externe :

Opportunités	menaces
Expansion possible sur le territoire et à l'international	Concurrence grandissante et agressive au niveau international
La possibilité de vente en ligne	Augmentation de prix des matières premières
Absence du concurrent sur le marché local	L'instabilité de marché algérien actuellement

¹ Manuel HEC

4.3 Environnement du Marché Algérien

L'Algérie a engagé une politique de libéralisation avec l'adoption de l'économie de marché et la mise en place d'un nouveau dispositif législatif conçu pour soutenir l'investisseur privé national. A cet effet, plusieurs textes Législatifs ont été promulgués ou amendés.

L'environnement juridique des affaires :

Le droit algérien des affaires et de droit civil. La législation économique, complétée et/ou modifiée, assure la liberté de commerce tout en organisant les règles qui doivent nécessairement la régir ; répondant en cela aux principes et aux standards juridiques universels.

La liberté de commerce ne va pas sans les règles d'organisation et d'établissement des sociétés commerciales, tout comme la libre concurrence ou la liberté de circulation des marchandises ne vont pas sans l'encadrement des transferts des capitaux ou l'abus de position dominante. En outre, l'Algérie a adhéré à diverses conventions internationales telles que la convention de Paris pour la protection de la propriété industrielle entre autres.

L'adaptation des règles à l'environnement économique tant local qu'international est marquée par une profusion de textes.

Préservation de l'environnement :

Une réglementation stricte existe pour la préservation de l'environnement, l'écologie et les règles d'hygiène et de sécurité. Ce sont des exigences législatives et réglementaires. Des décrets exécutifs nombreux obligent les industriels à observer des mesures sur la médecine du travail, maladie et accidents du travail, recyclage de produits polluants ainsi que les nuisances sonores.

Les fournisseurs des matières premières :

Tableau 4.1 : Les fournisseurs des matières premières

Les Matières premières	Les fournisseurs
Sable	SABLIERE D'AINNASOUR
Fer	groupe EL-HADJAR
Fonte	groupe EL-HADJAR
bois	SARL BCIMEX

+ Les clients prévus : entreprise national ETRAG

+ Les concurrent : marché oligopole 'absence des concurrent'.

4.4 Plan de développement du produit

+ Marché Ciblé :

Le marché ciblé demeure **le marché national**, dans le '**pont avant**', qui se compose de Fabricants des pièces par rapport au marché potentiel, l'objectif est de fabriquer le maximum de '**pont avant**' actuellement importé. Dans ce cadre le marché à envisager est une **partie du marché** du fait que technologiquement et financièrement l'offre actuelle et potentielle ne peut satisfaire l'ensemble de la demande.

+ Part de marché visé :

- **Le parc de tracteur en Algérie :**

Le nombre des tracteurs progresse de manière constante totalisant 148000 tracteur roulant au 2017 il est de ce fait, l'un des pays les mieux équipés d'Afrique du Nord. Cependant, elle reste loin des standards européens. Un autre élément doit être pris concernant le parc : Il existe une forte corrélation entre la puissance du montage de tracteur. Pénalise la modernisation du secteur même si, à court terme, cela favorise l'industrie des pièces de rechange.

- **Le montage des tracteurs industriels :**

Le marché local représente une demande de près 4000 tracteur par an qui peuvent être fournis par la ETRAG et ses partenaires ainsi que les autres entreprises privées. Il convient de cibler dans un premier temps le marché algérien et l'étendre ensuite vers le bassin méditerranéen. Actuellement 0 % des '**pont avant**' sont réalisées en Algérie.

+ Grands objectifs :

L'objectif stratégique de ce projet est de diminuer le plus possible la part importée de pièces '**pont avant**' de développer l'industrie algérienne et de limiter la sortie de devises et, par

conséquent équilibrer la balance. Sur le plan micro-économique, **la rentabilité et la qualité** sont les deux objectifs cruciaux pour les fabricants de '**pont avant**' tracteur en Algérie.

On va résoudre :

- Quelle offensive produit et comment rentabiliser les courtes séries ?
- Comment adapter son organisation industrielle ?
- Comment livrer des pièces de meilleure qualité

Prix :

Le prix des pièces est un élément clé de la réussite des fabrications de '**pont avant**' sur leur marché. Ce prix est lié aux moyens mis en œuvre à savoir les procédés de fabrication, l'outillage, leur niveau d'automatisation et au facteur d'achat de la matière première. La matière première représente une clé importante dans la structure du coût, elle entre environ pour un tiers des coûts. Ainsi, les prix deviennent prioritaires par rapport à la qualité, qui pour le client, est acquise (Certifications qualité).

Commercialisation et distribution :

La faiblesse en marketing dans la quasi-totalité des entreprises sous-traitantes constitue un frein considérable à la pénétration et à la conquête de nouveaux marchés. Pour pénétrer de façon significative des marchés en croissance, le Centre Technique devra mettre en place des formations (actions collectives de sensibilisation et d'accompagnement) pour permettre aux entreprises de répondre efficacement aux exigences des clients.

En somme, avoir une réelle politique de veille commerciale, technologique (y compris produits) et stratégique. Dans le domaine de la distribution, la logistique est devenue un élément clé de la sous-traitance industrielle et il est impératif de l'intégrer pour réussir. Ceci impose de disposer, en temps réel, de l'état d'avancement des productions afin de réagir à des aléas possibles car il est impératif de satisfaire le client en termes de délais d'approvisionnement, de qualité et prix de ventes. Ce domaine est **impératif et vital**, dans le cadre des projets futurs en cours sur le tracteur.

Le sous-traitant doit encore innover et offrir des prestations conseil. En effet, le '**pont avant**', produit technique est vivant : les utilisateurs ont de plus en plus **besoin de conseils techniques non seulement sur les produits, leur utilisation, mais aussi dans la gestion de ces pièces** (exemple : la qualité et la durée du stockage ont une influence sur la conservation de

l'intégrité des qualités du produit. Le rangement des pièces par dimension est moins pertinent que le rangement par nature de matériau).

Aujourd'hui, la conformité et la qualité des produits sont acquises pour le client. La différenciation se fera sur la réactivité, face à des attentes de plus en plus diversifiées des clients. La capacité de réagir à ces demandes entraînera une diminution de la longueur des séries et une optimisation des stocks.

4.5 Moyens nécessaires pour démarrer l'activité

Ressources humaines :

Les ressources humaines sont incontestablement l'un des principaux piliers de la création de valeurs et du développement de l'entreprise.

Les notions de rentabilité et d'amélioration continue se sont largement imposées dans le management de la production. Désormais, la production industrielle est de plus en plus au contact des autres fonctions de l'entreprise (achats, R&D, ressources humaines, marketing, production, commercial...), nécessitant non seulement des compétences techniques pointues, mais également une grande polyvalence. C'est ainsi que les entreprises ont aujourd'hui besoin de cadres disposant d'une formation théorique scientifique, les cadres de production devront maîtriser des domaines tels que la mécanique, le calcul et la prévision. Ils devront posséder des compétences techniques propres à la fonction : définir les gammes, planifier la production, affecter les ressources, maîtriser les cadences.

En outre ils devront maîtriser les rejets dans l'environnement (pollution, toxicité...), garantir la sécurité et la santé du personnel (réduction des accidents du travail...), veiller à la traçabilité des produits.

Les enjeux relatifs à la qualité, la sécurité et l'environnement se situent désormais au premier plan, obligeant les équipes à s'investir dans trois grands chantiers :

- **Mettre en adéquation l'activité industrielle avec l'évolution des normes et de la réglementation :**

Les ingénieurs de production veilleront à la qualité du produit et des processus de fabrication (adéquation au cahier des charges, traçabilité...), mais aussi au respect des procédures environnementales, d'hygiène et de conditions de travail.

- **Développer la prévention :**

Le contrôle reste omniprésent ; toutefois, sensibiliser le personnel sur ces sujets devient un réel enjeu. Les cadres de production devront de plus en plus développer des actions préventives à tous les niveaux de l'entreprise.

- **S'engager dans des démarches de certification et de labellisation :**

Les questions de développement durable et de responsabilité sociale des entreprises deviennent primordiales. L'obtention de certification qualité est des arguments de communication externe et interne (valorisation de l'image de marque, référence à des standards reconnus, argument commercial...).

Les cadres de production ont un rôle à jouer : mettre en place des systèmes de management intégrés à la qualité (Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement).

De manière générale, tout le personnel de production doit disposer d'une formation spécifique dans le domaine de la fabrication de '**pont avant**' et ce compte tenu des caractéristiques intrinsèques du métier sur le plan technique.

Quant au personnel administratif et commercial, il doit être, bien entendu, formé dans le domaine de la gestion et connaître les spécificités liées aux fonctions à occuper.

En outre, l'ensemble du personnel de gestion technique et administratif doit recevoir une formation de haut niveau sur les outils de gestion informatique.

Matières premières :

Les principales matières utilisées pour les applications de la pièce est :

La matière	Le prix (année 2017)'DA par unité '
La fonte – kg -	42
Sable –kg-	112
Fer –une pièce-	1100
le bois-une pièce -	15

Disponibilité des matières :

Concernant la disponibilité locale des matières premières principales, ces dernières, dans leur grande majorité, sont disponibles localement, et le recours à l'importation des matières préparées n'est pas un passage obligé.

4.6 Prévisions sur 5 ans

 Facteur d'inflation prévisionnel :

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Taux(%)	3,01	4,2	4,6	4,8	4

 Prévision de vente

Prévision basé sur l'historique de vente

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à vendre	4000	4500	5000	5500	6000
Prix de vente	100950	105190	110028	115310	119922
Chiffre d'affaire KDA	403800	473355	550140	634205	719532

 Budget de production prévisionnel en volume :

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à vendre	4000	4500	5000	5500	6000
Stock initial	0	0	0	0	0
Stock final	0	0	0	0	0
Quantité à produire	4000	4500	5000	5500	6000

 Budget d'approvisionnement : 'fonte'

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à Produire	4000	4500	5000	5500	6000
Quantité de la MP nécessaire(Kg)	115	115	115	115	115
Quantité à consommé	460000	517500	575000	632500	690000
Stock initial (MP)	0	0	0	0	0
Stock final (MP)	0	0	0	0	0
Quantité a acheté	460000	517500	575000	632500	690000
Prix d'achat	43,26	45,08	47,15	49,42	51,4
Cout total d'approvisionnement	19899600	23328900	27111250	31258150	35466000

 Budget d'approvisionnement : 'sable'

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à Produire	4000	4500	5000	5500	6000
Quantité de la MP nécessaire	105	105	105	105	105
Quantité à consommé	420000	472500	525000	577500	630000
Stock initial (MP)	0	0	0	0	0
Stock final (MP)	0	0	0	0	0
Quantité a acheté	420000	472500	525000	577500	630000
Prix d'achat	115,37	120,23	125,74	131,78	137,05
Cout total d'approvisionnement	48455400	56808675	66013500	76102950	86341500

Budget d'approvisionnement : 'bois'

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à Produire	4000	4500	5000	5500	6000
Quantité de la MP nécessaire	35	35	35	35	35
Quantité à consommé	140000	157500	175000	192500	210000
Stock initial (MP)	0	0	0	0	0
Stock final (MP)	0	0	0	0	0
Quantité a acheté	140000	157500	175000	192500	210000
Prix d'achat	15,45	16	16,84	17,64	18,35
Cout total d'approvisionnement	2163000	2520000	2947000	3395700	3853500

Budget d'approvisionnement de : 'Fer'

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à Produire	4000	4500	5000	5500	6000
Quantité de la MP nécessaire	20	20	20	20	20
Quantité à consommé	80000	90000	100000	110000	120000
Stock initial (MP)	0	0	0	0	0
Stock final (MP)	0	0	0	0	0
Quantité a acheté	80000	90000	100000	110000	120000
Prix d'achat	1133,11	1180,7	1235	1294	1346
Cout total d'approvisionnement	90648800	106263000	123500000	142340000	161520000

Budget de main d'œuvre directe prévisionnelle :

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à vendre	4000	4500	5000	5500	6000
Nombre d'heure	2	2	2	2	2
Cout d'une heure	75	75	75	75	75
MOD	600000	675000	750000	825000	900000

 Le budget charge de commercialisation :

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Quantité à vendre	4000	4500	5000	5500	6000
Cout unitaire d'emballage	504,75	525,95	550,14	576,55	599,61
Cout d'emballage	2019000	2366775	2750700	3171025	3597660

 Budget des charges :

Année	2018	2019	2020	2021	2022
approvisionnements	161166800	188920575	219571750	253096800	287181000
MOD	600000	675000	750000	825000	900000
Charges de commercialisation	2019000	2366775	2750700	3171025	3597660
Total des charges	163245800	191962350	223072450	257092825	291678660

 Calcule des résultats :

Année	2018	2019	2020	2021	2022
Chiffre d'affaire	403800000	473355000	550140000	634205000	719532000
approvisionnements	161166800	188920575	219571750	253096800	287181000
MOD	600000	675000	750000	825000	900000
Charges de commercialisation	2019000	2366775	2750700	3171025	3597660
Résultat	240146425	281008725	326647225	376685540	435194400
IBS 19%	45627820,8	53391657,8	62062972,8	71570252,6	82686936
Résultat net	240014200	281392650	327067550	377112175	427853340

 Ration de rentabilité :

désignations	2018	2019	2020	2021	2022
Résultat net	194518604	227617067	264584252	305115287	352507464
Chiffre d'affaire	403800000	473355000	550140000	634205000	719532000
Résultat net / CA	48.17	48,09	48,09	48,11	48,99

4.7 Conclusion

Dans cette partie du travail on a effectué une étude de marché afin de pouvoir constater et vérifier la rentabilité de ce projet.

L'étude économique de ce projet nous a permis d'aboutir à un résultat pertinent tel que la marge nette (bénéfice) dégagée par la société est positive sur toute la durée de notre projection et affiche un taux qui varie de : 48,17% à 48,99%.

| Conclusion générale

5. Conclusion générale

L'objectif principal du projet de l'entreprise KBS-Boudis est d'étudier le pont avant du tracteur Massey-Ferguson et faire sa conception 3D et 2D et celle des engrenages du différentiel. L'étude technologique et conceptrice permet à l'entreprise de fabriquer ces pièces ici en Algérie comme un premier pas vers l'intégration totale du pont. L'objectif est par la suite de limiter l'importation et satisfaire les besoins du marché local. En second étape, il s'agit d'étendre cet objectif vers l'exportation.

L'étude est menée sur l'ensemble des éléments constituant le pont. Le travail comporte :

- l'étude du moulage en sable du pont brut,
- la conception du pont 3D sur Solidworks et son dessin en 2D,
- l'impression 3D du pont brut en modèle réduit,
- dimensionnement des engrenages de transmission. Il s'agit de l'engrenage d'attaque qui est du type spiro-conique Gleason (pignon et couronne), et ceux du train épicycloïdal qui est à denture conique droite,
- la gamme d'usinage du spiro-conique,
- le calcul des roulements du pignon d'attaque.

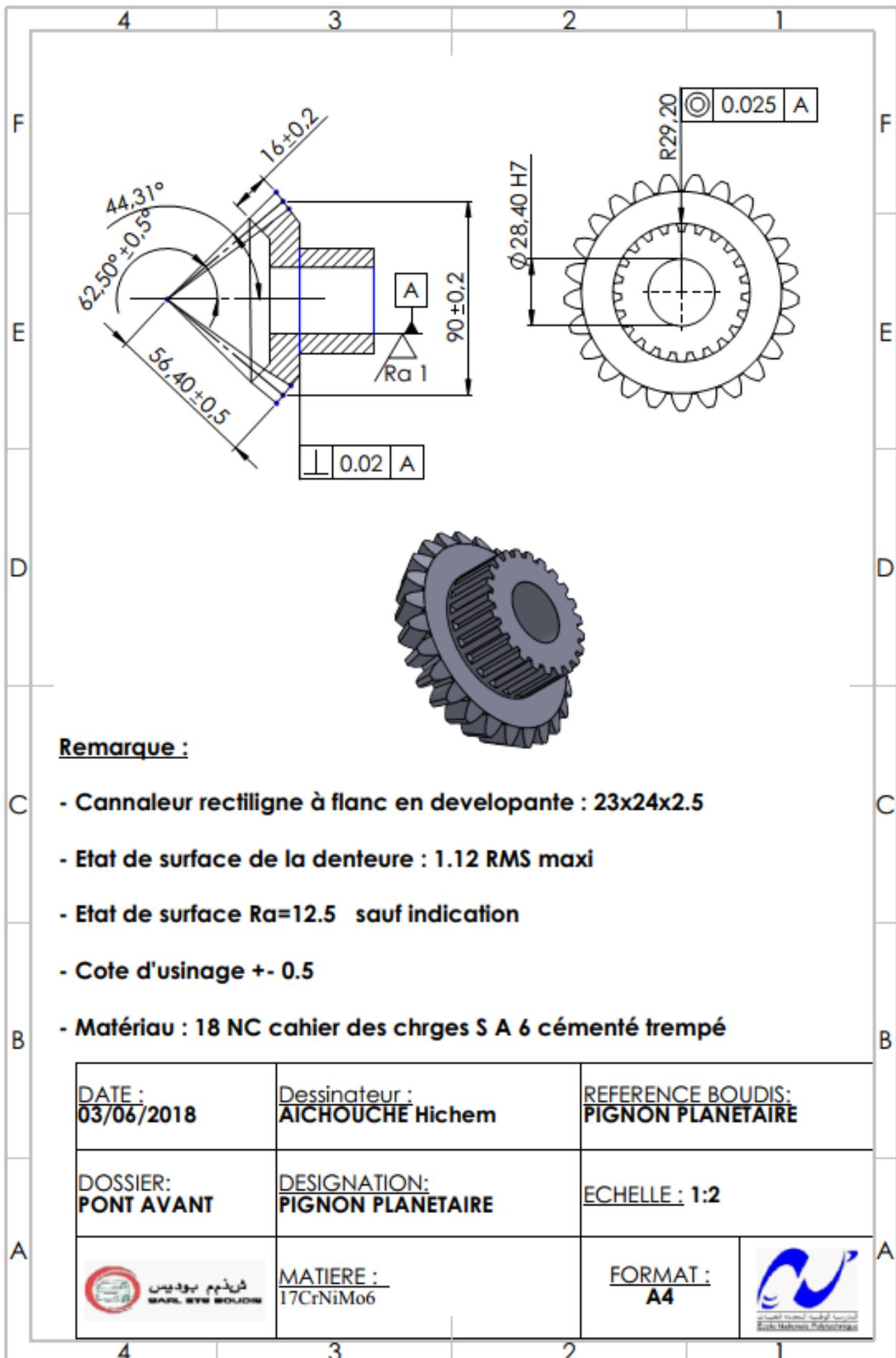
Le travail est complété par une étude économique du pont brut en examinant les aspects prévisionnel du marché et financier. L'étude est basée sur quatre types de charges (approvisionnement, commercialisation, main d'œuvre direct et impôt) car il n'est pas évident de déterminer et estimer toutes les charges (charge de direction, électricité, amortissement...). L'étude financière est établie sur une période de cinq ans. Elle montre un résultat positif en couvrant les charges prises en considération et permet donc de dégager une marge bénéficiaire.

| Bibliographie

Bibliographie

- [1] G. Henriot, Traité Pratique et Théorique des engrenages, tome 2, Edition Dunod, 2007
- [2] Syndicat générale de fondeurs, Cours supérieurs de fonderie A et B, 2ème Partie B, 1990, France
- [3] SKF, Catalogue général SKF, 2006, Suède
- [4] HAMZA Rachid, Calcul dimensionnel des engrenages spiro-coniques et hypoïdes, 2000, Alger
- [5] G.R. Nicolet, Conception et Calcul des éléments de Machines, 2006, Fribourg
- [6] BELLAIS Claud, Outils Comportés- Taillage des roue coniques, 1995
- [7] TEIXEIR ALVES Joël, Définition analytique des surfaces de denture, comportement sous charge des engrenages spiro-coniques, 2012, Lyon
- [8] CARRARO, Manuel de Réparation –Pont Avant-, 2015
- [9] TAFADJIRA Toufik, Conception et Etude de Fabrication des Engrenages de -- transmissions, 2017, Alger
- [10] FACY Gérard, Control en Fonderie-Principes, 2001
- [11] GUAY Pascal, Fonctions et composants mécaniques -Calculs Roulements-, l'institut national des sciences appliquées de Lyon, 2013
- [12] CARRARO, Liste des pièces de rechange, 2017
- [13] BOUAZIZ Mohammed, Cours Engrenages coniques droits, ENP, 2016
- [14] Manuel HEC, France, 2016

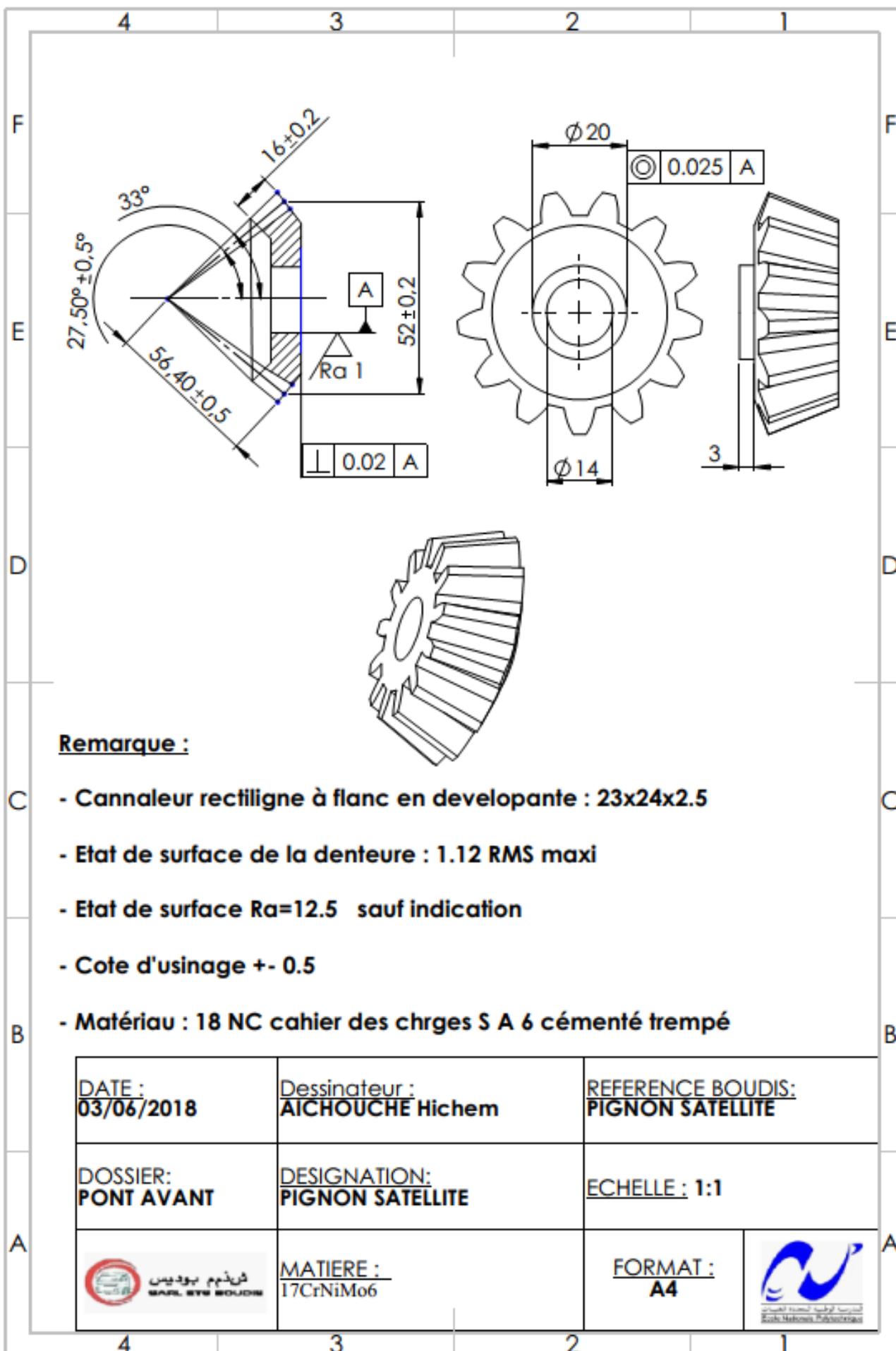
| Annexe



Remarque :

- Canneleur rectiligne à flanc en developante : 23x24x2.5
- Etat de surface de la denteure : 1.12 RMS maxi
- Etat de surface Ra=12.5 sauf indication
- Cote d'usinage +- 0.5
- Matériau : 18 NC cahier des chrges S A 6 cémenté trempé

DATE : 03/06/2018	Dessinateur : AICHOUCHE Hichem	REFERENCE BOUDIS: PIGNON PLANETAIRE
DOSSIER: PONT AVANT	DESIGNATION: PIGNON PLANETAIRE	ECHELLE : 1:2
 ش.ب.م.ب.ب.ب.ب.ب.ب. MAFL BYW BOUDIS	MATIERE : 17CrNiMo6	FORMAT : A4 

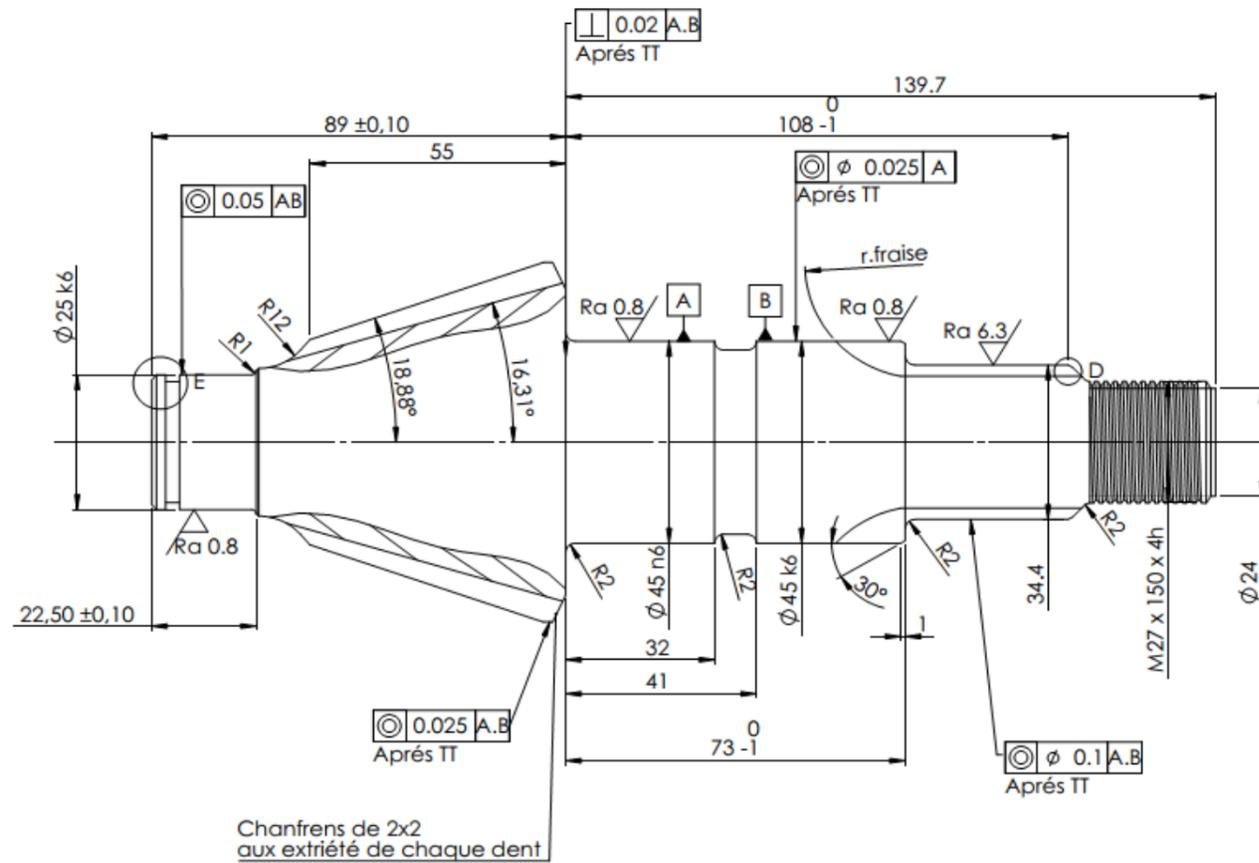


Remarque :

- Canneur rectiligne à flanc en developante : 23x24x2.5
- Etat de surface de la denture : 1.12 RMS maxi
- Etat de surface Ra=12.5 sauf indication
- Cote d'usinage +- 0.5
- Matériau : 18 NC cahier des chrges S A 6 cémenté trempé

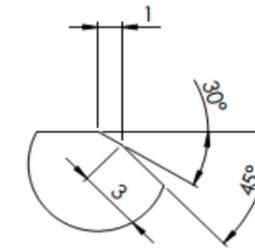
DATE : 03/06/2018	Dessinateur : AICHOUCHE Hichem	REFERENCE BOUDIS: PIGNON SATELLITE
DOSSIER: PONT AVANT	DESIGNATION: PIGNON SATELLITE	ECHELLE : 1:1
 BOUDIS	MATIERE : 17CrNiMo6	FORMAT : A4



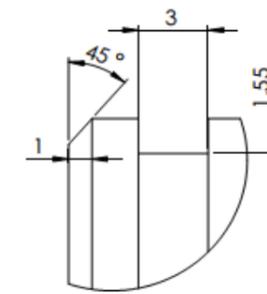


Remarque :

- Canneur rectiligne à flanc en developante : 40x14x2.5
- Etat de surface de la denture : 1.12 RMS maxi
- Partie obligatoire cimentée
- Etat de surface Ra=12.5 sauf indication
- Cote d'usinage +/- 0.5
- Matériau : 18 NC cahier des chrges S A 6 cémenté trempé



DÉTAIL D
ECHELLE 5 : 1



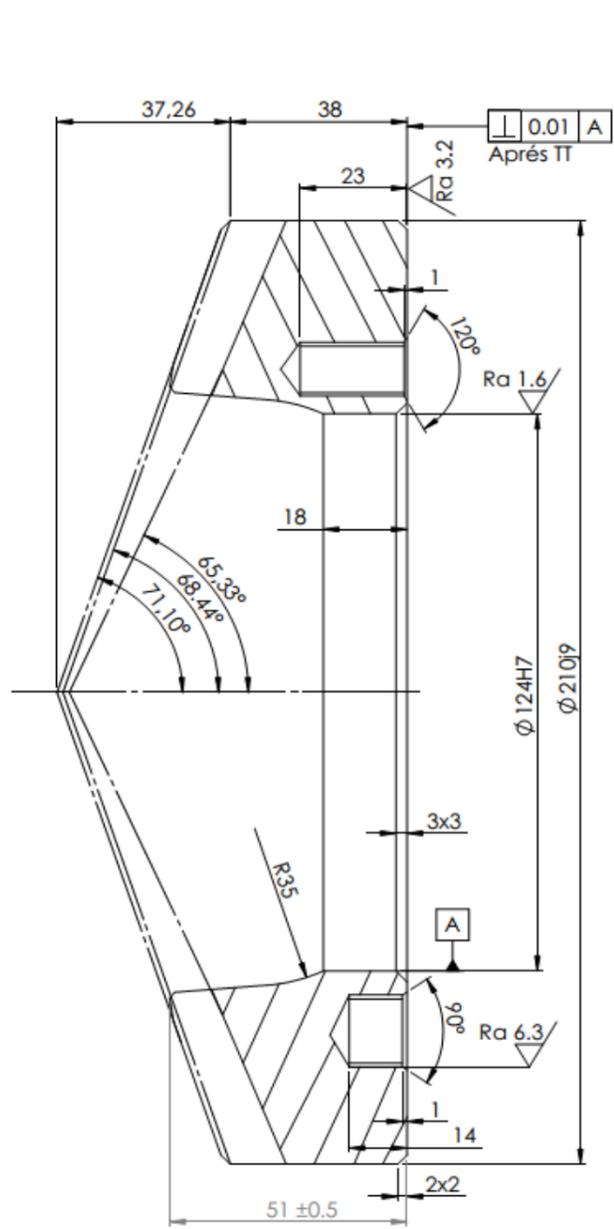
DÉTAIL E
ECHELLE 5 : 1

Chanfrens de 2x2
aux extrémité de chaque dent

CARACTÉRISTIQUES DE LA DENTURE

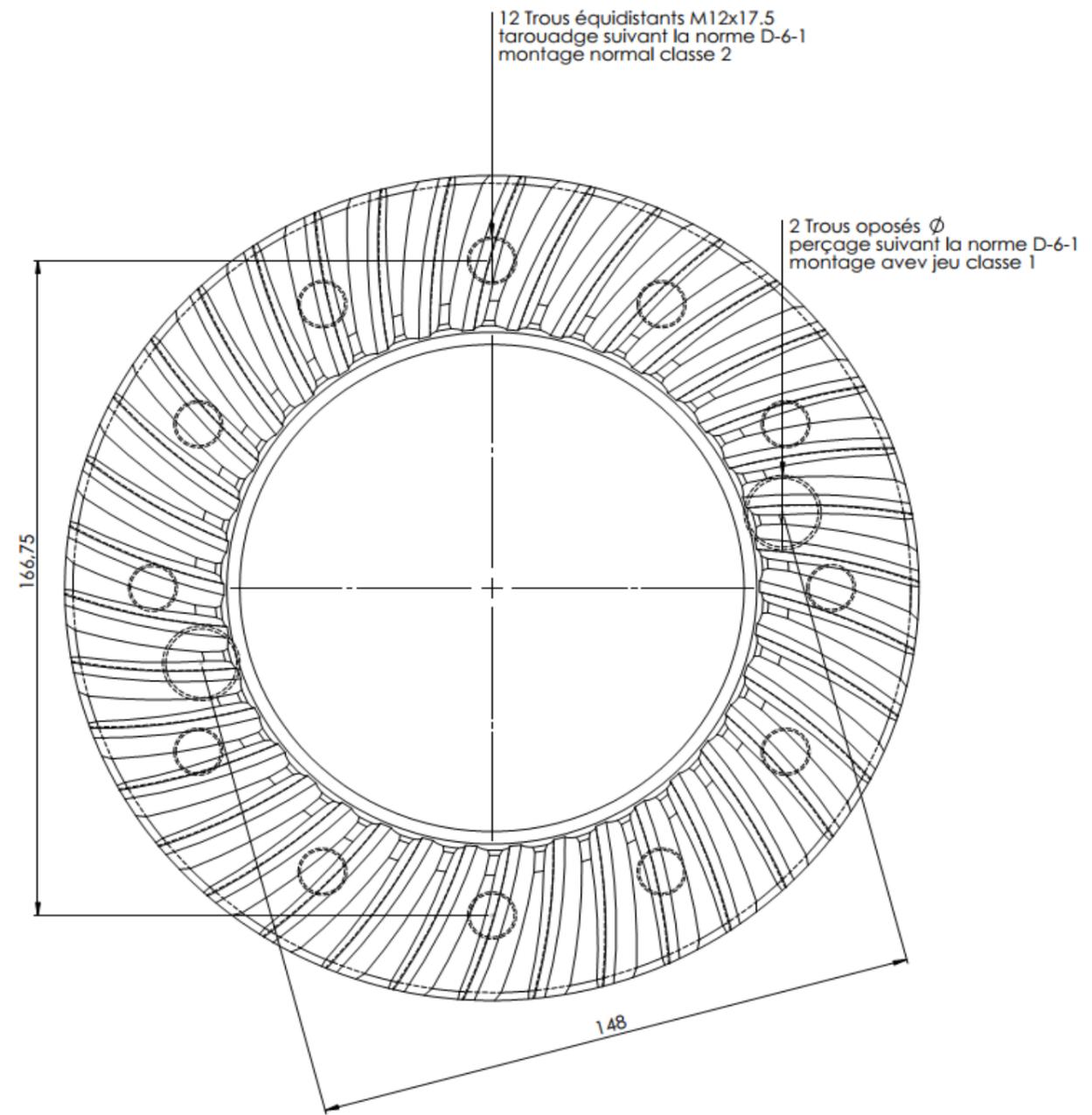
- Denture conique tupe :	hypoïde
- Nombre de dent :	13
- Module :	5.5
- Angle de préssion moyen :	20°
- Angle spiral	35°
- Sens de spiral :	à gauche
- Déport hypoïde :	25
- Engrène avec une courone	38 dents

DATE : 03/06/2018	Dessinateur : AICHOUCHE Hichem	REFERENCE BOUDIS: PIGNON D'ATTAQUE
DOSSIER: PONT AVANT	DESIGNATION: PIGNON D'ATTAQUE	ECHELLE : 1:1
MATERIE : 17CrNiMo6		FORMAT : A3



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1

CARACTERISTIQUES DE LA DENTURE	
- Denture conique tute :	hypoide
- Nombre de dent :	38
- Module :	5.5
- Angle de pression moyen :	20°
- Angle spiral	35°
- Sens de spiral :	à droite
- Déport hypoide :	25
- Engrène avec un pignon	13 dents

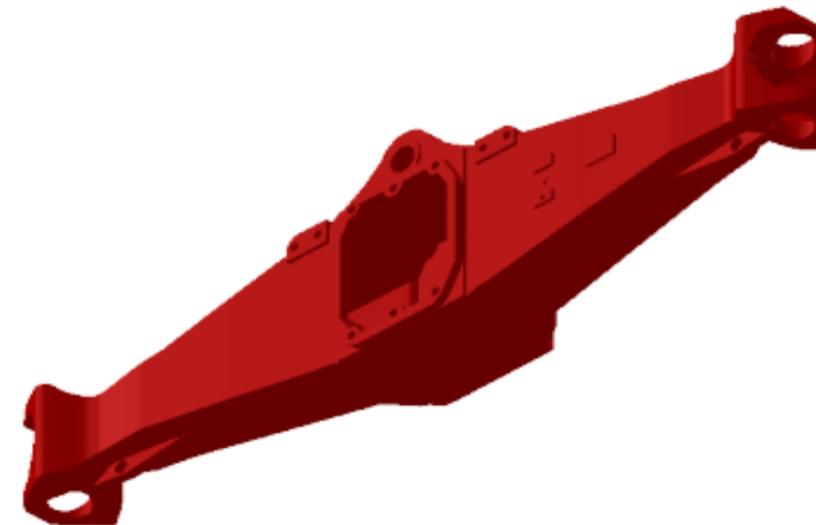
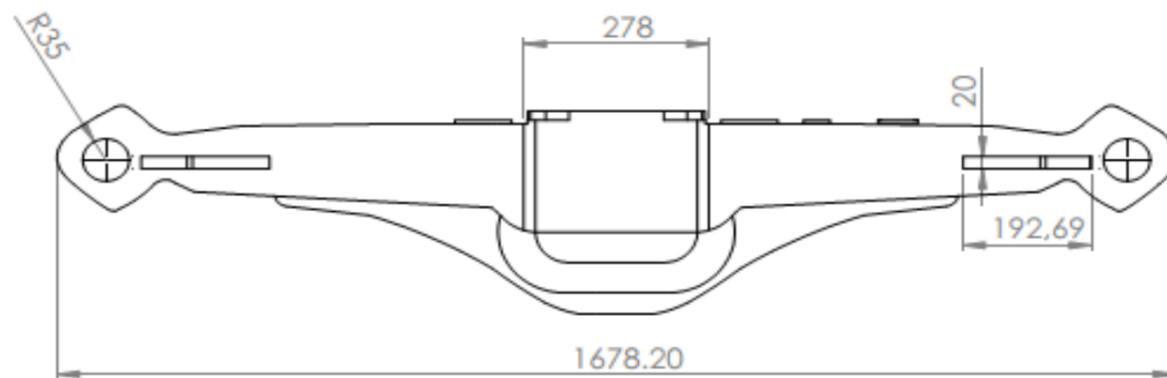
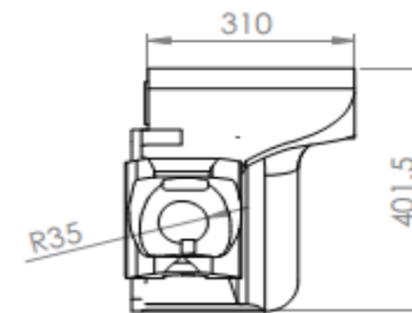
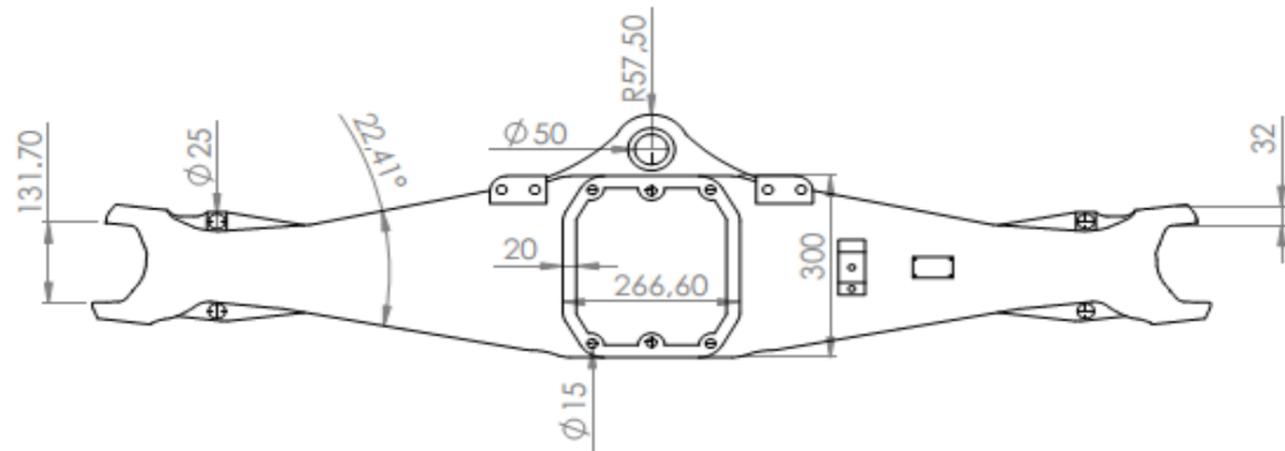


12 Trous équidistants M12x17.5
tarouadge suivant la norme D-6-1
montage normal classe 2

2 Trous opposés ϕ
perçage suivant la norme D-6-1
montage avec jeu classe 1

DATE : 03/06/2018	Dessinateur : AICHOUCHE Hichem	REFERENCE BOUDIS: COURONNE
DOSSIER: PONT AVANT	DESIGNATION: COURONNE	ECHELLE : 1:1
MATIERE : 16MnCr	FORMAT: A3	





COTATION	3	6	30	120	400	1000	2000
TOLERANCE	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	2

DATE : 03/06/2018	Dessinateur : AICHOUCHE Hichem	REFERENCE BOUDIS: PIGNON D'ATTAQUE
DOSSIER: PONT AVANT	DESIGNATION: PIGNON D'ATTAQUE	ECHELLE : 1:1
 شىنم بوىڭىس BAPL. ETW BODIS	MATIERE : 17CrNiMo6	FORMAT: A3 