

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : Génie Mécanique

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE LA CONCEPTION  
D'UN ARBRE PIGNON D'UN REDUCTEUR DE VITESSE DE  
PONT ROULANT.**

Présenté par : *TEGUIG Haithem*

Encadrant : *RAHMAOUI Zakaria*

Grade : *MCB*

Université : *UBMA*

### Jury de Soutenance :

|                      |     |      |           |
|----------------------|-----|------|-----------|
| BEY KAMEL            | Pr  | UBMA | Président |
| RAHMAOUI<br>ZAKARIA  | MCB | UBMA | Encadrant |
| BENAMIRA<br>MOHAMED  | MCB | UBMA | Expert    |
| CHEMAMI<br>ABDENACER | MCA | UBMA | Expert    |

Année Universitaire : 2022/2023

## Remerciement

S'il faut beaucoup de motivation, de rigueur et d'enthousiasme pour mener à bien ce mémoire, alors, ce travail de recherche a eu besoin de la contribution de plusieurs personnes, que je tiens à remercier !

Mon encadreur, **M. RAHMAOUI ZAKARIA** pour tous ses précieux conseils, pour son écoute active, sa disponibilité. En effet, Commencer un TER et finir la totalité du mémoire en si peu de temps, n'a pas été une tâche facile, et je n'aurais pas tant réussi si je n'avais pas reçu ses conseils, ainsi que sa force de persuasion.

À **mes parents** et mes proches, qui m'ont soutenu durant les moments de doute et d'abandon, qui ont plus cru en moi.

À ces conseillers de la bibliothèque, qui ne liront sans doute pas ce mémoire mais qui m'ont aidé à apporter leurs réflexions sur mon plan de mémoire et qui m'ont fourni toutes les documentations nécessaires.

Pour leur contribution, je remercie également toutes les personnes qui se sont rendues disponibles pour me faire part de leur témoignage.

Grâce à eux, j'ai pu avoir une base de travail solide sur laquelle j'ai pu m'appuyer pour réaliser ma démarche de recherche et d'analyse.

# Dédicaces

A Mes chers parents A Toute ma famille

A Tous ceux qui me sont chers

A Tous mes amis

Je dédie le fruit de mes 19 ans d'études.

| <b>Table des matière</b>  | <b>Pages</b> |
|---|--------------|
| <b>Introduction générale :</b>  | 01           |
| <b>Chapitre I : CONTEXT GENERAL</b>   |              |
| <b>I. Introduction</b>  | 02           |
| <b>I.1 présentation du AMM</b>  | 02           |
| <b>I.2.Le Pont roulant 5T</b>   | 03           |
| <b>Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants</b>                           |              |
| <b>II.INTRODUCTION</b>  | 05           |
| <b>II.1.Son installation et son fonctionnement</b>                                | 05           |
| <b>II.1.1.Les axes de déplacement du pont roulant</b>                             | 05           |
| <b>II.1.2.Les différentes potences de levage</b>                                  | 06           |
| <b>II.1.3.Quelles différences entre la potence d'élevage et le pont roulant ?</b> | 06           |
| <b>II.2.1. Différents types de ponts roulants :</b>                               | 07           |
| <b>II.2.2. Charpente :</b>  | 09           |
| <b>II.3. Principaux mouvements :</b>  | 09           |
| <b>II.3. Principaux mécanismes des ponts roulants :</b>                           | 09           |
| <b>II.3.1Mécanisme de Levage :</b>  | 09           |
| <b>II.3.2. Moteur de levage principal :</b>                                       | 10           |
| <b>II.3.3. Commande :</b>   | 14           |
| <b>Chapitre III : les engrenage</b>   |              |
| <b>III. INTRODUCTION :</b>  | 19           |
| <b>III.1. Les différents types d'engrenages :</b>                                 | 19           |
| <b>III.1.2. Les engrenages droits à denture droite :</b>                          | 20           |
| <b>III.1.3. L'engrenage droit à denture hélicoïdale :</b>                         | 21           |
| <b>III.1.4. Les engrenages coniques :</b>   | 22           |
| <b>III.1.4.1Engrenage conique droit :</b>   | 23           |
| <b>III.1.4.2. Engrenage conique hélicoïdal :</b>                                  | 23           |
| <b>III.1.4.3. Les engrenages gauches :</b>  | 24           |
| <b>Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon</b>                     |              |
| <b>IV. Introduction</b>   | 25           |
| <b>IV.1. Définition du système arbre pignon :</b>                                 | 25           |
| <b>IV.2. Paramètres de la denture</b>   | 25           |
| <b>IV.2.1. Rapport de transmission</b>  | 25           |
| <b>IV.2.2. Calcul de la vitesse de rotation de chaque roue</b>                    | 25           |
| <b>IV.2.3. Le couple</b>  | 25           |
| <b>IV.2.4. Puissance développée</b>   | 25           |
| <b>IV.3. Dimensions principales du pignon et de la roue</b>                       | 26           |
| <b>IV.3.1. Diamètre primitif</b>  | 26           |
| <b>IV.3.2. Diamètre de tête</b>   | 26           |
| <b>IV.3.3. Diamètre de pieds</b>  | 26           |
| <b>IV.3.4. Entraxe des roues</b>  | 26           |
| <b>IV.3.5. Efforts tangentiels :</b>  | 26           |
| <b>IV.3.6. Effort radial :</b>  | 27           |
| <b>IV.3.7. Effort sur les dents :</b>   | 27           |
| <b>IV.4. Caractéristique de matériaux 42cd4 :</b>                                 | 27           |
| <b>IV.4.1. Composition chimique :</b>   | 27           |
| <b>IV.4.2. Domaines d'application :</b>   | 27           |
| <b>IV.4.3. Caractéristiques mécaniques moyennes (état trempé revenu) :</b>        | 28           |

|   |    |
|---|----|
| <b>IV.5. Simulation et analyse mécanique du système :</b> | 28 |
| <b>IV.5.1. Étude statique du système :</b>                | 28 |
| <b>IV.5.2Le Maillage :</b>                                | 29 |
| <b>IV.4.3. Optimisation de la forme de la denture :</b>   | 32 |
| <b>Conclusion générale :</b>                              | 35 |

| Liste des figures   | Page |
|---|------|
| Figure 1 Produit final de l'ACE                                     | 02   |
| Figure 2: Exemple de pont roulant Bipoutre                          | 03   |
| Figure II .1 Pont roulant : structure générale                      | 05   |
| Figure II .2. Ponts roulants posés                                  | 07   |
| Figure II .3. Ponts roulants suspendus                              | 07   |
| Figure II .4. Protiques   | 08   |
| Figure II .5. Semi protiques  | 08   |
| Figure II .6. Charpentes  | 09   |
| Figure II .7. Les différents mouvements possibles d'un pont roulant | 09   |
| Figure II .8. Le mécanisme de levage.                               | 10   |
| Figure II .9. Moteur de levage                                      | 11   |
| Figure II .10.  | 11   |
| Figure II .11. Moteurs asynchrones                                  | 12   |
| Figure II .12.  | 12   |
| Figure II .13. Moteur asynchrones triphasé                          | 13   |
| Figure II .14. TAMBOR   | 13   |
| Figure II .14. Freins à disque et à tambour électrohydrauliques     | 14   |
| Figure II .14. COMMANDE CABINE                                      | 15   |
| Figure II .15. COMMANDE SOL   | 15   |
| Figure II .16.  | 16   |
| Figure II .17. Moufle   | 17   |
| Figure II .18. Crochet de levage                                    | 17   |
| Figure III : engrenages droits à denture droite                     | 19   |
| Figure III.1. 3 Catégories d'engrenages.                            | 19   |
| Figure III.1.2. Les engrenages droits à denture droite              | 20   |
| Figure III.1.3 Expression de l'entraxe                              | 21   |
| Figure III.1.4: Le engrenages droit à denture hélicoïdale           | 22   |
| Figure III.1.3. Caractéristiques des dentures                       | 22   |
| Figure III.1.6 Les engrenages coniques                              | 22   |
| FigureVI.1.7 Engrenage conique hélicoïda                            | 23   |
| FigureVI.1. 8 Les engrenages gauches                                | 24   |
| FigureVI.1.9 Caractéristiques cinématiques et géométriques          | 24   |
| Figure. IV.2: Aperçu 3D système roue et arbre – pignon              | 28   |
| Figure IV.3: contact Tangent.                                       | 29   |
| Figure IV .4 : maillage de composants                               | 30   |
| Figure IV.5 : Contraintes selon le critère de von mises.            | 30   |
| Figure IV.6 : Déformations  | 31   |
| FigureIV.7: Déplacements  | 31   |
| Figure IV.7 : la forme de la denture                                | 32   |
| Figure IV.9 : Rayon au pied de la dent (mm)                         | 33   |
| Figure IV.8: Rayon au pied de la dent (mm)                          | 33   |

| Liste des tableaux  | Page |
|---|------|
| Tableaux 1 : Caractéristiques des engrenages à denture droite   | 20   |
| Tableaux 2 : normalisation                                      | 21   |
| Tableau 3: caractéristique de matériaux                         | 27   |
| Tableau 4: Composition chimique de l'acier 42 CD                | 27   |
| Tableau 5 : Caractéristique mécanique de matériux (42cd4 )      | 28   |
| Tableau 6 : Résultats obtenus pour différentes valeurs du rayon | 32   |

## ملخص باللغة العربية

يعتبر مخفض السرعة أهم جزء في نقل الحركة بواسطة الترس لذلك فإن زيادة عمر هذه الأخيرة، ذات أهمية كبيرة وفي هذه المذاكرة خصصت لدراسة السلوك الميكانيكي لتروس (المسننات المستقيمة).

ثم قمنا بدراسة حول انواع الرافعات العلوية ومكوناتها ثم دارسنا على انواع الترس والقوى المؤثرة على ا من أجل معرفة موضع الاجهادات عن طريق المحاكاة العددية .وفي الاخير توصلنا الي ان الاجهادات متمركزة في قدم السن.

وفي الاخير توصلنا الي ان الاجهادات متمركز بشكل اساسي في قدم السن في قدم السن.



**Abstract :**

The speed reducer is considered the most important part in the transmission of movement by means of the gear. Therefore, increasing the life of the latter is of great importance. In this study, it was devoted to studying the mechanical behavior of gears (straight teeth). Then we studied the types of upper levers and their components, then we studied the types of gears and the forces affecting them. And in order to know the location of the stresses

Through numerical simulation, and finally we found out that the stresses are concentrated in the old age of the tooth. Finally, we found out that the stresses are mainly concentrated in the old age of the tooth.

## Résumé :

Le réducteur de vitesse est considéré comme la partie la plus importante dans la transmission du mouvement au moyen de l'engrenage. Par conséquent, l'augmentation de la durée de vie de ce dernier est d'une grande importance. Dans cette étude, il a été consacré à l'étude du comportement mécanique des engrenages (dents droites). Ensuite, nous avons étudié les types de leviers supérieurs et leurs composants, puis nous avons étudié les types d'engrenages et les forces qui les affectent. Et pour connaître la localisation des contraintes

Grâce à la simulation numérique, et enfin nous avons découvert que les contraintes sont concentrées dans la vieillesse de la dent. Enfin, nous avons découvert que les contraintes sont principalement concentrées dans la vieillesse de la dent.

## **Introduction générale :**

Les équipements mécaniques jouent un rôle très important dans les domaines industriels, car ils assurent l'outil de production. Parmi ces équipements, les ponts roulants, Le pont roulant est un ensemble monté mécanismes, comme mécanismes de levage.

Le mécanisme de levage assure la montée et la descente de la charge ; il est essentiellement constitué d'un moteur, d'un frein, éventuellement d'un frein de sécurité, d'un réducteur, d'un tambour pour l'enroulement du câble de levage

Dans ce mémoire, nous avons étudié la contribution à l'amélioration de la conception d'un arbre pignon d'un réducteur de vitesse de pont roulant, nous sommes principalement focalisés sur ses engrenages, qui sont de type droit à denture droite.

L'objectif étant dans un premier temps, de faire une étude de conception et une analyse du mouvement par le biais d'un logiciel de conception SolidWorks.

Notre mémoire est divisé en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre, contexte général du projet, Présentation des AMM, décrit la problématique et présente les objectifs généraux du mémoire
- Le deuxième chapitre, Généralités sur les ponts roulants.
- Le troisième chapitre, étude sur les engrenages.
- Le quatrième chapitre, étude statique du système arbre pignon.

Au final toutes parties de notre étude est dans le but de proposer que notre mécanisme puisse contribuer pour satisfaire les besoins d'un bon rendement de travail et répondre aux exigences actuelles.

# Chapitre I :

## CONTEXTE GENERAL

# Chapitre I : CONTEXTE GENERAL

## I. Introduction

J'ai effectué mon stage de fin d'études aux Ateliers Maghrébins de Mécanique. Ces ateliers ont pour but principal de répondre aux besoins de maintenance de l'usine sidérurgique d'El Hadjar ainsi que d'autres secteurs de l'industrie mécanique.

Leur expertise couvre divers aspects, tels que la fourniture de pièces de rechange, la fabrication d'ensembles et de sous-ensembles neufs, ainsi que la rénovation et la réparation d'équipements.

Au cours de mon stage, j'ai pris conscience de l'importance cruciale des ponts roulants dans le transport des charges lourdes, en l'occurrence ceux utilisés dans l'aciérie électrique. J'ai également compris la nécessité d'effectuer régulièrement leur entretien. Plus précisément, notre étude s'est concentrée sur les roues dentées du motoréducteur du palan de levage, qui présentaient fréquemment des défaillances.

Cette étude nous a permis d'identifier la problématique à résoudre dans le cadre de notre travail.

### I.1 présentation du AMM :

L'aciérie électrique est une unité du complexe sidérurgique d'el Hadjar mise en service en 1974, Dans cette unité, l'acier est produit à partir de ferrailles de récupération en utilisant l'énergie électrique. Son rôle était d'alimenter la tuberie sans soudure en lingots. Elle constitué d'un four classique, d'une coulée en source à trois voies de coulée et d'un atelier de conditionnement des lingots.

Depuis 1995, cette unité a évolué, un four EBT à panneaux refroidis à l'eau, un four poche et une coulée continue horizontale à 2 lignes à blooms ont été installé.

Le produit final de l'aciérie électrique se résume en :

- Des Lingots de diamètres compris entre 345mm et 410 mm destinés à la fabrication des tubes
- Des Billettes de sections 130x130 mm , d'une longueur comprise entre 6 à 12 m destinés à la fabrication du rond à béton



**Figure 1** : Produit final de l'ACE

Pour le transport des produits au sein des ateliers, l'unité est équipé de différents types de ponts roulant :

# Chapitre I : CONTEXTE GENERAL

- Pont roulant 125 T : - pour levage de la poche d'acier
- Pont roulant 35T : - Manutention du répartiteur  
- Manutention du couvercle le poche
- Pont roulant 5T : - pour changement des lingotières  
- Pour changement des tiroirs  
- Pour changement des électrodes

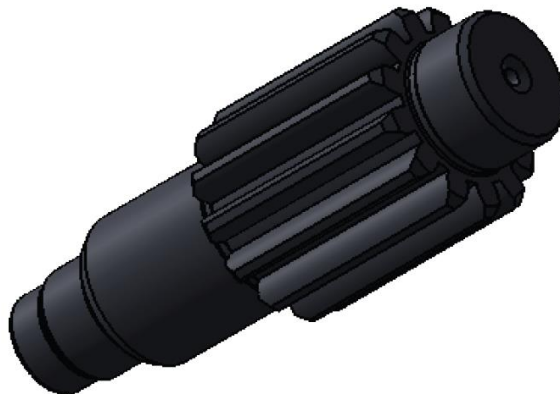
## I.2.Le Pont roulant 5T

Le pont roulant qui nous intéresse est celui dont la capacité de charge est de 5 tonnes. Il est du type bipoutre. Comme montré dans la figure, il est composé de :



**Figure 2:** Exemple de pont roulant Bipoutre

Durant la période de mon stage, on m'a expliqué les différents types de pannes auxquelles le pont roulant pouvait être confronté. Parmi ces pannes, on cite ceux du réducteur responsable du levage des charges, en l'occurrence, l'arbre-pignon situé entre le moteur et le réducteur. En raison des couples de charges auxquels il est soumis, l'arbre pignon subit fréquemment des défaillances, ce qui amène les ingénieurs de maintenance à le faire changer fréquemment.



**Figure3 :** Arbre pignon du réducteur de levage.

## Chapitre I : CONTEXTE GENERAL

Tout d'abord, nous allons procéder à une conception de l'arbre pignon et de la roue du réducteur. Le calcul de leurs caractéristiques sera effectué. Ensuite, nous allons évaluer les forces statiques que peuvent subir le pignon et la roue.

Enfin, nous allons effectuer une simulation statique pour déterminer les champs de contraintes, de déformations et de déplacement. La forme de la denture sera par la suite optimisée.

Chapitre II :  
Généralités sur les  
Ponts roulants



## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

### II. Introduction :

Le pont roulant est un appareil de levage de manutention permettant le déplacement de charges lourdes. Sa composition et son fonctionnement diffèrent d'autres accessoires de levage, tels que la grue, le portique ou le semi-portique. Le pont roulant nécessite une installation précise et se déplace au-dessus d'une zone de travail préalablement identifiée et limitée.

#### II.1. Son installation et son fonctionnement :

Cet appareil de levage est composé d'une structure horizontale en acier et de treuils ou de palans permettant de fixer des câbles ou une chaîne de levage. C'est grâce à un chemin de roulement que le pont roulant permet de déplacer les charges.

Le pont roulant est piloté à distance par une télécommande radio ou via une cabine de conduite pour les modèles les plus imposants.

Installés dans des halls industriels ou dans des aires de stockage, les ponts roulants peuvent être prolongés à l'extérieur du bâtiment pour permettre un déplacement optimal des charges dans tout l'espace. Il peut alors desservir toute la surface d'un bâtiment. Les ponts roulants sont installés et fixés en hauteur à des poutres de roulement et circulent grâce à des rails.

##### II.1.1. Les axes de déplacement du pont roulant :

Le fonctionnement du pont roulant repose sur son axe de déplacement, qui peut être manuel ou motorisé. Il existe différents axes de déplacement.

- **La translation** correspond au mouvement d'ensemble du pont. Il s'agit de l'axe des voies de roulement.
- **La direction** (axe transversal) est générée par le déplacement d'un chariot.
- **Le levage** (axe vertical) permet la montée ou descente de charge grâce à un treuil Potence de levage

La potence de levage est un accessoire utilisé pour la manutention et le levage de charges dans une zone circulaire autour du poste de travail. Potences montées sur fûts ou potences murales, à rotation manuelle ou motorisées, plusieurs modèles existent.



Figure II.1 Pont roulant : structure générale

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

### II.1.2. Les différentes potences de levage :

Il existe plusieurs modèles de potences de levage, aux capacités différentes.

1. La potence murale avec une capacité maximale de levage de 4 000 kg. Dans Cette catégorie de modèle on trouve notamment :
  - Les potences murales avec flèche triangulée, avec une rotation à 180° et une capacité de levage allant jusqu'à 2 000 kg ;
  - Les potences murales avec flèche inversée, avec une rotation à 180° et une capacité maximale de levage de 4 000 kg.
2. La potence murale à flèche articulée avec ses déclinaisons :
  - Les potences murales avec flèche articulée, avec une rotation allant de 180° à 300° et une capacité de levage de 250 kg ;
  - Les potences murales articulée avec moyeux autoporteurs, avec une capacité maximale de levage de 1 000 kg ;
  - Les potences suspendues avec moyeux autoporteurs, avec une rotation de 350° pour le bras 1 et 300° pour le bras 2 pour une capacité de levage de 1000 kg.
3. La potence sur fût, ou sur colonne, peut lever une charge allant jusqu'à 10 000kg. Deux modèles avec une rotation différent existent :
  - La potence à rotation partiel à 270° ;
  - La potence à rotation totale 360° PRT ;
4. La potence à rotation manuelle ou à rotation motorisée.

(La note de l'expert : seuls les modèles de la gamme potence à rotation totale 360° PRT peuvent être motorisés).

**De la translation à la rotation :** Les différents mouvements d'une potence de levage Une potence de levage effectue différents mouvements permettant de déplacer des charges selon différents axes :

- Le levage vertical d'une pièce volumineuse s'effectue grâce au crochet Un du palan de levage, qu'il soit électrique ou manuel à chaîne.
- Mouvement de translation est possible lorsque la potence de levage est équipée d'un palan, lui-même fixé sur un chariot mobile. Le mouvement obtenu est également appelé direction de la charge. Son déplacement se réalise dans l'axe du bras de la potence de levage.
- La rotation, ou giration de la charge, consiste à faire tourner la charge autour de l'axe de rotation du bras, permettant à la potence d'atteindre une zone circulaire dont le rayon dépend de la longueur du bras de la potence.

### II.1.3. Quelles différences entre la potence d'élévation et le pont roulant ?

La potence de levage et le pont roulant se ressemblent : ils permettent tous les deux un mouvement de levage vertical, souvent électrique, et un mouvement de direction identique.

Ces deux accessoires de levage, bien qu'apparemment similaires, n'exercent pas les mêmes mouvements de levage :

- La potence de levage tourne autour d'un axe circulaire de 180°, 270° ou 360° selon les modèles.

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

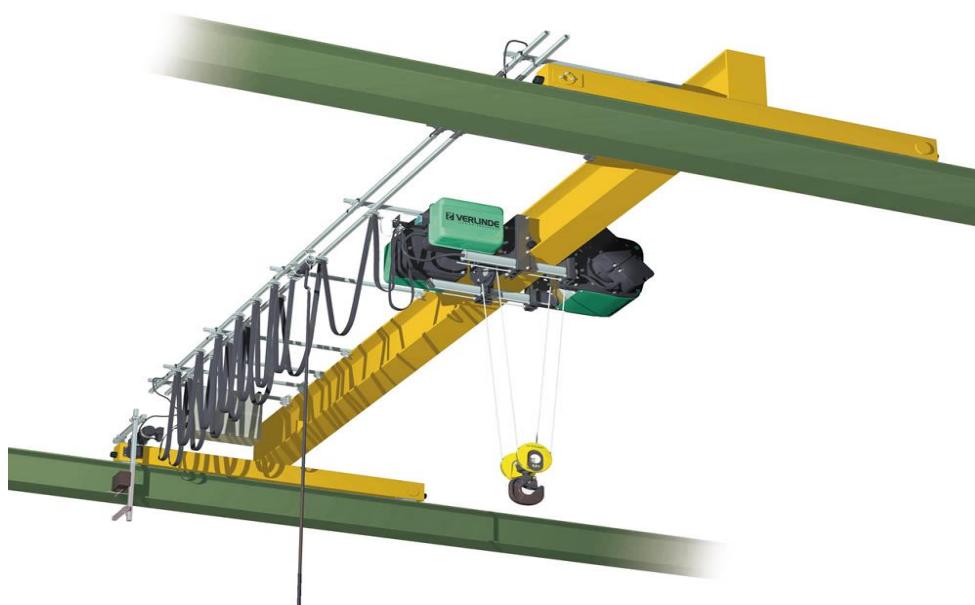
- Le pont roulant, contrairement à la potence de levage qui a une portée plus importante, se déplace sur une plus grande surface grâce à la longueur du.

### II.2.1. Différents types de ponts roulants :

On distingue 4 familles principales d'appareils dont la construction peut être des deux types suivants :

Le pont (ou le portique) est dit mono poutre, lorsque sa charpente est réalisée avec une seule poutre (le chariot de levage est alors monorail), le pont est dit bipoutre lorsque sa charpente est constituée de deux poutres, le chariot de levage est alors du type bi rail.

- **Ponts roulants posés** : L'appareil roule sur deux voies de roulement constituées par un rail qui repose sur une poutre de roulement reprise sur les poteaux du bâtiment ou de l'aire de travail ou de stockage par l'intermédiaire de corbeaux (pièce en forme de trapèze rectangle métallique ou en béton qui assure la liaison entre le chemin de roulement et le poteau). Pour une portée donnée (inférieure à 30 m) et une hauteur sous ferme donnée, c'est le type de pont qui permet d'obtenir la meilleure hauteur d'élévation



FigureII.2. Ponts roulants posés

- **Ponts roulants suspendus** : L'appareil roule sur l'aile inférieure d'un profilé repris directement sur les fermes du bâtiment. Ces chemins de roulement peuvent comporter plus de deux voies de roulement. Ils peuvent en outre être équipés de plusieurs moyens de levage pour desservir toute la surface du bâtiment. Dans le cas de portée très importante on installera donc plutôt ce type de matériel



FigureII.3. Ponts roulants suspendus

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

- **Portiques** : L'appareil roule sur deux voies de roulement constituées par un rail fixé directement au sol. Ils sont reliés par deux jambes ou palées. Ces portiques sont installés dans le cas où le bâtiment ne pourrait supporter les réactions qu'entraînerait l'installation d'un pont roulant ou si les transformations nécessaires s'avéraient très onéreuses, il en serait de même s'il n'y avait pas de bâtiment du tout (parc extérieur). Un déport des poutres de roulement permettant d'aller chercher des charges à l'extérieur des rails de roulement est possible, il se nomme, dans ce cas, portique à avant-bec.



FigureII.4. Protiques

- **Semi-portiques** : L'appareil roule sur deux voies de roulement. L'une est constituée par un rail au sol, alors que l'autre s'appuie sur la charpente du bâtiment et roule sur un chemin de roulement aérien. Cette formule est utilisée le plus souvent en complément d'un pont roulant important qui assure la liaison entre les postes équipés chacun d'un semi-portique

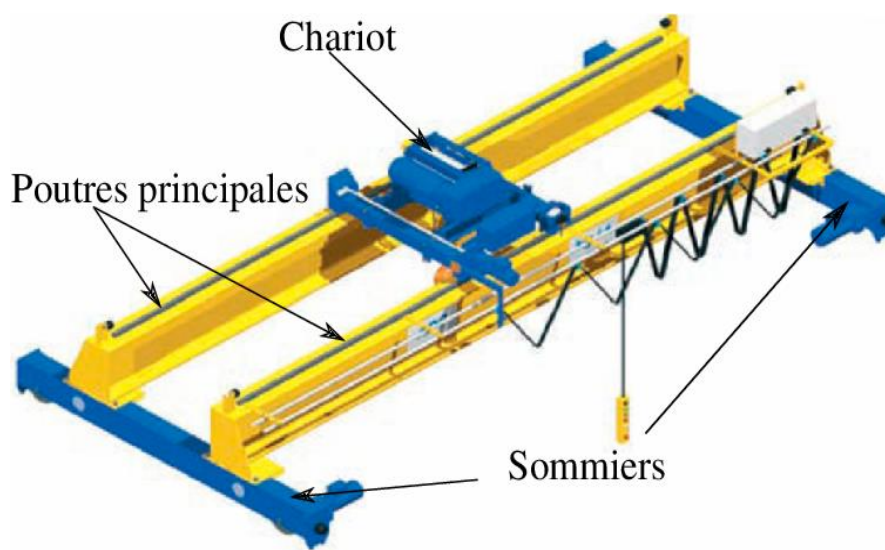


FigureII.5. Semi protiques

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

### II.2.2. Charpente :

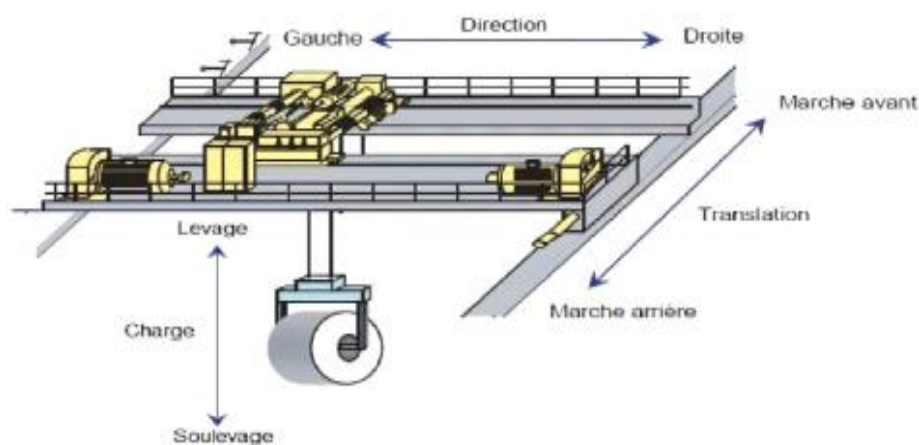
La charpente des ponts roulants peut être réalisée selon les cas en profilés, en treillis, en caissons, en structure mécano-soudée ou mixte. Elle peut être du type mono-poutre, bipoutre ou multi poutre. Les principaux éléments constitutifs de la charpente sont : Les poutres principales, éventuellement renforcées par une poutre de rive, qui supporte le mécanisme de levage auquel est suspendue la charge. Les sommiers, éléments transversaux assemblés avec la ou les poutres principales, qui reposent sur les chemins de roulement par l'intermédiaire de galets ou de boggies. Les contreventements horizontaux et verticaux.



FigureII.6. Charpentes

### II.3. Principaux mouvements :

Tel que le montre le croquis de la (figure 7), Les différents mouvements d'un pont roulant ; levage, direction, translation ; sont assurés par les mécanismes décrits ci-après.



FigureII.7. Les différents mouvements possibles d'un pont roulant

### II.3. Principaux mécanismes des ponts roulants :

Le pont roulant est un ensemble monté de trois mécanismes à savoir

#### II.3.1 Mécanisme de Levage :



## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

Le mécanisme de levage assure la montée et la descente de la charge ; il est essentiellement constitué d'un moteur, d'un frein, éventuellement d'un frein de sécurité, d'un réducteur, d'un tambour pour l'enroulement du câble de levage ou, lorsqu'il s'agit d'un palan à chaîne, d'une noix ou pignon à chaîne pour l'entraînement de celle-ci. Il est désigné par l'un des deux termes suivants : - « palan », lorsque ses éléments constitutifs forment un ensemble compact. Il est utilisé notamment sur les poutres roulantes, les ponts et les portiques. - « treuil de levage », lorsque ses éléments constitutifs sont distincts. Il est utilisé principalement sur les appareils bipoutres

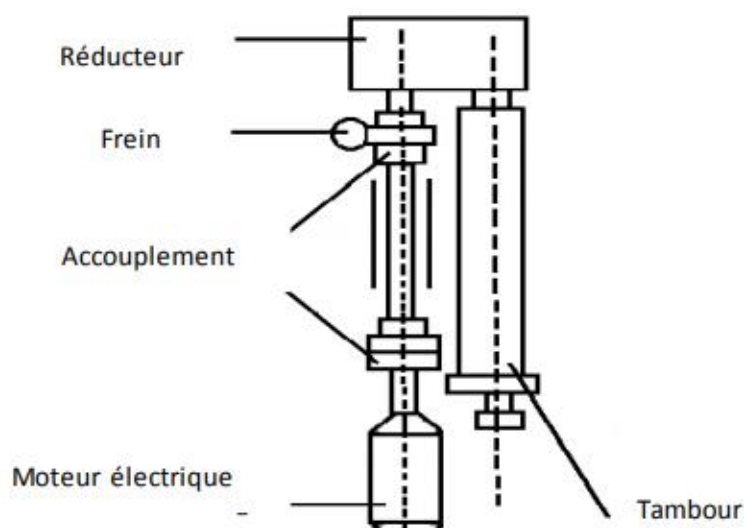


Figure II.8. Le mécanisme de levage.

### Direction :

Le mécanisme de direction assure le déplacement du/des chariots porte palan, ou du/des chariots porte-treuil perpendiculairement au sens de déplacement du pont.

### • Translation :

Le mécanisme de translation assure le mouvement du pont roulant sur les chemins de roulement. Ce mouvement est assuré :

- Soit par un moteur commandant un arbre de transmission relié aux galets de roulement.
- Soit par deux ou quatre moteurs synchronisés entraînant chacun un galet de roulement

### Nota :

Ces trois mouvements selon trois axes orthogonaux permettent au crochet ou à l'organe de préhension de desservir n'importe quel point du volume défini par le débattement maximal des différents mouvements. Pour obtenir certaines trajectoires de la charge, on est parfois conduit à ajouter un degré de liberté supplémentaire : l'orientation

### Orientation :

Le mécanisme d'orientation ou de giration assure la rotation de la charge autour d'un axe vertical, il peut être intégré au chariot porte-treuil, à l'organe de préhension (crochet à rotation motorisée) ou à un accessoire de levage.

### II.3.2. Moteur de levage principal :

En général, les moteurs électriques des appareils de levage sont alimentés soit par un courant triphasé qui produit un couple important lors du démarrage, ou bien par un courant continu qui

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

permet d'obtenir un bon rendement et une meilleure souplesse. Le choix du moteur se fait à base de la puissance nécessaire à la montée de la charge appelée aussi puissance résistante ( $P_n$ ).



Figure II.9. Moteur de levage

### Type de moteur de levage :

Il est surtout utilisé pour la traction de véhicules : chariots élévateurs, chariots filoguidés et pour obtenir les déplacements des organes de machines à commande numérique.

Le moteur comprend :

- Un circuit magnétique comportant une partie fixe, le stator, une partie tournante, le rotor et l'entrefer l'espace entre les deux parties,
- Une source de champ magnétique nommée l'inducteur (le stator) crée par un bobinage
- Un circuit électrique induit (le rotor) subit les effets de ce champ magnétiques le collecteur et les balais permettent d'accéder au circuit électrique

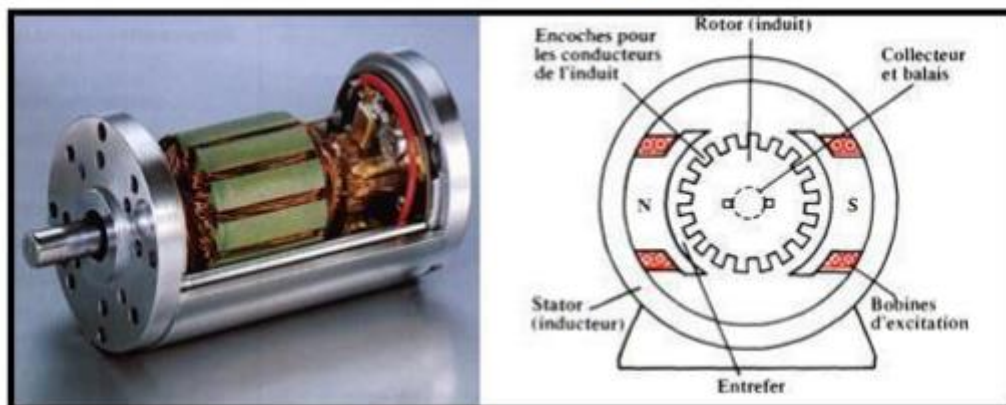


Figure II.10.

Le sens de rotation il est défini par les polarités de l'inducteur et de l'induit. Pour changer le sens de rotation de ce moteur, il suffit d'inverser la polarité de l'inducteur ou de l'induit.

De construction, les moteurs à courant continu peuvent être :

- À excitation indépendante : inducteur et induit sont séparés,
- Des moteurs « série » : inducteur et induit sont en série
- Des moteurs « dérivation » : inducteur et induit sont en parallèle

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

### Moteurs asynchrones :

Les moteurs asynchrones sont les moteurs employés le plus fréquemment dans l'industrie ils possèdent en effet plusieurs avantages, simplicités robustesse, entretien facile.



FigureII.11. Moteurs asynchrones

Le moteur asynchrone, comme le moteur à courant continu, comporte deux parties

- Une partie fixe, le stator.
- Une partie mobile, le rotor.



FigureII.12.

### **Moteur asynchrones triphasé :**

Le moteur est composé de deux parties séparées par un entrefer.

- Le stator ou inducteur : c'est la partie fixe, sous forme d'une carcasse ferromagnétique feuilletée comportant un enroulement polaire 2, etc., c'est le nombre de paires de pôles, analogue à l'induit d'une machine synchrone, alimenté par un système de pulsation.
- Le rotor ou induit : c'est la partie tournante .il existe des rotors bobinés constitués d'un bobinage analogue au stator, fermé sur un rhéostat extérieur via des bagues et des balais et des rotors à cage, constitués de barres conductrices en court-circuit. Ces derniers sont plus robustes et moins coûteux.

Rotor à cage d'écureuil est constitué de barres conductrices très souvent en aluminium les extrémités de ces barres sont réunies par deux couronnes également conductrices. On dit que le rotor est en court-circuit. Sa résistance électrique est très faible



## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants



FigureII.13. Moteur asynchrones triphasé

### Tambour :

Roue dentée ou noix d'entraînement de levage principal. Le tambour, pièce essentielle du mécanisme de levage, sur laquelle s'enroule le câble il a une surface utile tubulaire, en effet, il obtenu à partir d'un "tube mécanique"; ainsi les économies sur le poids sont appréciables constitué en acier, suffisamment dur pour éviter les indentations créées par le câble ne viennent détériorer le câble qui le remplace. Les tambours doivent être dimensionnés dans toute la mesure du possible afin que la capacité d'enroulement soit tenue en une seule couche. L'angle déflexion du câble sur le tambour ne devra pas dépasser 6,33% soit approximativement degré 40.



FigureII.14. TAMBOR

### Freins :

Les freins ont deux rôles :

- Absorber l'inertie cinétique des masses en mouvement pour ralentir rapidement la charge avant l'arrêt
- Maintenir la charge en toute sécurité

Les freins les plus utilisés pour les appareils de levage de moyenne puissance sont les freins à sabots, commandés par électro-aimants.

Pour un service intensif, la tendance actuelle est de remplacer les freins à sabots par les freins à disque, qui permettent d'obtenir dans un espace plus réduit des couples de freinage plus importants.

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants



Figure II.14. Freins à disque et à tambour électrohydrauliques

### Présentation :

Selon les cas d'applications, mais également les conditions d'installation, ces freins sont adaptés pour le freinage d'urgence et de maintien.

### Caractéristiques :

- Frein à tambour selon DIN 15 435
- Serrage par ressort - desserrage électrohydraulique
- Compensation automatique (version FEA) ou manuelle (version FEM) de l'usure des garnitures
- Pour tambour Ø200 mm à Ø630 mm
- Couples de freinage : 230 Nm à 7200 Nm

Version en acier ou en fonte

Les freins à tambour peuvent également être adaptés à des applications spécifiques grâce à une série d'options comme l'ajustement automatique de l'usure des garnitures de friction, le réglage de la tension du ressort, des vérins avec une résistance à la chaleur renforcée ainsi que des mâchoires et tambours extra-larges.

### II.3.3. Commande :

D'une façon générale, les ponts roulants sont commandés à partir d'une cabine ou du sol ; plus rarement, ils sont automatisés totalement ou en partie. Dans le cas de plusieurs postes de commande pour un appareil de levage, un seul poste doit être opérationnel à la fois (par exemple, soit commandes en cabine, soit commandes au sol) afin que les opérateurs ne puissent se mettre en danger mutuellement.

#### ❖ Commande cabine :

Les commandes en cabine procurent au pontier une meilleure visibilité de la charge et de l'itinéraire à emprunter. Elles offrent la possibilité de protéger le pontier contre :

- Les intempéries : chaleur, froid, courants d'air, averses de pluie, notamment lorsque l'appareil est à l'extérieur ;
- Les nuisances industrielles : chaleur, rayonnements, poussières, vapeurs nocives, à condition d'être spécialement équipées.

Elles peuvent être fixes, mobiles ou orientables.

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

Elles sont notamment utilisées lorsque les tâches à effectuer nécessitent la présence d'un pontier à temps complet (figure II.14 )

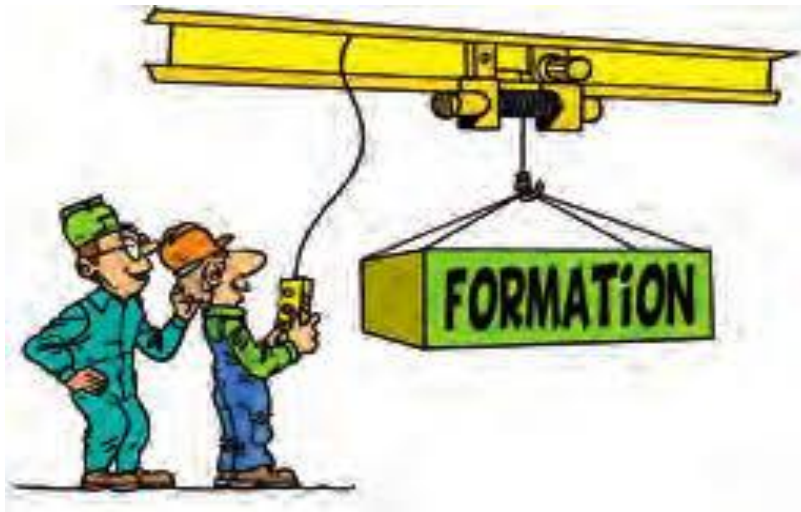


FigureII.14. COMMANDE CABINE

### ❖ Commande au sol :

Les commandes au sol s'effectuent à l'aide d'une boîte à boutons pendante ou d'une télécommande. Elles sont admissibles pour des vitesses de direction et translation compatibles avec le déplacement d'un homme au pas et avec l'encombrement au sol. Pour les ponts dont le conducteur doit suivre à pied la boîte à bouton pendante ou la charge, la vitesse de déplacement doit être limitée:

- Pour les appareils n'ayant qu'une seule vitesse de déplacement : inférieure ou égale à 1 m/s.
- Pour les appareils ayant plusieurs vitesses de déplacement, la plus petite vitesse ne doit pas dépasser 0.75 m/s.



FigureII.15. COMMANDE SOL

### ❖ Boîte à boutons pendante :

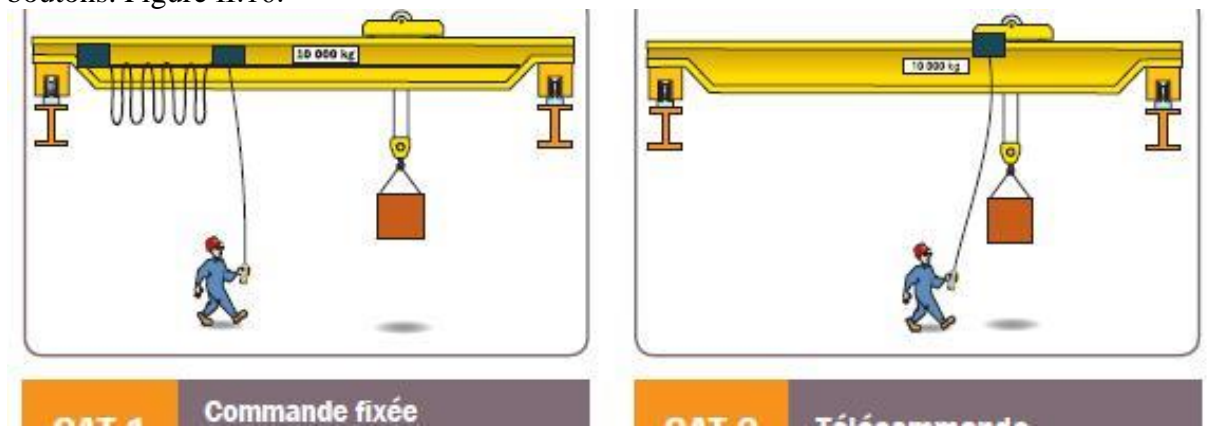
La boîte à boutons poussoirs (2) est suspendue au pont roulant ; elle peut être selon les cas :

- fixée à l'extrémité de la poutre principale.
- Mobile le long de la poutre principale (cette disposition est particulièrement conseillée).
- Fixée au palan ou au chariot porte treuil.

Elle peut être équipée d'une clé ou d'un dispositif de verrouillage qui permet au pontier titulaire d'interdire toute manœuvre, notamment :

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants

- Lorsque certains travaux à exécuter sur le pont roulant ne peuvent se faire que sous tension.
- Lorsque le conducteur, également change de l'amarrage, est amené à abandonner la boîte de commande pour effectuer certaines manœuvres d'élingage.
- Lorsque, dans le cas de plusieurs ponts circulant sur le même chemin de roulement, l'un de ceux-ci doit être immobilisé.
- A défaut d'une suspension anti giratoire de la boîte à boutons, il est nécessaire d'apposer sur le pont un repérage visible du sol correspondant à celui qui figure sur la boîte à boutons. Figure II.16.



FigureII.16.

### ❖ Câble, moufle et crochet :

#### • Câbles de levage :

Le câble est choisi par le constructeur du pont roulant en tenant compte de ses caractéristiques, de celles de l'appareil et de l'usage auquel il est destiné. Le câble doit être surveillé et remplacé périodiquement car son usure, qu'il faut considérer comme normale, diminue sa résistance : continuer à l'utiliser au-delà de critères acceptables peut devenir dangereux. Certains appareils travaillent dans des conditions où les câbles sont exposés à des détériorations accidentelles ; ils doivent être particulièrement surveillés par une personne ou un organisme compétent et remplacés dès le moindre incident. Le contrôle visuel de l'état superficiel des câbles est le plus répandu ; il existe également des appareils magnéto-inductifs pour le contrôle non destructif des câbles qui permettent de détecter notamment les défauts internes du câble.

#### • Moufle et mouflage :

Le mouflage d'un câble de levage s'effectue à l'aide de moufles à plusieurs poulies ; il permet le levage de lourdes en appliquant une traction relativement faible sur le câble de levage. Il peut être ; l'effort supporté par chaque brin est alors 4, 8 ou 16 fois moins important et il faut tenir compte également de la perte de capacité due au rendement. Le mouflage permet d'employer des câbles de plus faible diamètre et des mécanismes plus légers. Au moment de l'accrochage des charges, les élingueurs doivent pouvoir déplacer le moufle, par exemple à l'aide de poignées, sans être obligés de porter les mains sur les câbles. Il convient en outre que des dispositifs de protection soient mis en place pour éviter l'écrasement des mains au niveau des points rentrants de l'enroulement des câbles sur les réas.

## Chapitre II : Généralités sur les Ponts roulants



**Figure II.17. Moufle**

- **Crochet de levage :**

Le crochet de levage du pont roulant ainsi que ceux qui équipent les élingues et autres accessoires de levage doivent être d'un modèle s'opposant au décrochage accidentel de la charge. Les crochets sont en général équipés d'un dispositif de fermeture qui prévient le décrochage accidentel des fardeaux lorsque l'élingue ou le câble de levage n'est pas tendu ; lorsqu'ils 'agit d'un linguet de sécurité, exposé à des conditions d'exploitation difficiles ou intensives, il convient de surveiller particulièrement les crochets qui en sont équipés. Le remplacement du linguet de sécurité est en général une opération facilement réalisable.



**Figure II.18. Crochet de levage**

Chapitre III:  
Les engrenages



## Chapitre III: Les engrenages

### III. INTRODUCTION :

L'engrenage est un mécanisme élémentaire constitué de deux roues\_dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable, et dont l'une entraîne l'autre par l'action de dents successivement en contact.

Les deux roues sont conjuguées : la plus petits est le pignon, la plus grande la roue.

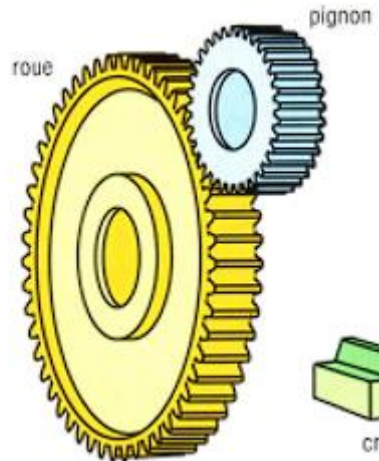


Figure III : engrenages droits à denture droite

Les engrenages peuvent avoir diverses utilités :

- Réduction et/ou variation de la fréquence de rotation entre 2 arbres.
- Réduction / augmentation du couple moteur.
- Transmission d'un mouvement de rotation.
- Transformation des caractéristiques d'un mouvement.

#### III.1. Les différents types d'engrenages :

Suivant la fonction qu'ils ont à réaliser, les engrenages peuvent avoir différentes formes et différentes caractéristiques de denture.

Il y a 3 catégories d'engrenages :

| Les engrenages droits<br>(à axes parallèles) | Les engrenages coniques<br>(à axes concourants) | Les engrenages<br>gauches |
|--|---|---------------------------|
|  |   |                           |

Figure III.1. 3 Catégories d'engrenages.

## Chapitre III: Les engrenages

### III.1.2. Les engrenages droits à denture droite :

Les plus simples et les plus économiques, ils sont utilisés pour transmettre la puissance et le mouvement entre 2 arbres parallèles. Les dents des roues de l'engrenage sont parallèles à l'axe de rotation des arbres. Il y a engrènement (couple de dents) ce qui entraîne des chocs d'engrènement.

Leur utilisation est généralement bruyante et génère des vibrations.

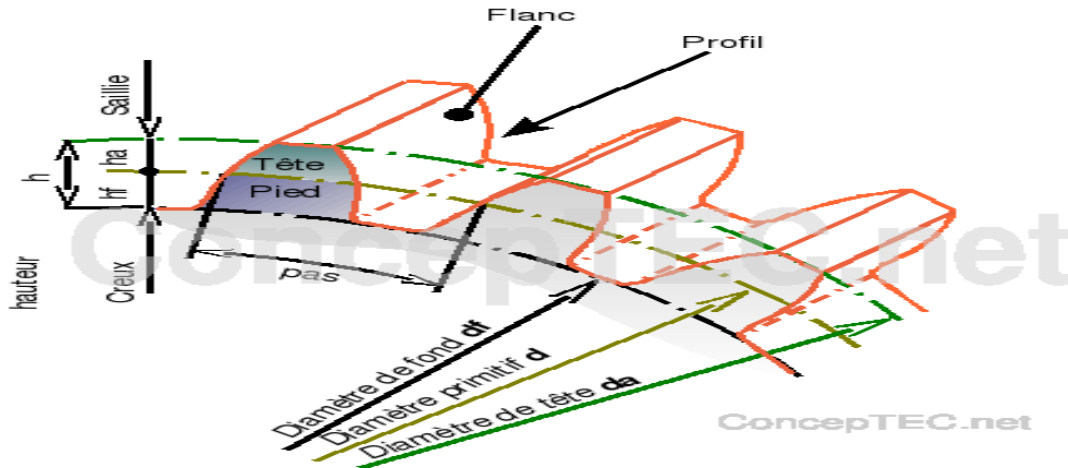


Figure III.1.2. Les engrenages droits à denture droite

| Désignation            | Symbole    | Proportion             |
|------------------------|------------|------------------------|
| Nombre de dents module | Z          | 13 mini                |
|                        | M          | RDM                    |
| Diamètre primitif      | D ou $d_p$ | $D_p = m \cdot z$      |
| Diamètre de tête       | $D_a$      | $D_a = d + 2 \cdot m$  |
| Diamètre de pied       | $D_f$      | $D_f = d - 2 \cdot 5m$ |
| Pas primitif           | P          | $P = \pi \cdot m$      |
| Largeur de denture     | B          | $B = k^{(1)} \cdot m$  |
| Hauteur de denture     | H          | $H = 2 \cdot 25m$      |
| Hauteur de saillie     | $H_a$      | $H_a = m$              |
| Hauteur de creux       | $H_f$      | $H_f = 1 \cdot 25m$    |

Tableaux 1 : Caractéristiques des engrenages à denture droite

**K** : coefficient de largeur de denture



## Chapitre III: Les engrenages

**Le module(m) :** Le module d'une denture est la valeur qui permet de définir les caractéristiques d'une roue dentée. C'est le rapport entre le diamètre primitif de la roue et le nombre de ses dents.

Le module est une grandeur normalisée. L'épaisseur de la dent et sa résistance dépendent du choix du module. Ce choix ne doit pas être improvisé mais doit se faire après un calcul de Rdm.

**Modules normalisés (mm) :**

| Série principale |      |   |
|------------------|------|---|
| 0.5              | 1.25 | 3 |
| 0.6              | 1.5  | 4 |
| 0.8              | 2    | 5 |
| 1                | 2.5  | 6 |

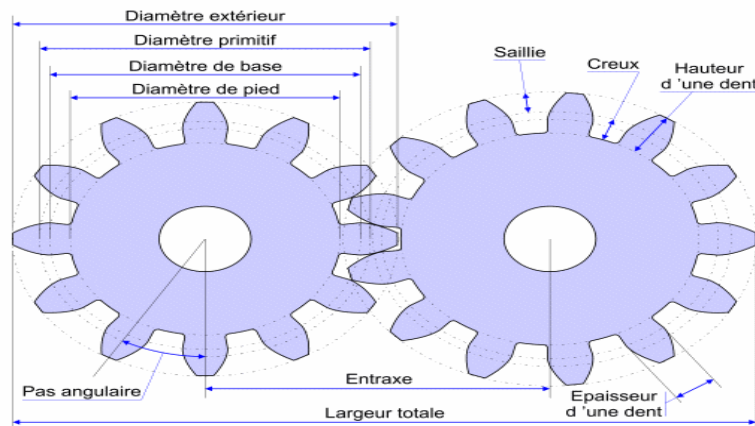
**Tableaux 2 :** normalisation

**Le diamètre primitif (dp) :**

Les diamètres primitifs de deux roues dentées formant un engrenage sont des cercles fictifs tangents.

**Expression de l'entraxe (a) :**

L'entraxe qualifie la distance entre deux points, deux colonnes ou deux axes d'un même ensemble. Souvent utilisé en architecture, le mot est issu du langage technique.



**Figure III.1.3** Expression de l'entraxe

### III.1.3. L'engrenage droit à denture hélicoïdale :

Ils transmettent un mouvement et une puissance entre 2 arbres parallèles. L'angle d'inclinaison de la denture est le même pour les 2 roues, mais de sens opposé. Leurs axes peuvent être orthogonaux (cas des engrenages gauches).

## Chapitre III: Les engrenages

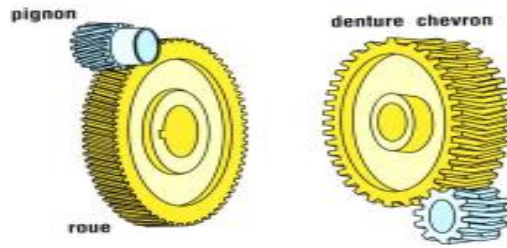


Figure III.1.4: Le engrenages droit à denture hélicoïdale

### Caractéristiques des dentures :

Plus complexes, à taille égale, ils sont plus performants que les précédents pour transmettre puissance et couple.

Du fait d'une meilleure progressivité et continuité de l'engrènement (2,3, ou 4 dents toujours en prise) , ils sont aussi plus souples et silencieux . L'inclinaison de la denture engendre des efforts axiaux suivant l'axe de l'arbre qui doivent être supportés par les paliers.

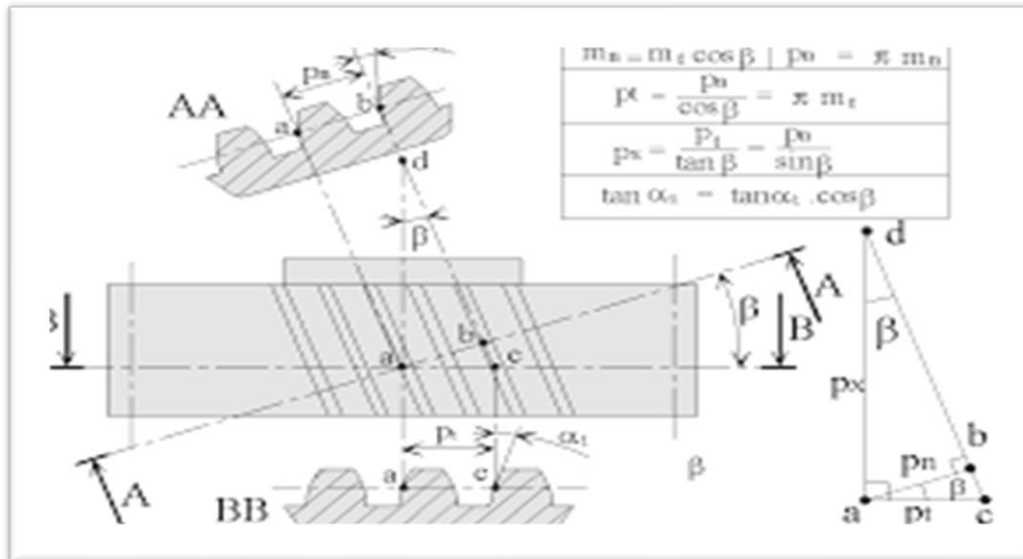


Figure III.1.3. Caractéristiques des dentures

### III.1.4. Les engrenages coniques :

Parmi tous les types d'engrenages qui peuvent composer des systèmes mécaniques, certains peuvent jouer un rôle spécifique. C'est le cas des engrenages coniques. En effet, ceux-ci permettent de transmettre le mouvement d'une façon particulière, ce qui justifie leur présence dans une foule d'éléments et appareils.

Voilà pourquoi il est intéressant de démystifier l'engrenage conique et d'exposer quelques-unes de ses utilisations les plus fréquentes.

## Chapitre III: Les engrenages



**Figure III.1.6 Les engrenages coniques**

Les engrenages coniques sont surtout utiles lorsqu'il faut modifier la direction de la rotation d'un arbre. Ils sont généralement montés sur des arbres distants de 90 degrés, mais peuvent également être conçus pour fonctionner sous des angles différents.

En plus de leur capacité à transférer la puissance et le mouvement à travers des arbres perpendiculaires, les engrenages coniques offrent un rendement élevé et sont réputés pour ne pas être très bruyants pendant leur fonctionnement.

La puissance de sortie de ce type d'engrenage peut être facilement manipulées en changeant le nombre de dents. Cela pourrait par exemple permettre à une source d'énergie relativement plus faible de générer une sortie d'énergie de plusieurs fois supérieure.

Pour fonctionner de la meilleure façon possible, les engrenages coniques doivent être usinés avec précision et les paliers des arbres doivent être capables de supporter des forces importantes.

### **Les types d'engrenages coniques :**

En fonction de leur géométrie, les engrenages coniques peuvent être catégorisés en trois classes : les engrenages coniques droits et hélicoïdaux. Tous deux possèdent des caractéristiques qui leur confèrent des utilisations particulières.

#### **III.1.4.1 Engrenage conique droit :**

Il s'agit de la forme d'engrenage conique la plus simple. Elle possède des dents droites qui, si elles étaient étendues vers l'intérieur, se rejoindraient à l'intersection des axes de l'arbre.

Ce type d'engrenage est relativement facile à fabriquer sur mesure et peut fournir des taux de réduction jusqu'à environ 1 : 5.

#### **III.1.4.2. Engrenage conique hélicoïdal :**

Ce genre d'engrenage conique possède des dents inclinées incurvées pour assurer un engagement progressif et une plus grande surface de contact qu'un engrenage conique droit équivalent.

Puisqu'il possède un rapport de contact plus élevé, il présente une résistance et une durabilité supérieures. De plus, il permet un taux de réduction plus élevé. Il est également plus silencieux si on le compare à l'engrenage conique droit. Toutefois, ces avantages viennent avec une certaine complexité de fabrication.

## Chapitre III: Les engrenages

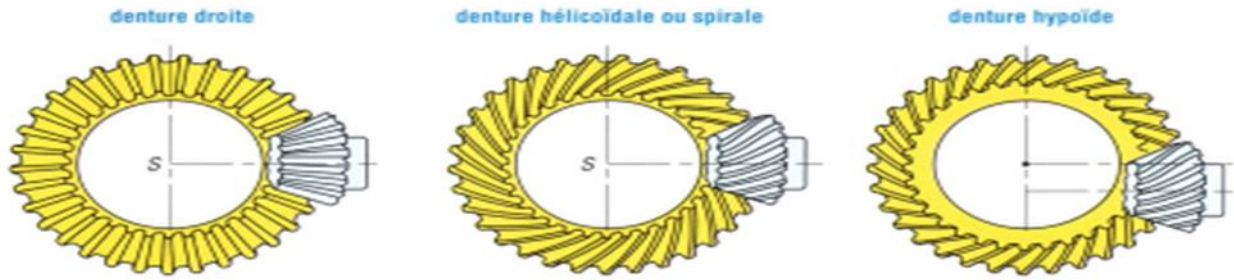


Figure VI.1.7 Engrenage conique hélicoïdale

### III.1.4.3. Les engrenages gauches :

La transmission du mouvement se fait entre deux arbres orthogonaux. Ces engrenages permettent de grands rapports de réduction (jusqu' à 1/200) et offrent des possibilités d'irréversibilité. Ils constituent les engrenages à l'engrènement le plus silencieux et sans chocs. En contrepartie le glissement et le frottement important provoquent un rendement médiocre.

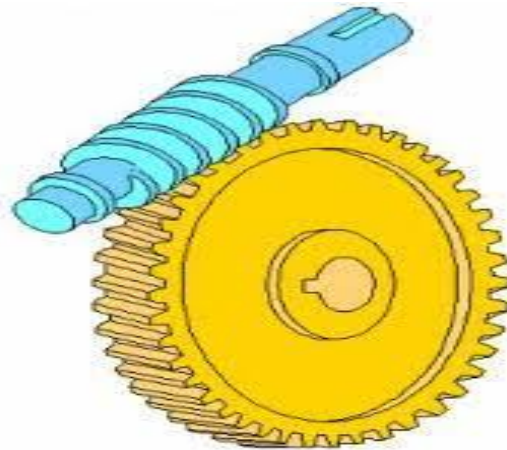


Figure VI.1.8 Les engrenages gauches

### Caractéristiques cinématiques et géométriques :

Les caractéristiques de la roue sont celles d'une roue dentée hélicoïdale. Le paramètre  $z_v$  représente le nombre de filets de la vis (de 1 à 8 filets, parfois plus). Le pas axial  $p_x$  mesure la distance (suivant l'axe) entre 2 filets, consécutifs de la vis.

Le pas de l'hélice représente le pas du filet ou d'un des filets de la vis, ( $p_z = z_v \cdot p_x$  et  $\tan Br = p_z / nd_v$ ).

### Chapitre III: Les engrenages

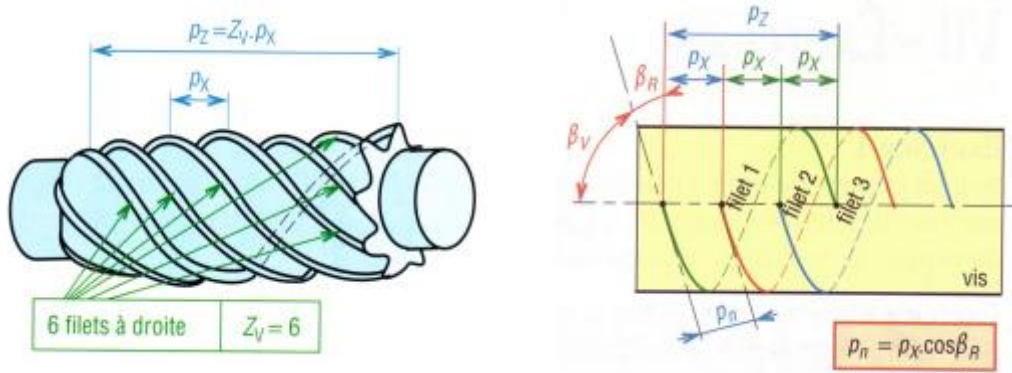


Figure VI.1.9 Caractéristiques cinématiques et géométriques

# Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

### IV. Introduction :

La tâche présentée dans ce chapitre concerne l'objectif principal de ce mémoire qui est l'étude statique du système arbre pignon.

D'abord, nous allons calculer les caractéristiques des engrenages à denture droite du système arbre pignon de matériaux 42cd4 .

Enfin, nous concluons par montrons un aperçu 3D de système arbre pignon conçue sous un logiciel de conception (SolidWorks).

### IV.1. Définition du système arbre pignon :

Le système d'arbre-pignon est principalement utilisé pour transformer un mouvement de translation ou le contraire.

### .2. Paramètres de la denture

#### IV.2.1. Rapport de transmission

$$u = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{64}{15} = 4,92 \quad IV.1$$

#### IV.2.2. Calcul de la vitesse de rotation de chaque roue

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad IV.2$$

$$n_2 = \frac{z_1 \times n_2}{z_2}$$

$$n_2 = \frac{13 \times 1430}{64} = 290.4$$

#### IV.2.3. Le couple

De la même manière que pour le calcul des vitesses, nous avons :  $M_1 = 37 \text{ N.m}$ , alors :

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad IV.3$$

$$\Rightarrow M_2 = \frac{m_2}{z_1} \times z_2 = \frac{37 \times 64}{13} = 182.15 \text{ N.m}$$

#### IV.2.4. Puissance développée

Etant donné la relation :

$$M = 95500 \times \frac{P}{n} \quad IV.4$$

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

On déduit :

$$P = \frac{M \times n}{95500} \quad IV..5$$

En substituant n et M par leurs valeurs, on tire pour la puissance développée pour chaque roue :

$$p = \frac{M_1 \times n_1}{95500} = \frac{37 \times 1430}{95500} = 0.55 \text{ kw}$$

### IV.3. Dimensions principales du pignon et de la roue

#### IV.3.1. Diamètre primitif

$$d_1 = M \times z_2 = 3 \times 13 = 39 \text{ mm} \quad IV..6$$

$$d_2 = M \times Z_2 = 3 \times 64 = 192 \text{ mm} \quad IV.7$$

#### IV.3.2. Diamètre de tête

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 39 + 6 = 45 \text{ mm} \quad IV.8$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 192 + 6 = 190 \text{ mm} \quad IV.9$$

#### IV.3.3. Diamètre de pieds

$$d_{f1} = d_1 - 2.5m = 39 - 7.5 = 37,3 \text{ mm} \quad IV.10$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5m = 192 - 7.5 = 184.5 \text{ mm} \quad IV.11$$

#### IV.3.4. Entraxe des roues

$$a_x = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$
$$= \frac{39 + 192}{2} = 115.5 \text{ mm} \quad IV.12$$

#### IV.3.5. Efforts tangentiels :

$$ft_1 \frac{c_1}{r_1} = \frac{37}{19.5} = 1.89 \quad IV.13$$

$$ft_2 = \frac{c_2}{r_2} = \frac{182.5}{96} = 1.89 \quad IV.14$$



## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

$$\frac{d_1}{2} = r_1 = \frac{39}{2} = 19.5 \text{ mm}$$

$$r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{192}{2} = 96 \text{ mm}$$

### IV.3.6. Effort radial :

$$F_r = F_T \tan \alpha = 0.68$$

IV. 15

### IV.3.7. Effort sur les dents :

$$F = \frac{f_t}{\cos \alpha} = 2.03$$

IV. 16

### IV.4. Caractéristique de matériaux 42cd4 :

Le matériau étudié est un acier à Haute Résistance 42 CD 4 (AISI 4140 ; DIN 1.7225), utilisé pour la fabrication des engrenages.

Leurs caractéristiques mécaniques facilitent le formage sur presses et sur lignes automatisées. Ils se caractérisent de plus par une bonne tenue à la fatigue et à la résistance au choc. Grâce à leur limite élastique élevée ( $R_e$ ), ils sont particulièrement adaptés lorsqu'une réduction de poids est recherchée, c'est pourquoi ces aciers s'utilisent fréquemment en remplacement des aciers de construction.

| <u>AFNOR</u> | <u>DIN</u>         | <u>AISI</u> | <u>NF EN 10027-1</u>   |
|--------------|--------------------|-------------|------------------------|
| <u>42CD4</u> | <u>42 CR MO 44</u> | /           | <u>42CRMO4(1.7225)</u> |

Tableau 3: caractéristique de matériaux .

### IV.4.1. Composition chimique :

| <u>C</u>         | <u>Cr</u>   | <u>Mo</u>        | <u>S</u>     | <u>MN</u>        | <u>P</u>     | <u>SI</u>       |
|------------------|-------------|------------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|
| <u>0.38-0.45</u> | <u>0.90</u> | <u>0.15-0.30</u> | <u>0.035</u> | <u>0.60-0.90</u> | <u>0.035</u> | <u>0.40 MAX</u> |

Tableau 4: Composition chimique de l'acier 42 CD

On remarque clairement que notre matériau est totalement conforme avec la norme DIN. Cependant, il faut noter la présence des éléments d'additions tel que le Cr, le Mo qui contribuent à l'augmentation de la résistance du matériau, les éléments Ni, Al et Cr qui permettent de garder une certaine malléabilité, qui favorise des ruptures ductiles dans le sens d'une sécurité de défaillance.

### IV.4.2. Domaines d'application :

Acier très employé en mécanique, pour des pièces de moyennes à fortes : arbres, essieux, Crémaillères, vilebrequins, bielles, engrenages.

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

Cet acier est parfois utilisé pour des pièces trempées superficiellement.

### IV.4.3. Caractéristiques mécaniques moyennes (état trempé revenu) :

| RM       | Re      | A     | Dureté HRB |
|----------|---------|-------|------------|
| N/ mm    | N/mm    | %     |            |
| 750/1300 | 500/900 | 10/14 | /          |

Tableau 5 : Caractéristique mécanique de matériuix (42cd4 )

### IV.5. Simulation et analyse mécanique du système :

La conception et l'assemblage ont été réalisés sur le logiciel SolidWorks.

Conception et assemblage de système arbre – pignon.

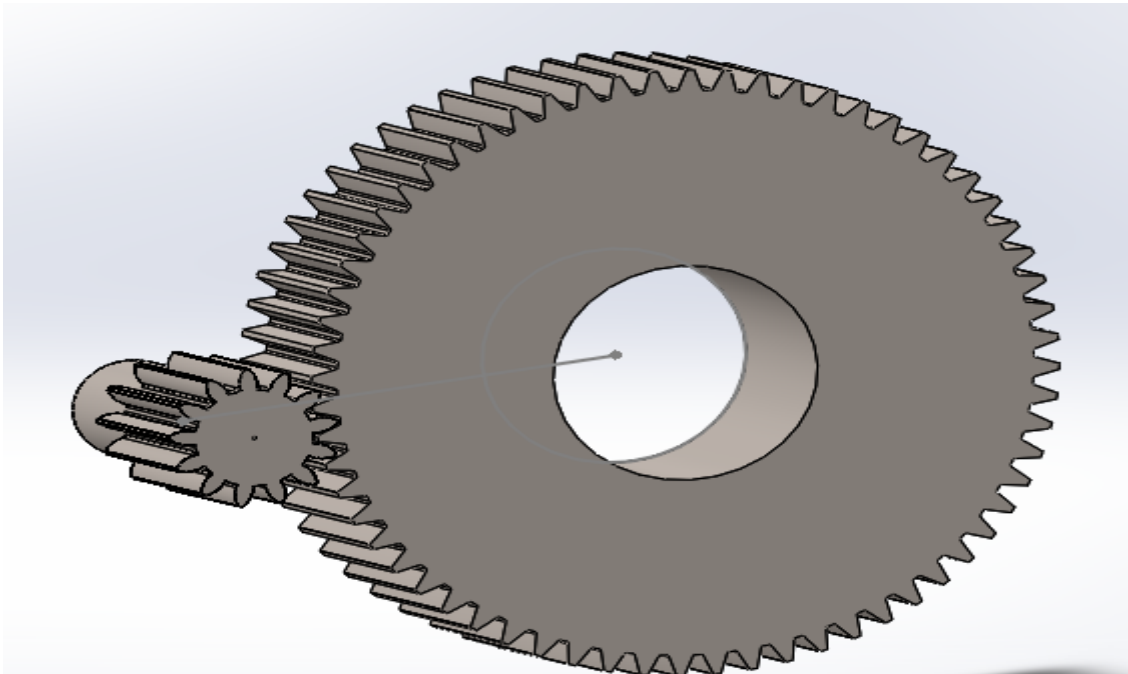
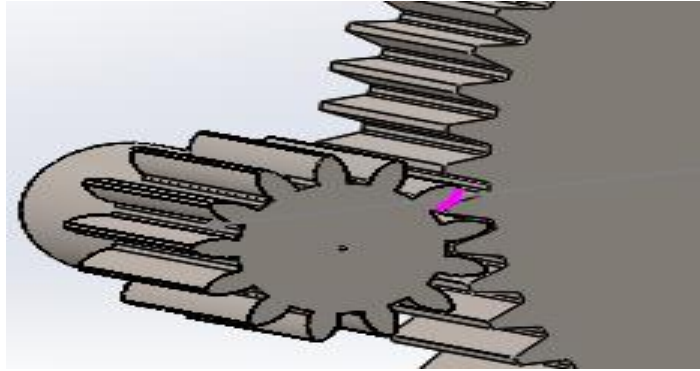


Figure.IV..2 : Aperçu 3D système roue et arbre – pignon

#### IV.5.1. Etude statique du système :

Cette analyse consiste au calcul des contraintes, déplacements et déformations, subis par les pignons en tenant compte de plusieurs hypothèses. L'étude statique a été réalisée sur le logiciel SolidWorks.

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon



**Figure IV.3: contact Tangent.**

### IV.5.2 Le Maillage :

La méthode analyses par éléments Finis (FEA) constitue une technique numérique fiable d'analyse de conception. Le processus commence par la création d'un modèle géométrique. Pour l'analyse, le modèle doit être subdivisé en petites entités de formes simples (éléments), interconnectées en des points communs (nœuds). Les programmes d'analyse par éléments finis considèrent le modèle comme un réseau d'éléments discrets interconnectés.

La méthode par éléments finis (FEM) permet de prévoir le comportement du modèle en combinant les informations obtenues à partir de tous les éléments qui le constituent.

Le maillage est une étape fondamentale de l'analyse de conception. Le mailleur automatique du logiciel génère un maillage s'appuyant sur une taille d'élément globale, une tolérance globale ainsi que sur les spécifications locales de contrôle du maillage. Le contrôle du maillage vous permet de définir différentes tailles d'élément pour les composants, faces, arêtes et sommets.

Pour ce faire, le logiciel évalue une taille d'élément globale en tenant compte du volume du modèle, de sa surface et d'autres paramètres géométriques. La taille du maillage généré (nombre de nœuds et d'éléments) dépend de la géométrie et des dimensions du modèle, de la taille des éléments, de la tolérance de maillage, du contrôle du maillage et des spécifications de contact. Dans les premières étapes de l'analyse de conception, où des résultats approximatifs peuvent être suffisants, vous pouvez spécifier une taille d'élément plus importante pour atteindre plus rapidement une solution. En général, une petite taille d'élément est nécessaire pour obtenir des résultats plus précis.

Le maillage génère des éléments volumiques tétraédriques 3D, des éléments coque triangulaires 2D et des éléments poutre 1D. Un maillage est composé d'un type d'éléments à moins qu'il ne s'agisse d'un maillage mixte. Les éléments volumiques sont naturellement bien adaptés pour les modèles volumineux. Les éléments coque sont naturellement bien adaptés pour la modélisation de pièces minces (de tôlerie) et les poutres et les barres conviennent à la modélisation d'éléments mécano-soudés.

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

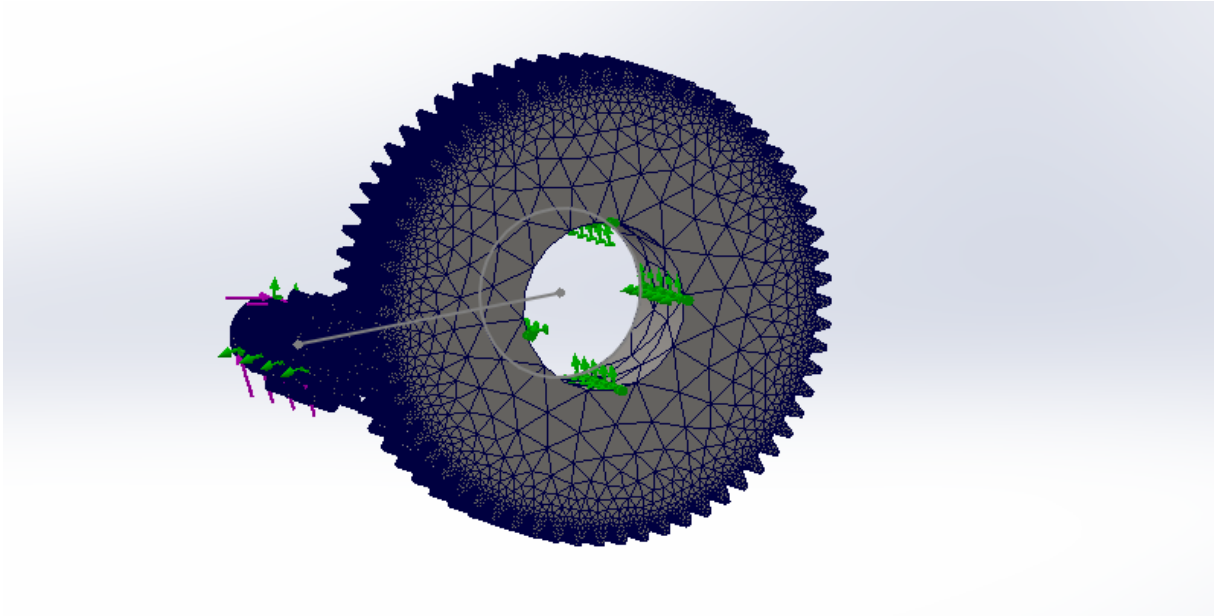


Figure IV .4 : maillage de composants

### Résultats obtenus

Les tracés des contraintes, déformation et déplacements sont montrés respectivement dans les figures

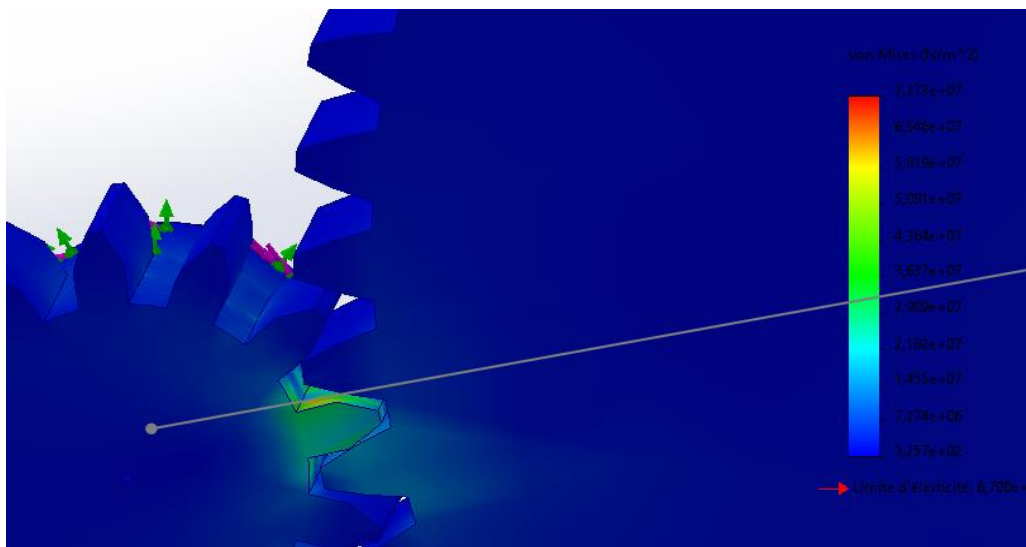
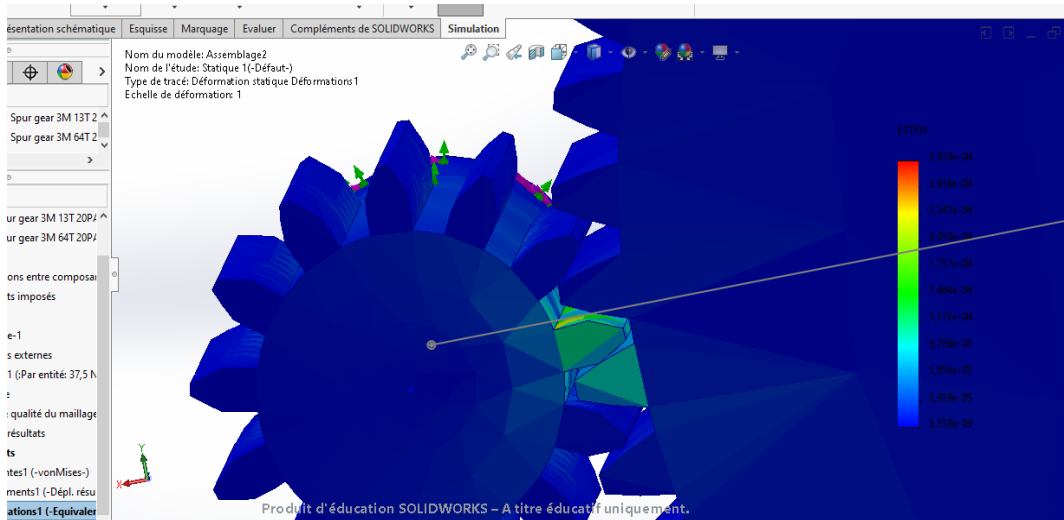
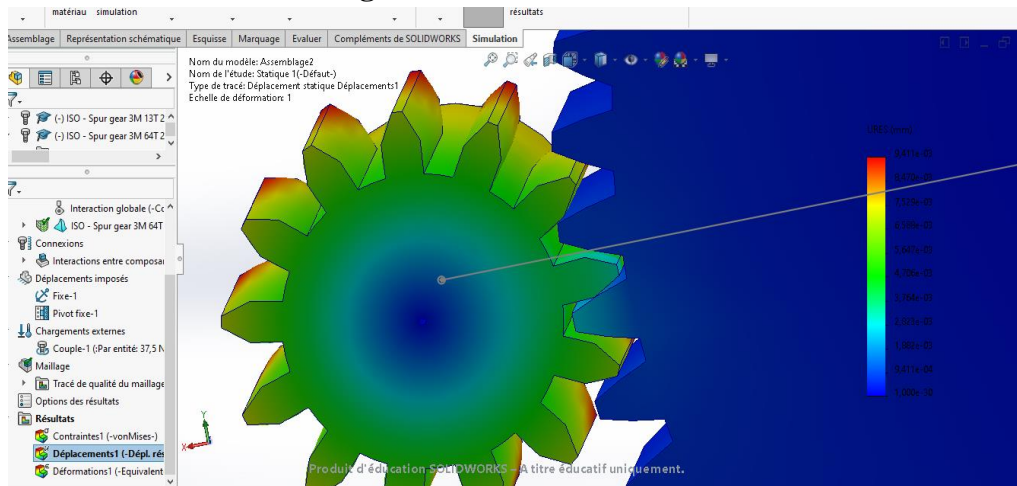


Figure IV.5 : Contraintes selon le critère de von mises.

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon



**Figure IV.6 : Déformations**



**Figure IV.7 : Déplacements**

D'après ces figures (IV.5, IV.6, IV.7), on constate que la concentration des contraintes et des déformations se situe au niveau du pied de la dent, ce qui peut mener avec le temps à une rupture par fatigue.

Où l'on note que l'initiation des fissures de flexion se situe au niveau du pied de la dent, dans le congé des dents du côté actif où les contraintes cycliques en tension y sont maximales. Ces contraintes avec répétition peuvent mener à une propagation de la fissure et à une rupture brutale de la dent.

Afin de diminuer les contraintes agissant sur les dents, nous allons en proposer une, dans la section suivante.

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

### IV.4.3. Optimisation de la forme de la denture :

Dans cette partie, nous avons changé la forme optimale de pied de la dent pour laquelle la contrainte est élevée. Sommes-nous avons varié le rayon du pied de la dent.

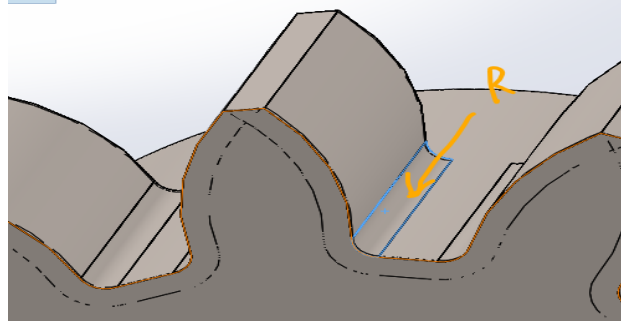


Figure IV.7 : la forme de la denture

On a proposé plusieurs valeurs de rayon : ( 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 , 1 )

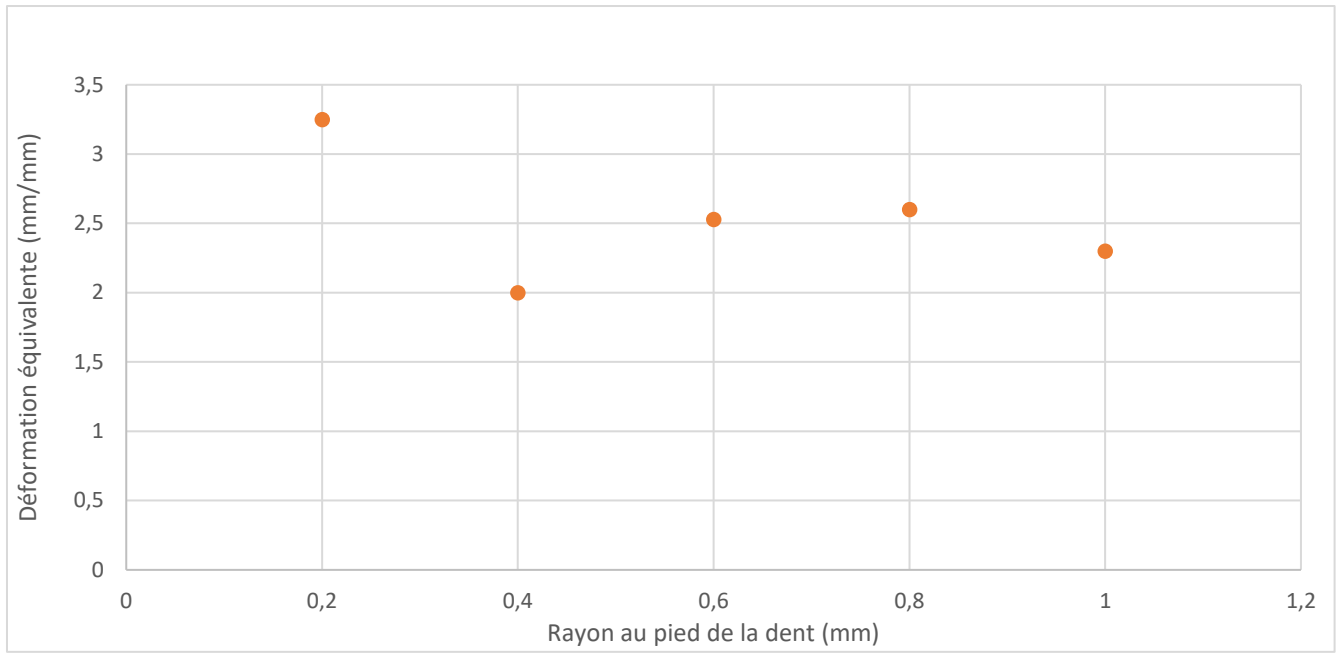
Les résultats obtenus en fonction du rayon sont résumés dans le tableau :

| RAYON (mm)                        | 0.2    | 0.4    | 0.6   | 0.8   | 1      |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| Contraintes<br>(MPA)              | 827    | 904.76 | 727.3 | 731   | 704.76 |
| Déformations<br>$10^{-3}$<br>(mm) | 3.257  | 2      | 2.529 | 2.6   | 2.300  |
| Déplacements $10^{-4}$            | 9.4201 | 9.419  | 9.411 | 9.497 | 9.409  |

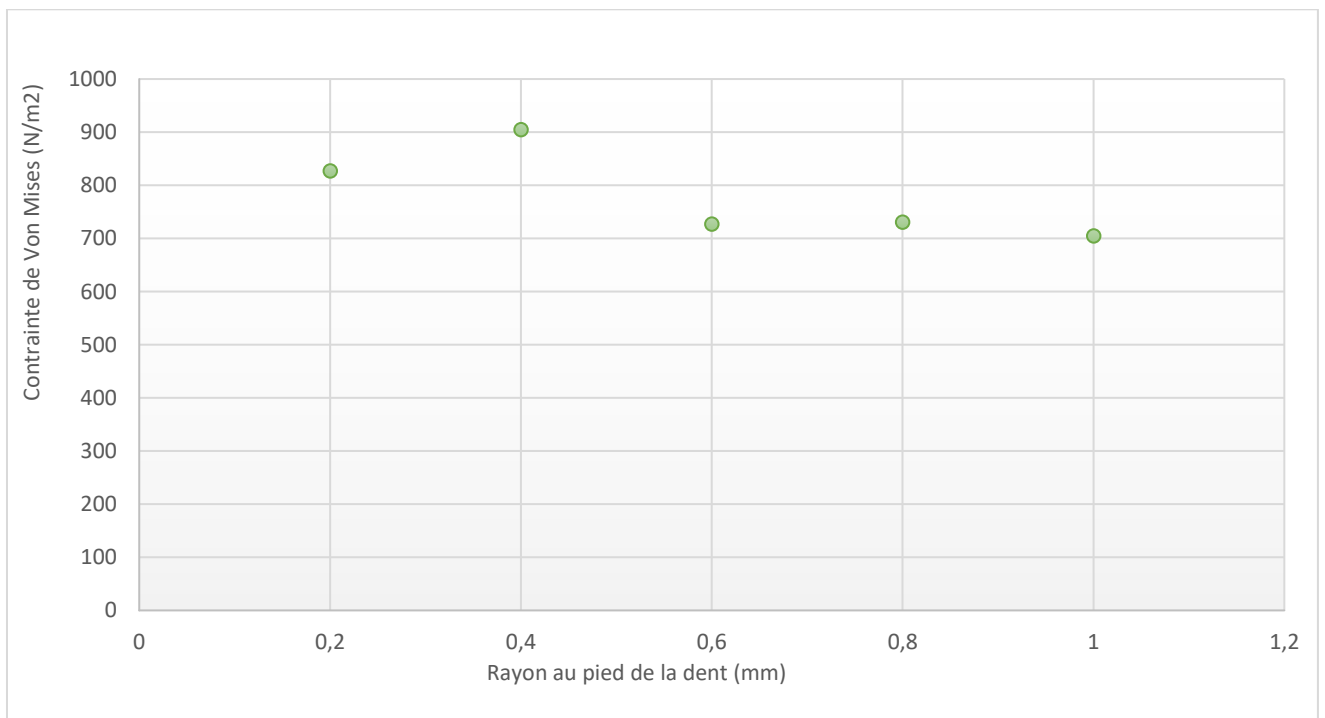
Tableau 6 : Résultats obtenus pour différentes valeurs du rayon

Ces résultats ont été également représentés sous forme de courbes. Elles représentent les contraintes , déformation et déplacement maximaux en fonction du rayon R.

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon



**Figure IV.9 : Rayon au pied de la dent (mm)**



**Figure IV.8: Rayon au pied de la dent (mm)**

## Chapitre IV : étude statique du système arbre – pignon

D'après ces résultats, nous constatons que pour  $R=0.2\text{mm}$ ,  $R=0.4\text{mm}$ ,  $R=0.6\text{mm}$  les contraintes sont plus élevées que pour  $R=0.6\text{mm}$ . la déformation à  $R=0.4\text{mm}$  est presque similaire à celle du rayon de constructeur. Tandis que pour  $R=0.8$  et  $R=1$ , les contraintes ont légèrement diminué jusqu'à ce qu'elles de réduction, quant aux déformations, elles ont diminué alors que la forme de la dent importa importante pour les Contraintes est déformations de la denture .

.



# Conclusion générale

## Conclusion générale

### Conclusion générale :

Comme tous les composants de pont roulant, il fonctionne sur le système arbre pignon que l'on retrouve dans le levage, qui fonctionne dans des conditions de transmission difficiles où il doit transmettre plus ou moins de puissance, et donc les engrenages doivent être changés correctement et le fonctionnement normal doit être vérifié.

Dans une première étape, le calcul des engrenages a été effectué, puis la conception a été mise en œuvre dans le cadre du programme Solide Work

Dans la deuxième étape, nous avons étudié le matériau métallique qu'ils utilisaient dans l'engrenage

Dans la troisième étape, elle a été réalisée dans les dents du pignon en déterminant que le foyer d'abrasion pouvait se situer dans le pied de la dent après de nombreux tours lors de l'apparition d'une rupture brutale de la dent de l'engrenage

En conclusion, dans ce travail, nous avons montré qu'il est possible de développer des engrenages sur la base des résultats collectés

## Références bibliographiques

### Références bibliographiques

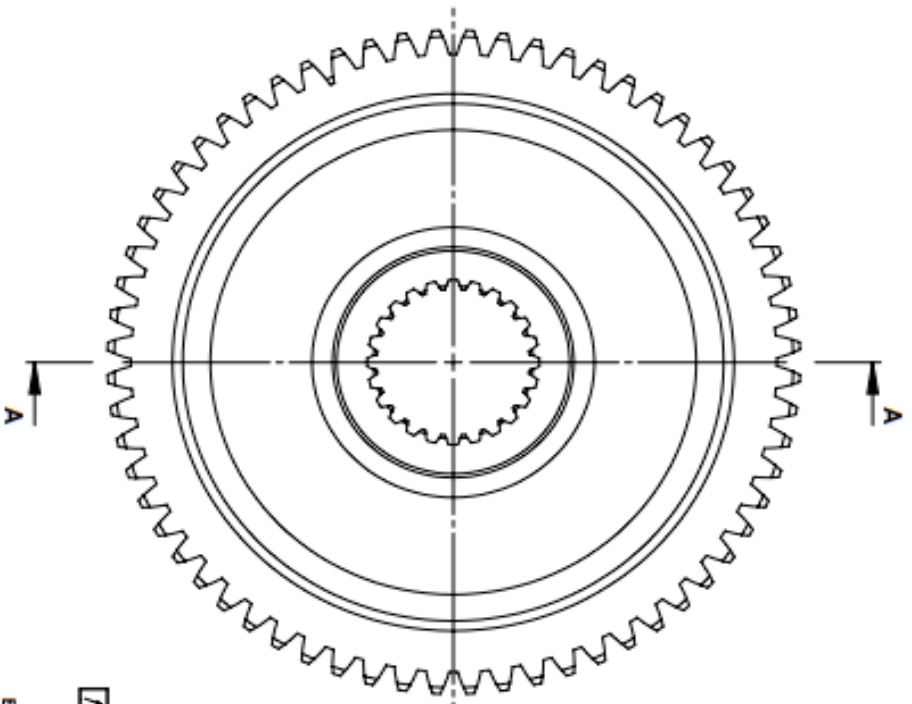
- [1] <https://www.usinenouvelle.com/expo/frein-a-tambour-electro-hydraulique-p127816930.html>
- [2] <https://braidwoodgear.com/differents-engrenages-coniques-utilisations/>
- [3] [https://prod-maint-indus.pagesperso-orange.fr/dr/Les\\_engrenages.pdf](https://prod-maint-indus.pagesperso-orange.fr/dr/Les_engrenages.pdf)
- [4] <file:///C:/Users/Office/Desktop/etude%20des%20engrenages.pdf>
- [5] <http://www.metaux-detail.com/pdf/acier/42cd4.pdf>
- [6] ACHOURI MASSINISSA Université M' HAMED BOUGARA BOUMERDES, Mémoire de master : contribution à l'amélioration de conception d'une boîte de vitesses zf s5-42 du camion k66.
- [7] Guendazia kheir-eddine université de annaba , Mémoire de master : etude de levage et de direction d'un pont roulant .
- [8] <https://conseils.hellopro.fr/tout-savoir-sur-les-ponts-roulants-1240.html>
- [9] <https://blog.solutionlevage.com/glossaire/definition-pont-roulant>
- [10] Abes amir univesité de annaba , les moeyns organisationnels et logistique d'un service de maintenance .
- [11] Mr ZEGHOUM SALIM CHEF DE SERVICE MAINTENANCE ET ANNEXE AMM ArcelorMittal Annaba.

# Annexe

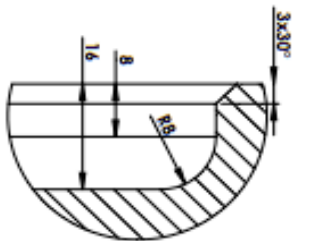
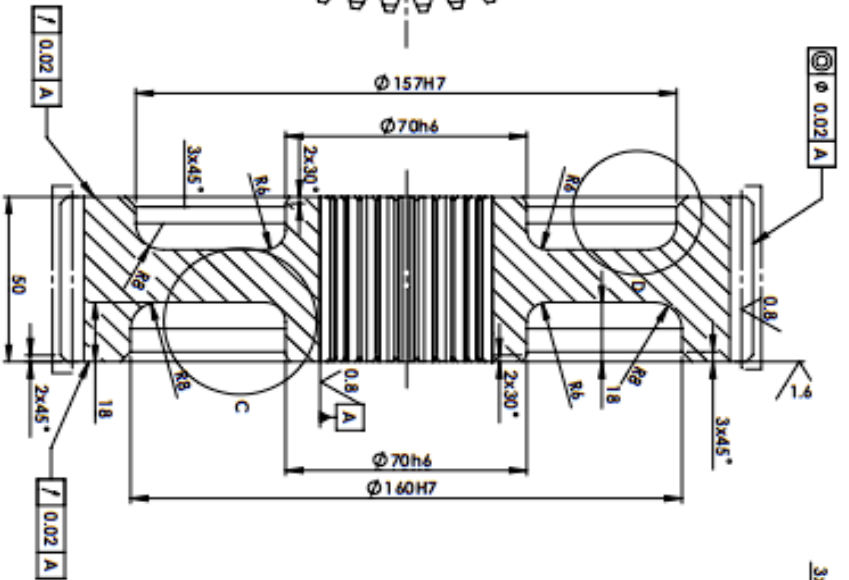


**BON POUR EXECUTION**

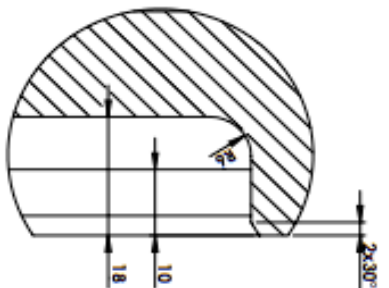
1 TH 40-45 HRC  
RUGOSITE Rq 3.2 SAUF INDICATIONS.



COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1.5



DÉTAIL D  
ECHELLE 2 : 1.5



DÉTAIL C  
ECHELLE 2 : 1.5

| DENTURE DROITE INTERIEURE |    | DENTURE DROITE EXTERIEURE |       |
|---------------------------|----|---------------------------|-------|
| MODULE                    | M  | MODULE                    | M     |
| NOMBRE DE DENTS           | Z  | 64                        | 13    |
| COEFFICIENT DE CORRECTION | X  | +0.5                      | +0.43 |
| DIAMETRE PRIMITIF         | Dp | 192                       | 39    |
| DIAMETRE DE TÊTE          | Dg | 201                       | 47.58 |
| DIAMETRE DE PIED          | Df | 187.5                     | 34.08 |
| ENTRAXE                   | A  | 115.5                     |       |

| DENTURE DROITE INTERIEURE |    | ALEPAGE ARBRE |        |
|---------------------------|----|---------------|--------|
| MODULE                    | M  | ALÉSAGE       | ARBRE  |
| NOMBRE DE DENTS           | Z  | 24            | 24     |
| COEFFICIENT DE CORRECTION | X  | +0.31         | -0.125 |
| DIAMETRE PRIMITIF         | Dp | 48            |        |
| DIAMETRE DE TÊTE          | Dg | 44.50         | 49.5   |
| DIAMETRE DE PIED          | Df | 50.00         | 44.5   |

|            |                       |                   |
|------------|-----------------------|-------------------|
| REP QUANT. | DESIGNATION           | 42COU             |
|            | NOMENCLATURE          | MATIERE           |
|            | ETABLISSEMENT DU PLAN | FOIDS/OBSERVATION |

|           |             |         |
|-----------|-------------|---------|
| PROJ DATE | DESIGNATION | M.TIAR  |
| 10/05/22  |             | DESSINE |
|           |             | VERIFIE |
|           |             | VISE    |

Ce document est la propriété de SIFER et HADJADJAF ne doit être ni communiqué ni copié sans autorisation

SECTEUR: ACE  
IMPUTATION:

MÉTAL SIDER ET HAQMAR ALGERIE

IDENTIFICATION  
ÉQUIPEMENT/MACHINE : PALAN DE LEVAGE POURRE 394  
DÉTAIL PLAN : ROUE DENTEE Z=64

NUMÉRO A  
RAPPELER

|              |    |     |     |   |    |   |
|--------------|----|-----|-----|---|----|---|
| DNI1-C1M-ETD | 8M | 130 | 201 | M | 04 | A |
|--------------|----|-----|-----|---|----|---|

