REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Département du **G**énie Mécanique

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

THEME

Conception d'un réducteur par ingénierie inverse pour une éolienne destinée au pompage d'eau

Présentés par :

Chouli Amira

Bezaz chaima

Proposés et Dirigés par :

Dr. Mohamed Habireche

Prof. Abdellah El-Hadj

Promotion 2023

Remerciements

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail. Et d'une façon toute particulière, on remercie nos chers parents pour leur patience et le bonheur qui nous ont apporté.*

*Nous tenons aussi à remercier vivement notre promoteurs **Dr. MOHAMED HABIRECHE** et **Mr. ABDELLAH EL-HADJ** pour leur encadrement et leurs conseils.*

*Nous tenons à remercier tous les employés de l'entreprise POVAL en particulier l'ingénieur **BEN AICHA*M** et **BOUGHALI*R**, l'ingénieur **MESOIDI*R, IRES*M, KHORCHEF *A** pour tous leurs conseils et leur présence.*

Nos remerciements s'adressent également à Messieurs les jurys pour avoir accepté d'évaluer ce travail, avec l'espoir d'être à la hauteur de leur attente.

Nous remercions également tous les enseignants qui ont contribué à assurer notre formation durant tout notre cycle universitaire.

Enfin, on souhaite exprimer toute notre gratitude à l'ensemble des personnes, qui bien en marge de ce travail, ont contribué largement à son aboutissement. Que ce soit depuis toujours, depuis plusieurs années ou quelques mois seulement, nombreux sont celles et ceux qui ont participé à notre épanouissement. On les remercie sincèrement.



Chouli amira –Bezaz chaima



Dédicace

Je dédie ce mémoire

A qui dieu a confié a confié avec crainte et révérence à celui qui m'a appris à donner sans attendre à celui dont je porte le nom avec fierté

Mon cher père

{SALAH}

Et à mon ange en la vie au sens de l'amour et au sens de la tendresse ……..

Ma chère mère

{SAUDA}

ET ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon académique mes frères……

{IMENE, AMAR, ABED EL-KADER, Abed EL –KARIME, GHAITHE}

Et à ceux qui sont proches du Cœur et supporters dans les bons et le mauvais moment.

{IMENE. CHAIMA .NOURA. FATMA. CHAIMA. SOUHAILA}

…..……...….. *merci* ……

Chouli Amira

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents de ses précieux conseils, de tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour me Permettre de suivre mes études dans les meilleures conditions possibles et de m'avoir toujours Entourés et motivés à sans cesse devenir meilleurs

(Abd Aziz* Alia)

A ma sœur et deux frères

(souria et oussama *ishak)

A mes Oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines sans exception.

(rima *tasnim*samir)

A mes chères amies

(lamis)

A mon cher et prècieux ami

(cherif)

A toutes les personnes qui m'ont aidé de prés et de loin par le fruit de leurs connaissances pendan

A mes collègues d'étude

…….……...…. *merci* ……

Chaima bezaz

Résume

Cette thèse se concentre sur la conception d'un réducteur par ingénierie inverse pour une éolienne spécifiquement conçue pour le pompage d'eau. Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi d'adopter la méthode de l'ingénierie inverse pour analyser le réducteur existant en le décomposant et en identifiant les caractéristiques essentielles de sa conception. Cette approche nous a permis d'obtenir une compréhension détaillée du fonctionnement interne du réducteur et de ses composants.

Ensuite, en utilisant le logiciel de modélisation 3D SolidWorks, nous avons créé un modèle du réducteur en nous appuyant sur les connaissances acquises lors de l'étape d'ingénierie inverse.

Ce logiciel solidworks nous a permis d'explorer différentes configurations et d'optimiser la conception du réducteur en prenant en compte les contraintes spécifiques liées à l'éolienne de pompage d'eau. cette thèse présente une approche la conception d'un réducteur par ingénierie inverse pour une éolienne destinée au pompage d'eau. Les résultats obtenus démontrent l'efficacité de la méthode de l'ingénierie inverse combinée à l'utilisation de SolidWorks pour optimiser la conception du réducteur, en améliorant ses performances et sa fiabilité pour répondre aux exigences spécifiques de l'éolienne de pompage d'eau.

Mots clés : réducteur, éolienne, pompage d'eau, SOLIDWORKS

ملخص

تركز هذه الاطروحة على تصميم علبة التروس ذات الهندسة العكسية لتوربينات الرياح المصممة خصيصا لضخ المياه كجزء من دراستنا اخترنا اعتماد طريقة الهندسة العكسية لتحليل علبة التروس الحالية عن طريق تقسيمها وتحديد الخصائص الاساسية لتصميمها .سمح لنا هذا النهج باكتساب فهم تفصيلي للاعمال الداخلية لعبلة التروس ومكوناتها.

بعد ذلك باستخدام برنامج النمذجةsolid works .انشانا نموذجا لعلبة التروس بناء على المعرفة المكتسبة اثناء خطوة الهندسة العكسية .

سمح لنا برنامج solid works بستكشاف التكوينات المختلفة وتحسين تصميم المخفض من خلال مراعاة القيود المحددة المتعلقة بتوربينات الرياح التي تضخ المياه .تقدم هذه الرسالة مقاربة لتصميم مخفض من خلال الهندسة العكسية لتوربينات الرياح المعدة لضخ المياه .توضح النتائج التي تم الحصول عليها فعالية طريقة الهندسة العكسية جنبا الى جنب مع استخدام solid works لتحسين تصميم علبة التروس وتحسين ادائها وموثوقيتها لتلبية المتطلبات المحددة لتوربينات الرياح لضخ المياه

الكلمات المفتاحية: علبة التروس, توربينات ,الرياح ضخ, solid works

Abstract

This thesis focuses on the design of a reverse engineered gearbox for a wind turbine specifically designed for water pumping. As part of our study, we have chosen to adopt the reverse engineering method to analyze the existing gearbox by breaking it down and identifying the essential characteristics of its design. This approach allowed us to gain a detailed understanding of the inner workings of the gearbox and its components.

Then, using Solid Works 3D modeling software, we created a model of the gearbox based on the knowledge gained during the reverse engineering step.

This solid works software allowed us to explore different configurations and optimize the design of the reducer by taking into account the specific constraints related to the water pumping wind turbine. This thesis presents an approach to the design of a reducer by reverse engineering for a wind turbine intended for water pumping. The results obtained demonstrate the effectiveness of the reverse engineering method combined with the use of Solid Works to optimize the gearbox design, improving its performance and reliability to meet the specific requirements of the water pumping wind turbine. .

Keywords: gearbox, wind turbine, water pumping, SOLIDWORKS

Table des matières

Introduction générale1 1

Chapitre I : Recherche bibliographique

I.1. Généralités sur le système de pompage éolien 2

I.1.1 Historique d'une pompe à eau éolienne 3

I.1.2 Définition de l'énergie éolienne 3

I.1.3 Potentiel éolienne en Alger 4

I.1.4 Définition d'éolienne 4

I.1.5 Différents types d'éoliennes 4

I.1.5.1 Éolien à l'axe horizontal 4

I.1.5.2 Éolien à l'axe vertical 5

I.1.6 Types de pompes à eau éoliennes 5

I.1.6.1 Eoliennes de pompage électrique 5

I.1.6.2 Eoliennes de pompage mécanique 6

I.1.7 Principe de fonctionnement de la pompe éolienne mécanique 7

I.1.8 Les différents types de pompe 7

I.1.8.1 Les pompes à Piston 7

I.1.8.2 Les pompes centrifuges 8

I.1.9 Tige de pompe de moulin à vent 10

I.1.10 Facteurs importants de la pompe à eau du moulin à vent 11

I.1.11 Avantage et inconvénient d'une pompe éolienne 12

I.2 Généralités sur les réducteurs 12

I.2.1 Définition 12

I.2.2 Rapport de réduction 12

I.2.3 Les différentes technologies de réducteurs 12

I.2.3.1 Réducteur à un engrenage 12

I.2.3.1.1 Réducteurs grenages cylindriques/ à arbres parallèles 13

Table des matières

I.2.3.2 Réducteurs à couple conique 14
I.2.3.2 Réducteur à vis sans fin 14
I.2.3.3 Les réducteurs à courroie 15
I..2.3.4 Les réducteurs planétaires 15
I.2.3.4.1 Les réducteurs à train simple 15
I.2.3.4.1.1 À roues cylindriques 16
I.2.3.4.1.2 À roues cylindriques et coniques 16
I.2.3.4.2 Les réducteurs à train épicycloïdal (planétaire) 17
I.2.3.3 Les carters étanches 18
I.2.5 Les avantages et les inconvénients des technologies de réducteurs existantes. 18
I.2.5.1 Réducteurs à engrenages 18
I.2.5.2 Réducteurs à courroies ou à chaînes 18
I.2.5.3 Réducteurs à vis sans fin 18
I.2.5.4 Réducteurs planétaires 19
I.2.6 Principe de fonctionnement d'un réducteur dans une pompe à eau éolienne 19
I.3 Contexte de la recherche 20
I.4 Problématique. 21
I.5 Objectifs de la thèse 21
I.6 Conclusion 21

Chapitre II* : *Généralités sur les engrenages

II.1 Introduction 23
II.2 Définition d'un engrenage 23
II.3 Différentes types d'engrenages 23
II.3.1 Engrenages droits (ou parallèles) à denture droite 24
II.3.1.1 Principales caractéristiques des engrenages parallèles à denture droite 24
II.3.2 Les engrenages coniques 25

II.3.2.1 Principales caractéristiques des engrenages coniques à denture droite.....26
II.3.3 Les engrenages gauches (à vis sans fin).....26
II.3.3.1 Principales caractéristiques des engrenages à roue et vis sans fin 27
III.3.4.1 Les engrenages à axes parallèles à denture hélicoïdal.....27
II.4 Avantages et désavantages des engrenages 28
II.5 Conception des engrenages d'un réducteur 28
II.5.1 Profil des dents.....28
II.5.2 Traitement global et superficiel 28
II.6 Différentes formes de détérioration des engrenages 29
II.6.1 La rupture des dents 29
II.6.2 formation des piqûres.....30
II.6.3 L'usure 30
II.6.4 L'écaillage.....30
II.6.5 Le grippage.....31
II.7 Conclusion 31

Chapitre III : Etude cinématique de réducteur

III.1 Introduction 32
III.2 Choix de turbine éolienne 32
III.2.1 La puissance idéale 32
III.2.2 Calcule vitesse de rotation 33
III.2.3 Calcule de couple nominal 33
III.4 Détermination du module réel 34
III.5 Calcule cinématique 35
III.5.1 Rapport de transmission 35
III.5.2 Détermination de la vitesse de rotation des arbres 35
III.5.2.1 la vitesse de rotation Arbre d'entrée 36

Table des matières

III.5.2.2 la vitesse de rotation Arbre de sortie 36

III.6 Calcule énergétique 36

III.6.1 Calcul de puissance transmise par la Arbres 36

III.6.2 Calcule des couples transmis par les arbres 37

III.7 Calcul des paramètres géométriques des roues 37

III.7.1 Pignon (14 dts) 37

III.7.2 Roues dentées (46 dts 38

III.8 Caractéristique dimensionnelles de l'engrenage 38

III.8.1 Entraxe de deux roues 38

III.9 Calcul des forces dans les engrenages 38

III.9.1 Pour les Pignons 39

III.9.2 Pour les Roues dentées 40

III.10 Calcul des arbres 40

III.10.1 Calculer la réaction 40

III.10.2 Condition limité 41

III.11 Calcul des diamètres des arbres en fonction du moment idéal 43

III.13 Choix et vérification des clavettes 43

III.13.1 Définition 43

III.13.1 montages par clavette 43

III.14 choix du matériau 44

III.14.1 Pour les pignons 45

III.14.2 Pour l'arbre 45

Chapitre IV : conception de réducteur

IV.1 Introduction 46

IV.2 Solid Works 46

IV.3 Pièces de réducteur 47

Table des matières

IV.4 Conception et Modélisation géométrique des éléments du réducteur 48
IV.4.1 Modélisation de corps 48
IV.4.2 Modélisation de Pignon 49
IV.4.3 Modélisation des roues dentées 49
IV.4.4 Modélisation des arbres 50
IV.4.5 Axe de sortie 51
IV.4.6 Modélisation de clavette 51
IV.4.7 Modélisation de bielle 52
IV.4.8 Modélisation de Guide de roue 52
IV.4.9 Modélisation d'axe palier 53
IV.4.10 Modélisation d'axe de bielle 53
IV.4.11 Modélisation de palier 54
IV.4.12 Modélisation de bague 1 54
IV.4.13 Modélisation de bague3 55
IV.4.14 Modélisation de bague2 55
IV.4.15 Modélisation de support 56
IV.4.16 Modélisation de chapeau 56
IV.4.17 Modélisation de moyeu 57
IV.5 Montage et assemblage du réducteur 57
IV.5.1 Assemblage (Arbre d'entrée+ pignon+ corps+ moyeu) 58
IV.5.2 Assemblage (Roue dentée+ Axe de sortie+ l'axe palier + Guide de roue + bielle+ palier) 58
IV.5.3 Assemblage (pignon+ roue dentée) 59
IV.6 Assemblage et Montage finale pour toutes les parties de réducteur 59
IV.7 Conclusion 60
Conclusion générale1 61

[Liste des figures]

Chapitre I : Recherche bibliographique

Figure I.1 : Du moulin à vent à L'éolienne offshore 2

Figure I.2 : Carte des vents de l'Algérie à 10 m d'altitude (m/s 3

Figure I.3 : Les deux types d'éoliennes à axe horizontal 4

Figure I.4 : Eolienne du type DARRIUS 5

Figure I.5 : Eoliennes des types SAVONIUS 5

Figure I.6 : Moulins de pompage 6

Figure I.7 : Composants de la pompe éolienne sous considérations de conception 7

Figure I.8 : Les différents types de pompe 8

Figure I.9 : Tige de pompe moulin à vent 8

Figure I.10 : Tige de pompe à l'intérieur d'un cylindre 8

Figure I.11 : Tige de pompe reliée au piston avec coupelles en cuir 9

Figure I.12 : Clapet anti-retour et crépine 9

Figure I.13 : en descente 9

Figure I.14 : Avant un coup bas 9

Figure I.15 : Ouverture de vanne 9

Figure I.16 : Poste de pompage d'eau 1 10

Figure I.17 : Poste de pompage d'eau 2 10

Figure I.18 : Réservoir de stockage d'eau 10

Figure I.19 : Réducteur à roue cylindrique 13

Figure I.20 : Réducteur à roue conique 13

Figure I.21 : Réducteur à vis sans fin.....14

Figure I.22 : réducteurs à courroie 14

Figure I.23 : Réducteur à roues cylindriques 15

Figure I.24 : Réducteur à train conique 16

Figure I.25 : Train épicycloïdal..... 16

Figure I.26 : carter étanche d'un pompage éolien 17

Figure I.27 : les fonctions techniques réalisées par le carter. 17

Figure I.28 : Arbre de moulin à vent relié à la boîte de vitesses 19

Figure I.29 : Engrenages se déplaçant dans le sens opposé 19

Figure I.30 : éléments de réducteurs 20

Figure I.31 : série de mouvements de haut en bas illustrés comme 20

Chapitre II **:** *Généralités sur les engrenages*

Figure II.1 : Engrenages droites à denture droite 24

Figure II.2 : caractéristiques de la denture droite 25

Figure II.3 : système d'engrenage droit 25

Figure II.4 : Engrenages conique à dentures droite pour arbres parallèles 25

Figure II.5 : Engrenages roues et vis entre arbres orthogonaux..... 26

Figure II.6 : Engrenage droit à denture hélicoïdale pour arbres parallèles 27

Figure II.7 : rupture des dents 30

Figure II.8 : les piqûres sur les dents 30

Figure II.9 : écaillage des dents 31

Chapitre III : Etude cinématique de réducteur

Figure III.1 schéma cinématique de réducteur 34

Figure III.2 les forces sur les dents 38

Figure III.3 montage par clavette 43

Chapitre IV : conception de réducteur

Figure IV.1 : Pièces de réducteur pour une éolienne au pompage d'eau 47

Figure IV.2 : pièces d'assemblage de casque 47

Figure IV.3 : Modèle 3D de corps (Orientation de la vue dessus).....48

Figure IV.4 : Modèle 3D de corps (Orientation de la vue isométriques).....48

Figure IV.5 : Modèle 3D de pignon 49

Figure IV.6 : Modèle 3D de roue dentée (Orientation de la vue dessus) 49

Figure IV.7 : Modèle 3D de roue dentée (Orientation de la vue isométriques) 50

Figure IV.8 : Modèle 3D d'Arbre d'entrée 50

Figure IV.9 : Modèle 3D d'axe de sortie 51

Figure IV.10 : Modèle 3D de clavette 51

Figure IV.11 : Modèle 3D de bielle 52

Figure IV.12 : Modèle 3D de Guide de roue 52

Figure IV.13 : Modèle 3D de l'axe palier 53

Figure IV.14 : Modèle 3D d'axe de bielle 53

Figure IV.15 : Modèle 3D de palier 54

Figure IV.16 : Modèle 3D de bague 54

Figure IV.17 : Modèle 3D de bague 55

Figure IV.18 : Modèle 3D de bague 55

Figure IV.19 : Modèle 3D de support 56

Figure IV.20 : Modèle 3D de couvercle de boite de vitesses 56

Figure IV.21 : Modèle 3D de moyeu 57

Figure IV.22 : Nouveau document solidworks 57

Figure IV.23 : Assemblage d'arbre d'entrée avec les pignons 58

Figure IV.24 : Assemblage d'axe avec roue dentée 58

Figure IV.25 : Assemblage de Pignon avec Roue dentée 59

Figure IV.26 : Assemblage finale de réducteur (Orientation de la vue dessus).....59

Figure IV.27 : Assemblage finale de réducteur (Orientation de la vue isométriques) 60

[Liste du tableau]

Chapitre I : Recherche bibliographique

Tableau I.2 : Les avantages et les inconvénients de Réducteurs à engrenages 18

Tableau I.3 : Les avantages et les inconvénients de Réducteurs à courroies ou à chaînes

Tableau I.4 : Les avantages et les inconvénients de Réducteurs à vis sans fin 18

Tableau I.2 : Les avantages et les inconvénients de Réducteurs planétaires.....19

Chapitre II **:** *Généralités sur les engrenages*

Tableau II.1 : types d'engrenages 23

Tableau II.2 : caractéristiques des engrenages parallèles à denture droite.....24

Tableau II.3 : caractéristiques des engrenages coniques à denture droite.....26

Tableau II. 4 : caractéristiques des engrenages à roue et vis sans fin.....27

Tableau II.5 : caractéristiques de l'engrenage hélicoïdal 28

Tableau II.6 : Avantages et désavantages des engrenages 28

Chapitre III : Etude cinématique de réducteur

TableauIII.1 : Résultats statistiques du site MEDEA.....32

Tableau III.2 Les nombres des dents **34**

Tableau III.3 Angle de pression 34

TableauIII.4 MODULES NORMALISES 35

TableauIII.5 Calcul de Pignon (14 dts) 37

TableauIII.6 Calcul de Roues dentée (46dnts) 38

TableauIII.7 Dimensionnement de clavette 43

Chapitre IV : conception de réducteur

Tableau IV.1 : Noms de Pièces de réducteur pour une éolienne au pompage d'eau.....47

Tableau IV.2 : noms de pièces d'assemblage de casque 48

Liste des symboles

W : vitesse angulaire d ‘entrée (rad/s)

N : la vitesse de rotation de l’arbre de sortie du réducteur (tr/min)

p_1 : Puissance de l’arbre entrée (Kw)

N_m: La vitesse de rotation à vide de réducteur (tr/min)

p_m : Puissance de réducteur Kw

η : Rendement

i : Rapport de transmission

N_i : Vitesse de l’arbre (tr/min)

C : le couple nominale(N.mm)

M : Module

α : L’angle de pression

p : le pas primitif

d_p : Le diamètre primitif (mm)

Z : Nombre de dents

F_T : La force tangentielle(N)

F_R : La force radiale (N)

F_N : La force normale (N)

D : diamètre de L’arbre (mm)

T : Efforts tranchants (N)

M_f : Moment fléchissant(N.mm)

L : longueur de clavette

a : hauteur de clavette (mm)

x : coefficient dépendant de la charge radial

y : coefficient dépendant de la charge axial

M_t : Moment de torsion(N.mm)

Introduction général

L'accès à l'eau potable est une préoccupation majeure dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones rurales où les ressources en eau sont limitées. Les énergies renouvelables, telles que l'énergie éolienne, ont émergé comme une solution prometteuse pour l'approvisionnement en eau potable en offrant une source d'énergie propre, fiable et durable. Cependant, pour rendre cette solution plus efficace et rentable, il est nécessaire de concevoir des systèmes de pompage adaptés aux spécificités du milieu rural.

Dans ce contexte, le développement d'une pompe à eau éolienne nécessite la conception d'un réducteur pour adapter la vitesse de rotation du rotor éolien à celle de la pompe. Cette tâche peut s'avérer complexe et nécessite des compétences en ingénierie mécanique et en fabrication.

L'énergie éolienne est une source d'énergie renouvelable qui a gagné en popularité ces dernières années. Les éoliennes sont utilisées pour produire de l'électricité mais peuvent également être utilisées pour pomper de l'eau. Toutefois, la production d'énergie mécanique par l'éolienne est très variable en raison des variations de la vitesse du vent. Il est donc nécessaire de disposer d'un système qui permet de réguler cette énergie pour une utilisation plus efficace.

Une approche efficace pour concevoir ce réducteur est l'ingénierie inverse, qui consiste à analyser un produit existant pour comprendre son fonctionnement et ses caractéristiques, puis à créer un modèle de conception basé sur ces informations.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons d'appliquer une approche par ingénierie inverse en utilisant le logiciel Solid Works pour concevoir un réducteur adapté à une pompe à eau éolienne. Solid Works est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) largement utilisé dans l'industrie pour créer des modèles 3D et effectuer des simulations virtuelles de mécanismes.

Dans le but de bien comprendre cette étude ; notre travail a été réparti en quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre nous avons fait une recherche générale sur le système complet d’une éolienne et citer les objectifs de la thèse.
- Dans le deuxième chapitre nous avons fait une recherche générale sur les engrenages.
- Dans le troisième chapitre nous avons fait une étude cinématique, le calcul d’engrenage, ainsi que le calcul de dimensionnement de l’arbre.
- Dans le quatrième chapitre nous avons fait la conception du réducteur par logiciel Solid Works.

CHAPITRE I

Recherche bibliographique

I.1. Généralités sur le système de pompage éolien

I.1.1 Historique d'une pompe à eau éolienne

L'énergie éolienne a été domestiquée depuis l'Antiquité. En dehors de la marine à voile, qui a connu son apogée dans les années 1870 avec l'équivalent de 500 MW, les usages traditionnels de l'énergie éolienne ont d'abord valorisé directement l'énergie mécanique produite : entraînement de meules de moulins, pompage de l'eau. Les « moulins à vent » ont ainsi contribué au développement économique de l'Europe, depuis leur introduction au XIIIe siècle jusqu'à leur apogée au XIXe siècle. Des tentatives d'utilisation de l'énergie éolienne pour la production d'électricité ont eu lieu dès la fin du XIXe siècle, avec un certain succès dans des régions bien ventées et ne disposant pas de ressources hydroélectriques. Ainsi, dès 1918, au Danemark, 3 MW d'éoliennes participaient à l'électrification rurale ; la production d'électricité éolienne dans ce pays a atteint 4 millions de kilowattheures au début des années 1940. Après la Seconde Guerre mondiale, ces installations ont été délaissées du fait de l'extension des réseaux interconnectés et des baisses de coût de l'électricité conventionnelle. Cependant, de nombreux prototypes d'aérogénérateurs ont été construits dans le monde dans les années 1950, sans pouvoir toutefois déboucher sur des applications commerciales du fait de la compétitivité sans cesse croissante des combustibles fossiles.

Le premier choc pétrolier, des efforts pour développer à nouveau l'énergie éolienne ont été consentis, en particulier aux États-Unis et en Europe du Nord. Après une période de tâtonnements, souvent marquée par la mise au point de prototypes d'aérogénérateurs géants, il s'est révélé que la bonne stratégie était celle qu'avait choisie dès le début le Danemark. Elle a consisté à perfectionner une solution éprouvée (éoliennes tripales à axe horizontal orientées face au vent) et à augmenter progressivement la puissance des aérogénérateurs, en s'appuyant sur la création de marchés subventionnés donnant une base industrielle suffisante au développement de la filière**. [1]**

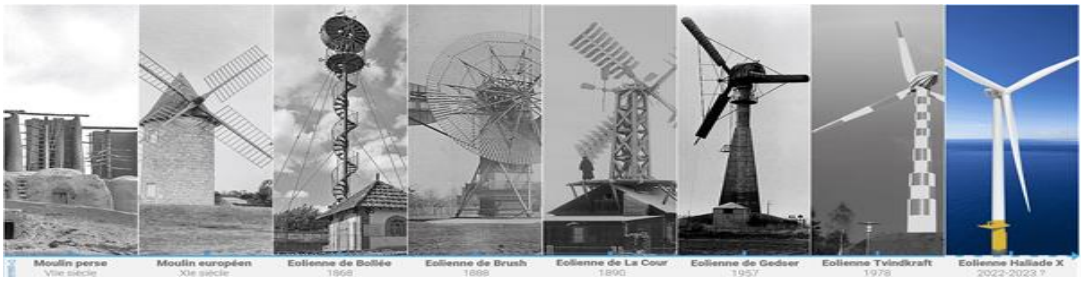


Figure I.1 : Du moulin à vent à L'éolienne offshore **[2]**

I.1.2 Définition de l'énergie éolienne

L'énergie éolienne fait partie des énergies renouvelables. Une éolienne utilise l'énergie cinétique du vent pour entraîner l'arbre de son rotor : le Celle-ci est ensuite convertie en énergie mécanique, elle-même convertie en énergie électrique En couplant un générateur électromagnétique à une éolienne .Ce couplage Si la turbine et l'alternateur ont des vitesses du même ordre, la mécanique peut être directe ordre de grandeur, ou dans le cas contraire réalisé par un multiplicateur. Enfin il L'électricité produite peut être utilisée de plusieurs manières : soit stockée dans accumulateurs, qui sont soit distribués à travers le réseau, soit Au service des familles isolées. Le système de conversion éolienne est également là où la perte est : A titre indicatif, les rotors d'éoliennes ont un rendement de 59% et des multiplicateurs de 96% ; il Les pertes du générateur et de tout système doivent également être prises en compte convertir**. [3]**

I.1.3 Potentiel éolienne en Algérie

La configuration des vents varie selon l'emplacement géographique. Ainsi, dans le nord du pays, les vents sont caractérisés par des vitesses de vent moyennes modérées (1 à 4 m/s), des microclimats autour d'Oran, d'Annaba, de l'Altiplano et de Biskra. Ce potentiel énergétique est important pour le pompage, notamment sur les Hauts Plateaux. La vitesse moyenne du vent dans le sud dépasse 4 m/s, en particulier dans le sud-ouest, et la vitesse du vent à Adrar dépasse 6 m/s. Selon la carte des vents élaborée en Algérie par le Centre de Développement des Energies Renouvelables du CDER (Figure I.2), les conditions de vent en Algérie sont modérées (2 à 6 m/s) .**[4]**

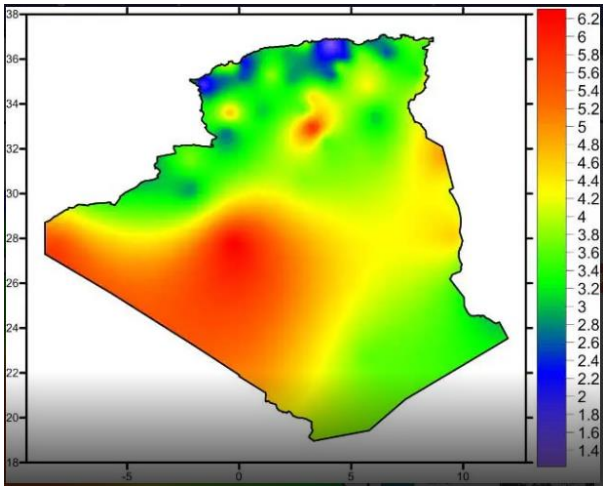


Figure I.2 : Carte des vents de l'Algérie à 10 m d'altitude (m/s**) [5]**

I.1.4 Définition d'éolienne

Un appareil qui convertit l'énergie éolienne en mouvement curviligne qui est ensuite alimenté par un générateur ou actionne directement des machines à des fins telles que moudre du grain ou pomper de l'eau. Cette idée a été développée pendant mille ans. Aujourd'hui, les turbines à air sont largement fabriquées en utilisant différents types de turbines à axe vertical et horizontal. Les petites turbines sont utilisées dans des applications telles que le chargement de batteries, l'alimentation de secours ou la navigation en bateau. Un grand nombre de turbines connectées sont devenues la principale source de production d'électricité dans les bâtiments commerciaux. **[6]**

I.1.5 Différents types d'éoliennes

Les éoliennes peuvent être classées selon leurs axe en deux catégories : celles à axe vertical et celles à axe horizontal

I.1.5.1 Éolien à l'axe horizontal

Les éoliennes à axe horizontal (HAWT) sont les plus populaires. Ils sont basés sur le principe d'une éolienne avec son axe parallèle à la direction du vent. Ce sondeur aérodynamique se caractérise par une efficacité aérodynamique supérieure à celle du sondeur vertical. De plus, il commence de manière autonome avec peu d'éléments au sol. Dans les machines à axe horizontal, il faut distinguer les éoliennes à hélice en amont des éoliennes à hélice en aval. **[7]**

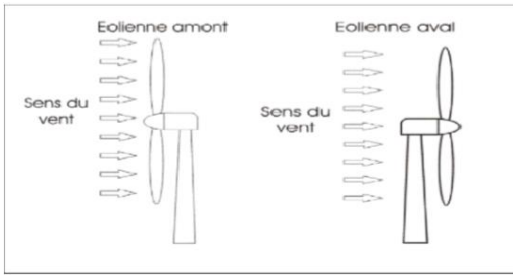
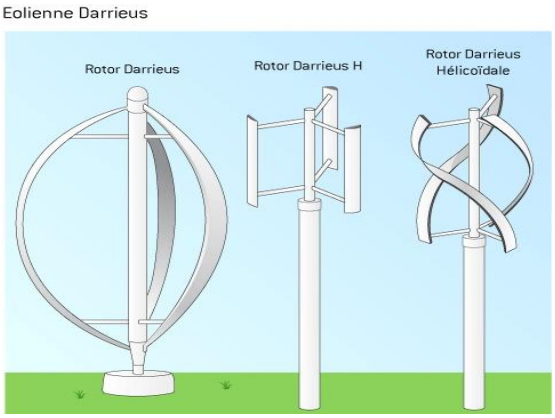


Figure I.3 : Les deux types d'éoliennes à axe horizontal. **[8]**

I.1.5.2 Éolien à l'axe vertical

Les éoliennes à axe vertical sont une technologie de production d'énergie unique dont l'axe est perpendiculaire à la direction du vent. Sa fonction principale est de pouvoir absorber la brise. Ce type aérodynamique est plus coûteux et plus complexe à concevoir que les éoliennes à axe horizontal. Ainsi, une éolienne à axe vertical ne nécessite pas de rafales ou de vents forts, voire violents pour fonctionner, car elle n'a pas besoin de se positionner par

rapport au vent. De plus, elle nécessite moins d'espace que les éoliennes horizontales et peut fonctionner quelle que soit la direction du vent. Les éoliennes à axe vertical sont disponibles en deux modèles : -DARRIEUS –SAVONIUS. **[9]**



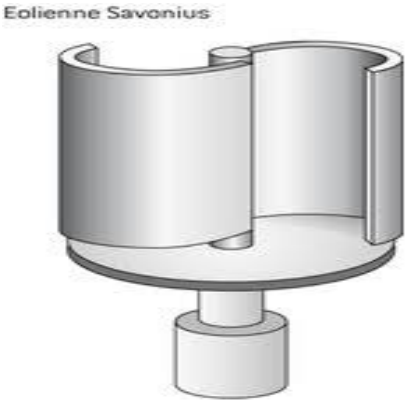


Figure I.4 : Eolienne du type DARRIUS **[10]** **Figure I.5 :** Eoliennes des types SAVONIUS

I.1.6 Types de pompes à eau éoliennes

I.1.6.1 Eoliennes de pompage électrique

Ainsi, au lieu d'utiliser une pompe mécanique, le système de pompes électriques éoliennes a une grande fiabilité et peu d'entretien. Dans ce cas, l'éolienne est utilisée pour exploiter l'énergie éolienne et produire de l'électricité via un générateur électrique et ainsi cette électricité est directement fournie à une pompe électrique. La pompe à eau électrique éolienne présente certains avantages par rapport aux pompes à eau mécaniques conventionnelles telles que

- La pompe électrique éolienne peut être placée à un endroit pratique et n'a pas besoin d'être à proximité du réservoir d'eau.
- Un système d'éolienne peut être installé à un endroit où les ressources éoliennes sont bien bonnes
- Pour maximiser la disponibilité, l'électricité peut être stockée dans une batterie externe et cette puissance peut être utilisée en l'absence de vent. **[11]**

I.1.6.2 Eoliennes de pompage mécanique :

L'éolienne de pompage mécanique traditionnelle utilise un système bielle manivelle monté sur l'arbre du rotor. Elle possède normalement plusieurs pales montées sur un rotor qui tourne relativement lentement.

Le système bielle manivelle transforme le mouvement rotatif de la bielle en un mouvement rectiligne alternatif qui commande la pompe à piston installée dans un puits à la base

d'éolienne. Le mouvement alternatif du piston de la pompe assure le pompage de l'eau. Les éoliennes de pompage mécaniques ont leurs avantages et leurs inconvénients. Elles sont d'un entretien facile et d'un coût abordable. La contrainte principale réside dans le fait qu'elles doivent être installées directement au-dessus du puits, même si l'eau doit être utilisée à une certaine distance de ce puits. **[12]**



Figure I.6 : MOULINS DE POMPAGE **[13]**

I.1.7 Principe de fonctionnement de la pompe éolienne mécanique

Le principe de fonctionnement d'une pompe à eau éolienne repose sur la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, qui est ensuite utilisée pour actionner une pompe à eau. La pompe à eau peut être de différents types, tels qu'une pompe à piston ou une pompe centrifuge.

Le vent actionne les pales de l'éolienne, qui transforment l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation. Cette énergie est ensuite transmise à l'arbre de transmission de l'éolienne, qui est relié à un réducteur pour augmenter la vitesse de rotation. Le réducteur est ensuite connecté à la pompe à eau, qui transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique pour pomper l'eau.

Le système de pompage peut être direct, c'est-à-dire que l'arbre de l'éolienne est directement connecté à la pompe, ou indirect, où un moteur hydraulique est utilisé pour faire tourner la pompe. Le choix du système dépend de la taille de l'éolienne, de la vitesse de rotation requise pour la pompe, ainsi que de l'efficacité du système dans les conditions de vent disponibles.

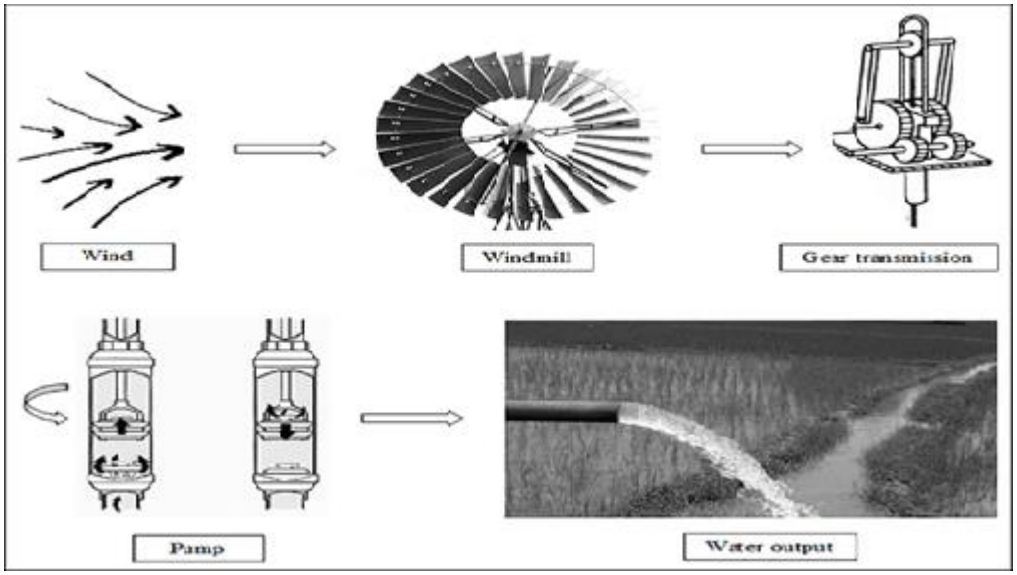


Figure I.7 : Composants de la pompe éolienne sous considérations de conception**. [14]**

I.1.8 Les différents types de pompe :

I.1.8.1 Les pompes à Piston

Elles utilisent un piston qui effectue un mouvement rectiligne dans un cylindre muni de valves, qui régulent le débit du liquide dans le cylindre. Ces pompes sont à simple ou à double effet. Dans une pompe à simple effet, l'action de pompage ne s'effectue que sur une seule face du piston, comme dans les pompes aspirantes manuelles classiques.. Dans les pompes à double effet, l'action de pompage s'effectue sur les deux faces du piston, comme dans les pompes électriques ou dans les pompes à vapeur utilisées pour alimenter les chaudières. Ces pompes sont monocellulaires ou multicellulaires. Les pompes volumétriques à piston multicellulaires sont dotées de plusieurs cylindres en série**. [15]**

I.1.8.2 Les pompes centrifuges

Elles sont munies d'une turbine ou rotor, immergée dans le liquide. Le liquide pénètre dans la pompe par un orifice situé à proximité de l'axe du rotor. Ce dernier chasse le liquide sous haute pression vers les extrémités des aubes fixes. Le rotor donne une vitesse relativement importante au liquide. Cette énergie cinétique est convertie en force de pression dans la partie fixe de la pompe ou diffuseur. Dans les pompes à haute pression, de nombreux rotors peuvent être montés en séries. Les diffuseurs peuvent être munis d'ailettes, afin de réduire progressivement la vitesse du liquide. Dans les pompes à faible pression, le diffuseur est souvent un conduit en spirale ou volute qui réduit efficacement la vitesse. Le rotor doit être amorcé avant de pouvoir fonctionner. On place un clapet de retenue dans le tuyau d'aspiration.

Ce clapet retient le liquide dans la pompe lorsque le rotor est à l'arrêt. S'il n'y a pas de clapet, la pompe doit être amorcée par un apport extérieur de liquide par décharge à partir d'un réservoir. Une pompe centrifuge est souvent munie d'une valve placée dans le tuyau d'évacuation pour contrôler le débit et la pression. **[15]**

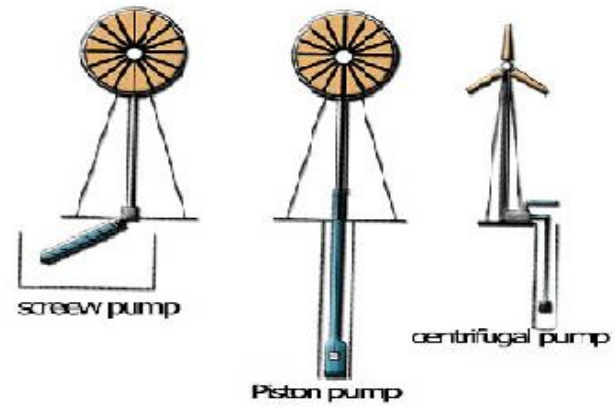


Figure I.8 : Les différents types de pompe **[15]**

I.1.9 Tige de pompe de moulin à vent

La roue de guidage est reliée à une tige de pompe qui est prolongée dans le sol. La tige de pompe traverse un tuyau de descente cylindrique à l'intérieur du sol. **[15]**

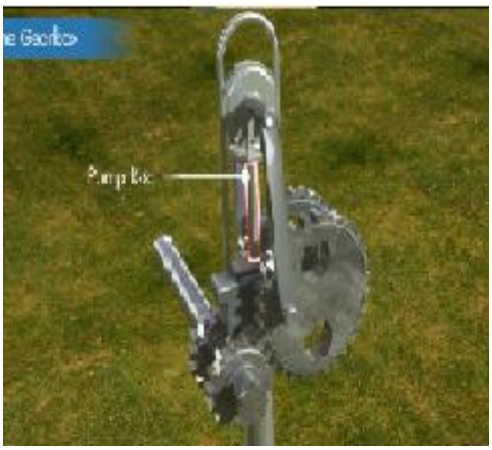


Figure I.9 : Tige de pompe moulin à vent



Figure I.10 : Tige de pompe à l'intérieur d'un cylindre[**15]**

La tige de pompe est reliée à un piston qui agit comme un piston et a des coupelles en cuir pour maintenir le piston en contact direct avec la paroi cylindrique et permet à l'eau de passer uniquement à travers la valve lorsque le piston effectue une course descendante. Il y a un

Clapet anti-retour similaire au bas du cylindre qui est monté sur une crépine sous le niveau de l'eau dans le sol. **[15]**

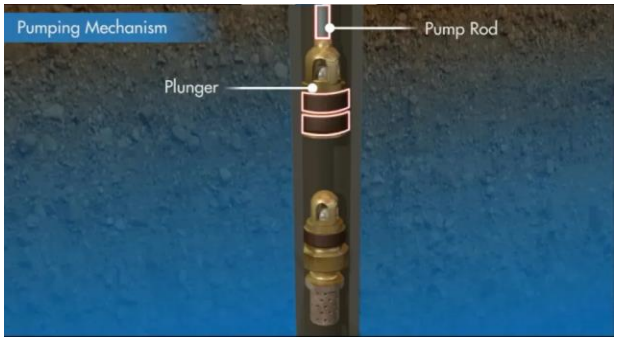


Figure I.11 : Tige de pompe reliée au piston avec coupelles en cuir **[15]**

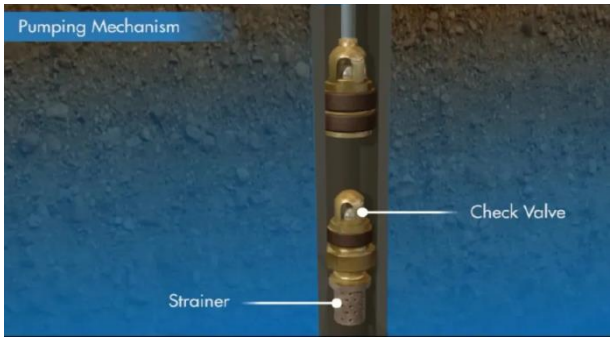
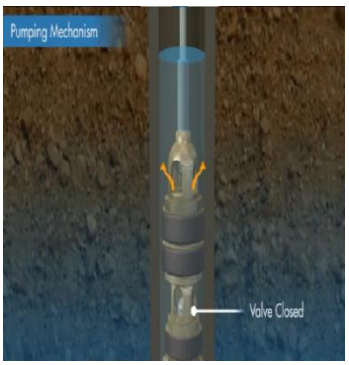


Figure I.12 : Clapet anti-retour et crépine **[15]**

Lors d'une course descendante, l'eau est retenue dans un cylindre par un clapet anti-retour et le piston descend vers le bas pendant que l'eau passe à travers le clapet du piston.

À chaque montée de la pompe, le piston pousse un cylindre plein d'eau dans le tuyau de descente et vers le réservoir de décharge.





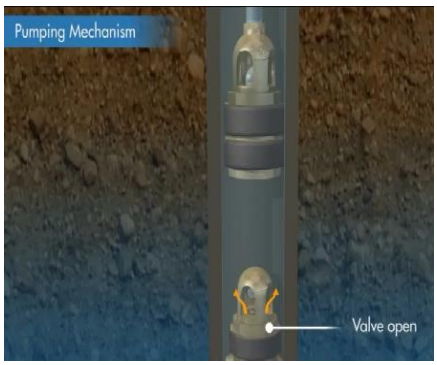


Figure I.13 :en descente **Figure I.14 :** Avant un coup bas **Figure I.15** :Ouverture de vanne **[15]**

D’où le pompage de l'eau

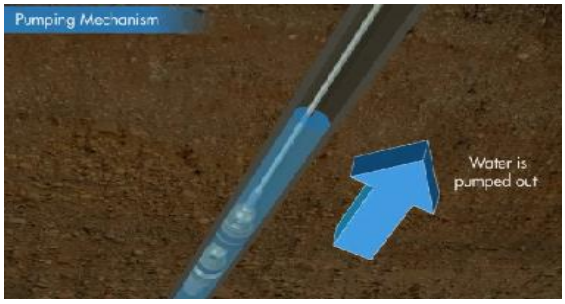


Figure I.16 : Poste de pompage d'eau 1



Figure I.17 : Poste de pompage d'eau 2



Figure I.18 : Réservoir de stockage d'eau **[15]**

I.1.10 Facteurs importants de la pompe à eau du moulin à vent

Lors du choix d'une pompe à eau pour éolienne, certains facteurs doivent être pris en compte lors de la prise de décision. Connaître ces facteurs vous aidera à prendre une décision éclairée qui répond à vos besoins en matière de pompage d'eau. La quantité d'eau qu'une éolienne peut pomper dépend des paramètres suivants

- **Le nombre de pales de l'éolienne :** Il a un impact direct sur le démarrage de l'éolienne. Donc, si vous êtes dans une région à faible vitesse de vent, il est préférable d'avoir plus de pales car elles élargissent la zone pour capter l'énergie éolienne.
- **Vitesse du vent :** plus la vitesse du vent n'est élevée, plus la puissance du vent pouvant être captée par les pales d'éoliennes est élevée.
- **Taille du cylindre de la pompe éolienne** : la taille du cylindre de la pompe éolienne détermine la quantité d'eau qu'il peut stocker
- **Débit et tête** : la vitesse à laquelle l'éolienne pompe l'eau est appelée débit et la hauteur à laquelle elle délivre l'eau est appelée tête. Le débit et la tête sont inversement proportionnels l'un à l'autre. Plus la tête serait élevée, plus les pertes par frottement dans le tuyau sont élevées, ce qui entraîne un faible débit d'eau de pompage.

- **Taille de la roue de l'éolienne et de la pompe :** le diamètre du rotor de l'éolienne et la taille de la pompe doivent être adaptés en fonction de vos besoins en matière de pompage d'eau. Par exemple, si vous avez placé une grosse pompe et de petites pales de rotor d'éolienne dans un puits profond, à faible vitesse de vent, cela ne produira pas un couple suffisant pour élever l'eau à la hauteur requise. Il en va de même, lorsqu'une pompe de petite taille est installée par rapport à de grandes pales d'éoliennes, dans ce cas, même à des vitesses de vent élevées, la pompe à sa capacité la plus élevée n'extraira qu'une fraction de l'eau, qui ne remplit pas l'eau exigences. Donc, pour éviter la surcapacité ou la sous-capacité, les deux doivent être correctement appariés. [**15]**

I.1.11 Avantage et inconvénient d'une pompe éolienne

Les pompes éoliennes sont utilisées pour pomper l'eau ou d'autres fluides en utilisant l'énergie éolienne pour alimenter la pompe. Voici quelques avantages et inconvénients de l'utilisation des pompes éoliennes :

Tableau I.1 : *Avantage et inconvénient d'une pompe éolienne*

Avantage	Inconvénient
➢ Énergie renouvelable : les pompes éoliennes utilisent l'énergie éolienne, qui est une source d'énergie renouvelable et inépuisable. ➢ Coût d'exploitation réduit : les pompes éoliennes ne fourniront pas d'électricité ou de carburant pour fonctionner, ce qui réduira les coûts d'exploitation. ➢ Facilité d'installation : les pompes éoliennes sont faciles à installer et peuvent être utilisées dans des endroits éloignés où l'accès à l'électricité est limité ou inexistant. ➢ Faible entretien : les pompes éoliennes ont peu de pièces mobiles et peut-être peu d'entretien.	➢ Dépendance aux conditions météorologiques : les pompes éoliennes ne fonctionnent que lorsqu'il y a suffisamment de vent, ce qui peut être un inconvénient dans les zones où les vents sont peu fréquents ou irréguliers. ➢ Coût initial élevé : les coûts initiaux d'installation d'une pompe éolienne peuvent être élevés, ce qui peut décourager certains utilisateurs potentiels. ➢ Faible capacité : les pompes éoliennes ont une capacité limitée et ne sont généralement pas adaptées aux besoins en eau des grandes exploitations agricoles ou des zones urbaines densément peuplées. ➢ Bruit : les pompes éoliennes produisent un certain bruit lorsqu'elles fonctionnent, ce qui peut être un inconvénient dans les zones résidentielles ou sensibles au bruit

I.2 Généralités sur les réducteurs

I.2.1 Définition

Le réducteur est un ensemble d'organes mécaniques comprenant un générateur de puissance (moteur), des engrenages, des mécanismes entraînés (accouplements, frein), des structures servant de support (arbres, paliers) généralement incorporés dans un carter. Chacun des composants influe sur le comportement dynamique du réducteur.

I.2.2 Rapport de réduction

$$K = \frac{N_r}{N_m} \qquad \{I.1\}$$

$k = 1 \Rightarrow N_r = N_m$

$k < 1 \Rightarrow N_r < N_m \Rightarrow$ Réducteur

$k > 1 \Rightarrow N_r > N_m \Rightarrow Multiplicateur$

I.2.3 Raison d'un réducteur

$$r = (-1)^n \frac{\prod Z\ menantes}{\prod Z\ menées} \qquad \{I.2\}$$

n : Nombre de contacts extérieurs.

$\prod$: Produit

Z : Nombre de dents

Si r est positif, même sens de rotation entre l'entée et la sortie.

Si r est négatif, sens contraire de rotation entre l'entrée et la sortie.

Remarque : l'équation {I.2} ne s'applique que pour les engrenages ou trains d'engrenages cylindriques.

I.2.3 Les différentes technologies de réducteurs

I.2.3.1 Réducteur à un engrenage

C'est un réducteur ou on utilise seulement des engrenages (roue dentée À en / pignon). **[16]**

I.2.3.1.1 Réducteurs grenages cylindriques/ à arbres parallèles

La fonction de ce réducteur est de relier un arbre moteur et un arbre à entraîner parallèles, en réduisant ou en multipliant la vitesse motrice.

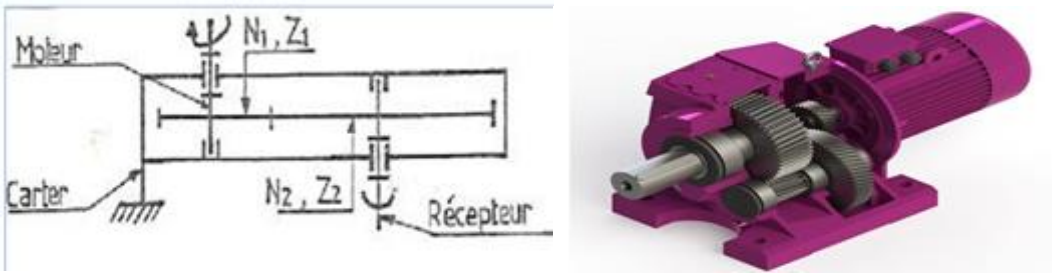


Figure I.19 : Réducteur à roue cylindrique **[17]**

$$k = \frac{N_2}{N_1} \qquad r = (-1)^1 \frac{Z_1}{Z_2} = -\frac{Z_1}{Z_2} \} \qquad \{\mathbf{I.3}\}$$

K : rapport de réduction

❖ **Caractéristiques techniques :**

- Les arbres d'entrée et de sortie sont parallèles ou coaxiaux.
- Arbre de sortie plein ou creux traversant (pour les arbres parallèles).

I.2.3.2 Réducteurs à couple conique

Les réducteurs à couple conique ont un rendement élevé quelques que soient le sens du couple et la vitesse d'entrée. Ils sont peu gourmands en énergie et nécessite peu d'entretien. D'une utilisation universelle, ils ont une grande longévité grâce à la robustesse de leur denture qui leur confère puissance et résistance à l'usure, tant avec des moteurs asynchrones triphasés qu'avec des servomoteurs asynchrones ou synchrones. **[18].**

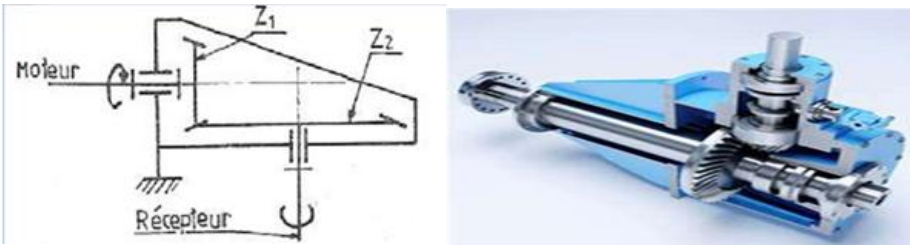


Figure I.20 : Réducteur à roue conique **[17]**

$$k = \frac{N_2}{N_1} \qquad r = \frac{Z_1}{Z_2} \} \qquad \{\mathbf{I.4}\}$$

❖ **Caractéristiques techniques**

- Souvent constitué d'un couple conique et d'une autre technologie d'engrenages.
- Les arbres d'entrée et de sortie sont perpendiculaires.
- Rapport de réduction compris entre 1 et 5 du couple conique
- Rapport de réduction global composé, avec un ou plusieurs trains à engrenages cylindriques
- Arbre de sortie plein ou creux traversant**.**

I.2.3.2 Réducteur à vis sans fin

Ils utilisent une vis sans fin et une roue dentée pour réduire la vitesse de rotation. Les réducteurs à vis sans fin sont couramment utilisés dans les applications industrielles nécessitant un couple de sortie élevé et une faible vitesse de rotation.

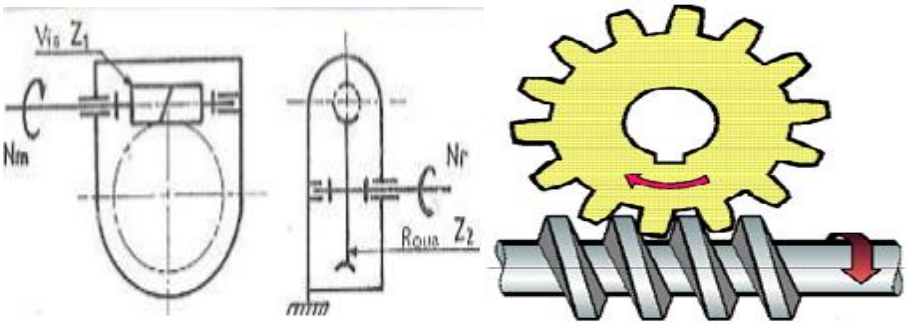


Figure I.21 : Réducteur à vis sans fin **[18]**

$$k = \frac{N_2}{N_1} \qquad \{I.5\}$$

❖ **.Caractéristiques techniques :**

- Les arbres d'entrée et de sortie sont perpendiculaires,
- Rapport de réduction compris pouvant aller jusqu'à 1/30.
- Arbre de sortie plein ou creux traversant,
- Irréversibilité pour les rapports élevés**. [16]**

I.2.3.3 Les réducteurs à courroie

Ils utilisent une courroie pour transmettre le couple et réduire la vitesse de rotation. Les réducteurs à courroie sont couramment utilisés dans les applications industrielles nécessitant une transmission de puissance silencieuse et sans entretien.

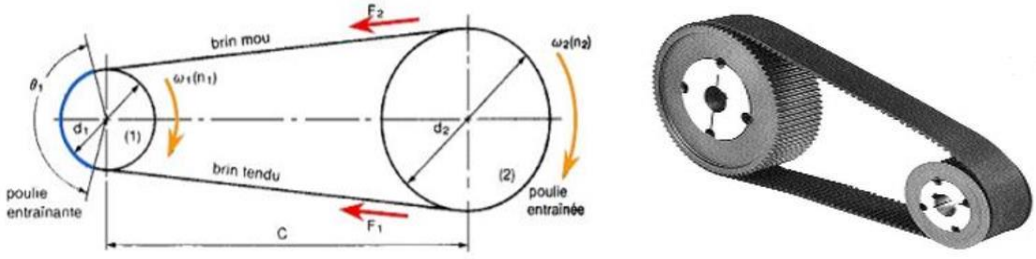


Figure I.22 : réducteurs à courroie **[18]**

$$k = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{R_e}{R_s} \qquad \{I.6\}$$

Avec :

***ωe** : vitesse angulaire d'entrée.*

***ωs** : vitesse angulaire de sortie.*

***Re** : rayon de la poulie d'entrée*

***Rs** : rayon de la poulie de sortie.*

❖ **Caractéristiques techniques**

- La courroie est utilisée avec des poulies, et parfois avec un galet tendeur.
- L'entraînement s'effectue par adhérence pour les courroies plates, rondes, trapézoïdales et striées ; ces courroies sont qualifiées d'asynchrones car le glissement et éventuellement le « patine ment », ne permettent pas de garantir la position et la vitesse de sortie.
- L'entraînement s'effectue par obstacle pour les courroies dentées, qui sont également qualifiées de synchrones. Ces dernières permettent une transmission de mouvement avec positionnement : comme par exemple les chaînes et les engrenages.
- La courroie synchrone de transmission de puissance, de transfert ou de transport reste un élément indispensable à toutes les machines. **[18]**

I..2.3.4 Les réducteurs planétaires

Ils utilisent un ensemble de planètes tournant autour d'un engrenage central pour réduire la vitesse de rotation. Les réducteurs planétaires sont couramment utilisés dans les applications automobiles, les transmissions de puissance et les robots industriels

I.2.3.4.1 Les réducteurs à train simple

I.2.3.4.1.1 À roues cylindriques

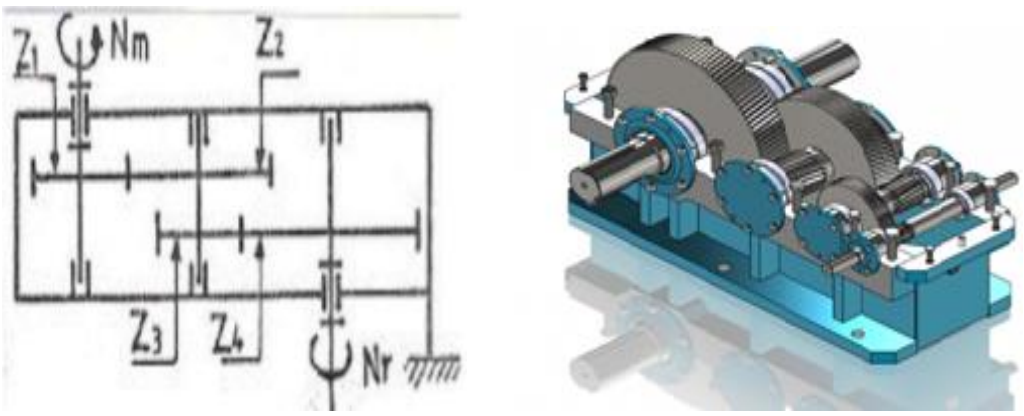


Figure I.23 : Réducteur à roues cylindriques **[19]**

$$k = \frac{N_4}{N_1} \qquad r = (-1)^{2} \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} \Big\} \qquad \{\mathbf{I.7}\}$$

I.2.3.4.1.2 À roues cylindriques et coniques

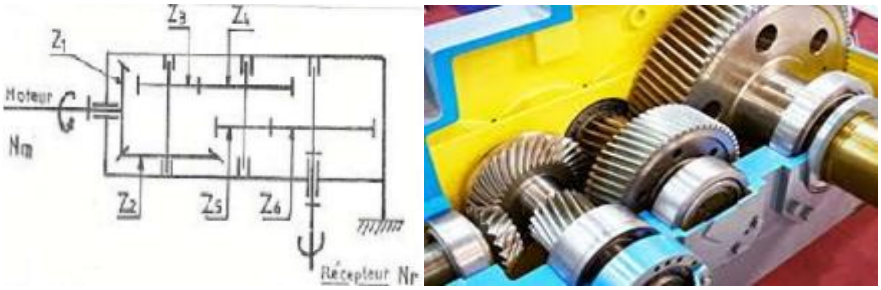


Figure I.24 : Réducteur à train conique **[19]**

$$K = \frac{N_6}{N_1} \qquad r = (-1)^{2} \frac{Z_1 Z_3 Z_5}{Z_2 Z_4 Z_6} \Big\} \qquad \{\mathbf{I.8}\}$$

I.2.3.4.2 Les réducteurs à train épicycloïdal (planétaire):

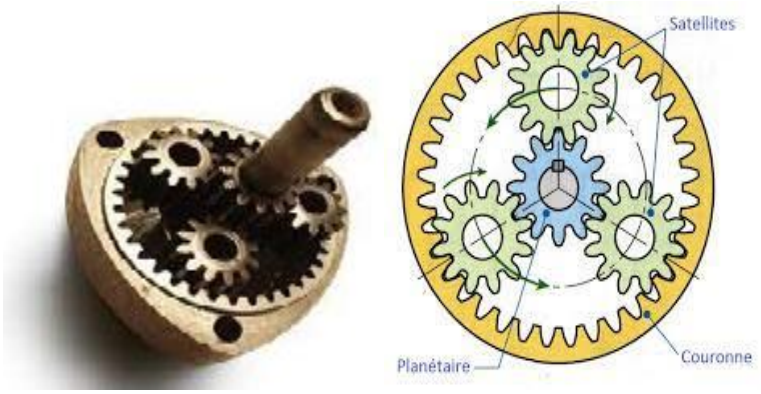


Figure I.25 : Train épicycloïdal **[17]**

I.2.3.3 Les carters étanches

Utilisez ce type pour réduire la vitesse d'essorage. Il est couramment utilisé dans les applications industrielles qui nécessitent un couple élevé et une faible vitesse de rotation. Comme {éolienne de pompage}

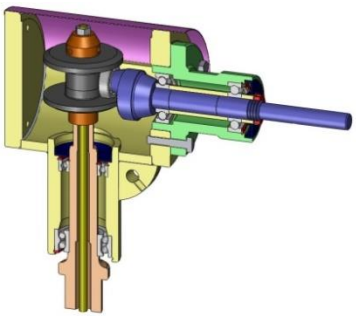


Figure I.26 : carter étanche d'un pompage éolien **[20]**

Il se compose de plusieurs pièces de base :

- Capot tôle
- Nez de roue
- Arbre de roue D25
- Roulement radial à une rangée de billes 15x42x13
- Bobine
- Axe du pivot

❖ **Identification des fonctions assurées par le carter**

Le diagramme pieuvre présenté ci-dessous permet de mettre en évidence les fonctions techniques réalisées par le carter. **[20]**

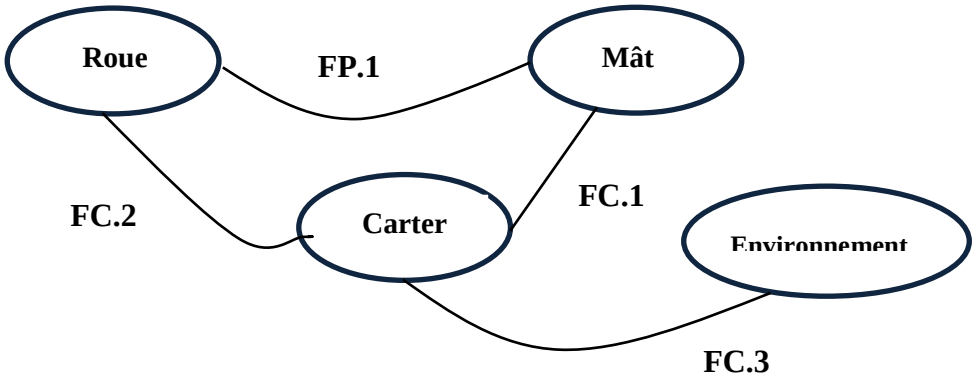


Figure I.27 : les fonctions techniques réalisées par le carter.

-**FP.1** : Assurer un positionnement correct de l'axe de roue par rapport au mât.

-**FC.1** : Permettre l'orientation de la tête par rapport au mât.

-**FC.2** : Guider en rotation l'arbre de roue.

-**FC.3** : Protéger de l'environnement (intempéries).

I.2.5 Les avantages et les inconvénients des technologies de réducteurs existantes

Voici quelques avantages et inconvénients des technologies de réducteurs les plus courantes :

I.2.5.1 Réducteurs à engrenages

Tableau I.2 *: Les avantages et les inconvénients de Réducteurs à engrenages*

Avantage	Inconvénients
➢ Grande capacité de transmission de couple ➢ Bonne fiabilité et durabilité ➢ Peu de perte d'énergie	➢ Bruyants et nécessitent souvent une lubrification régulière ➢ Généralement plus lourds que d'autres technologies de réducteurs ➢ Coût élevé

I.2.5.2 Réducteurs à courroies ou à chaînes

Tableau I.3 *: Les avantages et les inconvénients de Réducteurs à courroies ou à chaînes*

Avantages	Inconvénients
➢ Peuvent être conçus pour une large gamme de rapports de transmission ➢ Peuvent absorber les chocs et les vibrations ➢ Faible coût	➢ Moins efficaces que les réducteurs à engrenages ➢ Usure et tension de la courroie ou de la chaîne nécessitant un remplacement régulier ➢ Nécessitent une maintenance régulière

I.2.5.3 Réducteurs à vis sans fin:

Tableau I.4 *: Les avantages et les inconvénients de Réducteurs à vis sans fin*

Avantages	Inconvénients
➢ Grande réduction de vitesse possible ➢ Fonctionnement silencieux ➢ Peuvent être inversés	➢ Moins efficaces que les réducteurs à engrenages ➢ Coûteux ➢ Tendance à l'échauffement, ce qui peut nécessiter un refroidissement

I.2.5.4 Réducteurs planétaires

Tableau I.2 *: Les avantages et les inconvénients de Réducteurs planétaires*

Avantages	Inconvénients
➢ Grande capacité de transmission de couple ➢ Faible jeu de fonctionnement ➢ Peu de perte d'énergie	➢ Coûteux ➢ Nécessitent une maintenance régulière ➢ Besoin de lubrification régulière

I.2.6 Principe de fonctionnement d'un réducteur dans une pompe à eau éolienne

Le fonctionnement du réducteur repose sur des engrenages qui permettent de réduire la vitesse de rotation de l'axe de l'éolienne en la transmettant à l'axe de la pompe à eau.

Le moyeu de roue est relié à un arbre qui s'étend jusqu'à la boîte de vitesses. L'arbre entraîne le mécanisme d'engrenage pour convertir le mouvement de rotation en mouvement de haut en bas.

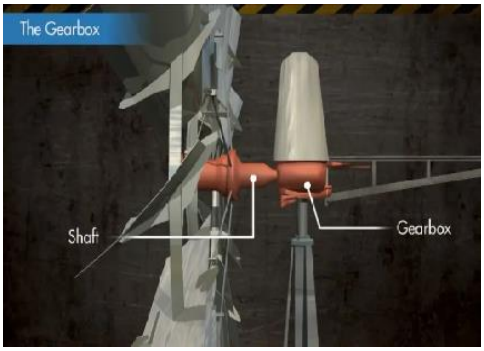


Figure I.28 : Arbre de moulin à vent relié à la boîte de vitesses **[15]**

L'arbre qui est relié au moyeu de roue comporte deux engrenages montés dessus dans la boîte de vitesses. Lorsque les engrenages tournent le long de l'arbre, les plus gros engrenages qui leur sont engrenés tournent dans le sens opposé**. [15]**

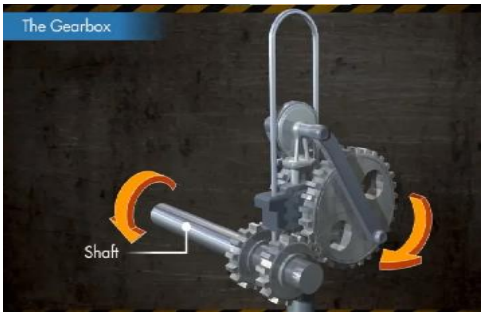


Figure I.29 : Engrenages se déplaçant dans le sens opposé **[15]**

Les plus gros engrenages sont reliés à une roue de guidage par les bras du Pittman. La roue de guidage est montée sur un guide Pittman qui lui permet de glisser de haut en bas avec le mouvement de rotation des engrenages connectés.

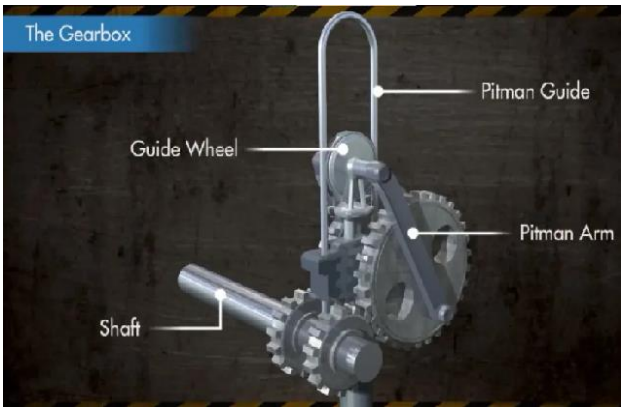


Figure I.30 : éléments de réducteurs **[15]**

Une série de mouvements de haut en bas illustrés comme



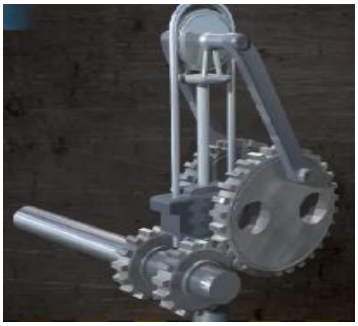
Mouvement vers le haut 1



Mouvement vers le haut 2



Mouvement vers le haut 3



Mouvement vers le bas 1



Mouvement vers le bas 1



Mouvement vers le bas 1

Figure I.31 : série de mouvements de haut en bas illustrés comme **[15]**

I.3 Contexte de la recherche

L'utilisation de l'énergie éolienne pour pomper de l'eau est une technique largement utilisée dans les zones rurales où l'accès à l'électricité est limité. Les pompes à eau éoliennes sont une alternative écologique et économique aux pompes à essence ou électriques. Cependant, l'efficacité de ces pompes dépend de plusieurs facteurs, dont le réducteur utilisé pour convertir la vitesse de rotation élevée de l'éolienne en une vitesse plus faible pour la pompe. La conception et la fabrication d'un réducteur adapté aux besoins d'une pompe à eau éolienne peuvent améliorer significativement l'efficacité de la pompe et donc son utilisation dans les zones rurales. Dans ce contexte, cette thèse de master se concentrera sur la conception et la réalisation d'un réducteur pour une pompe à eau éolienne, en vue d'améliorer les performances et l'efficacité de la pompe.

I.4 Problématique

Comment concevoir et réaliser un réducteur adapté à une pompe à eau éolienne, en prenant en compte les contraintes techniques, économiques et environnementales ? Comment assurer un rendement énergétique optimal tout en minimisant les coûts de fabrication et de maintenance du réducteur ? Comment assurer une durabilité et une fiabilité suffisantes pour garantir un fonctionnement optimal de la pompe à eau éolienne sur le long terme ?

I.5 Objectifs de la thèse

Analyser un réducteur existant et comprendre son fonctionnement afin de concevoir un réducteur adapté à une pompe à eau éolienne. En utilisant SolidWorks, créer un modèle 3D du réducteur existant et effectuer des simulations pour évaluer sa performance.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté quelques définitions et généralités sur l'énergie éolienne destinées au pompage, puis un bref aperçu sur les différents types d'éoliens et de pompe, ainsi on a présenté quelques convertisseurs les plus utilisés, et le principe de leurs fonctionnement.

Lors du choix d'un réducteur, il est nécessaire de prendre en considération de nombreuses caractéristiques : rendement, encombrement, poids, prix de fabrication et d'entretien.

Lorsque le rapport de transmission imposé est important, il faut utiliser un réducteur à plusieurs couples d'engrenages.

CHITRE **II**

Généralités sur les engrenages

II.1 Introduction

Les engrenages sont utilisés dans toutes les branches de la mécanique et constituent des organes de transmission et de puissance les plus répandus dans les domaines les plus variés de la construction mécanique, à savoir les divers appareils et machines tels que les machines-outils, les véhicules, les appareils de levage, etc....

Faisant partie des mécanismes principaux et auxiliaires, les engrenages transmettent le mouvement avec un très bon rendement énergétique. La variation de vitesse obtenue entre l'entrée et la sortie ne dépend que du nombre de dents des pièces en contact. **[21]**

II.2 Définition d'un engrenage

Un engrenage est mécanisme élémentaire composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable. L'une des roues entraine l'autre par l'action des dents successivement en contact. La roue qui a le plus petit nombre de dents est appelée pignon.

Suivant la position relative des axes des roues on distingue :

- Les engrenages parallèles (axes parallèles)
- Les engrenages concourants (axes concourants)
- Les engrenages gauches (les axes ne sont pas dans un même plan)

Une combinaison d'engrenages est appelée train d'engrenages. **[22]**

II.3 Différentes types d'engrenages

Les engrenages sont classés en différentes catégories caractérisées par : la position relative des axes des arbres d'entrée et de sortie, la forme extérieure des roues dentées et le type de denture. Les différentes forme d'engrenage et la fonction qu'ils ont à réaliser ce d'écrite dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : *types d'engrenages* **[23]**

Les engrenages droits (à axes parallèles)	Les engrenages coniques (à axes concourantes)	Les engrenages gauches
		

II.3.1 Engrenages droits (ou parallèles) à denture droite

Les plus simples et les plus économiques. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement et la puissance entre deux arbres parallèles. Les dents des deux roues de l'engrenage sont parallèles à l'axe de rotation des arbres. **[24]**

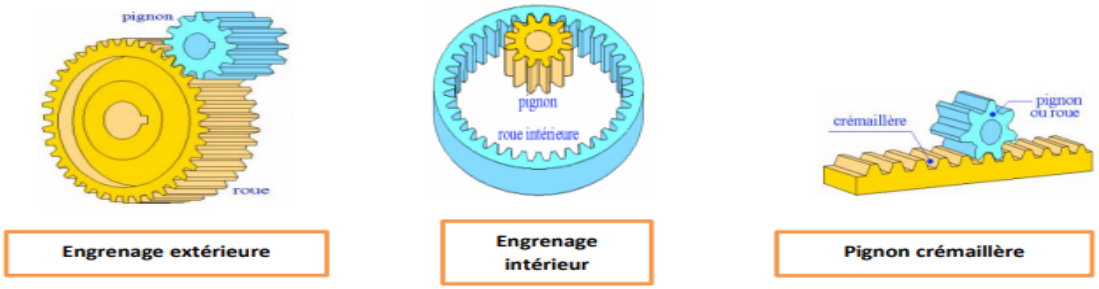


Figure II.1 : Engrenages droites à denture droite

II.3.1.1 Principales caractéristiques des engrenages parallèles à denture droite

Toutes les Rous à denture droite et de même module engrènent entre elles, quels que soient leur diamètre et leur nombre de dents. **[22]**

Tableau II.2 : *caractéristiques des engrenages parallèles à denture droite*

Caractéristique	Symbole	Formules
module	m	Déterminé par la résistance des matériaux
nombre de dents	z	Déterminé à partir des rapports des vitesses $\frac{n_A}{n_B}=\frac{z_B}{z_A}$
pas (pas primitif)	p	$p = m.\pi$
Saillie	h_a	$h_{a=m}$
Creux	h_f	$h_f = 1.25m$
hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2.25m$
diamètre primitif	d	$d=m.z$
diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2m$
diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2.5m$
entraxe	a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = m\frac{z_A + z_B}{2}$
rapport de réduction	r	$r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2}$
largeur de denture	b	$b=k.m$((avec $8 \leq k \leq 10$)

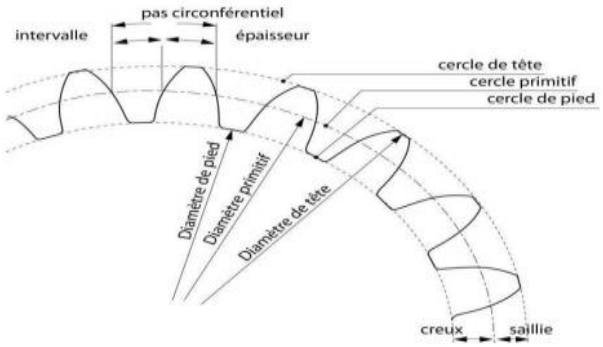


Figure II.2 : caractéristiques de la denture droite **[25]**

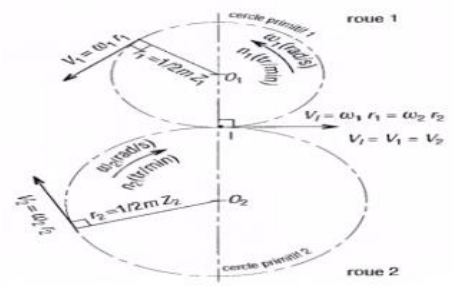


Figure II.3 : système d'engrenage droit **[26]**

II.3.2 Les engrenages coniques

Les roues assurant la transmission sont coniques. Afin d'assurer une transmission sans glissement les sommets des roues d'un engrenage concourant doivent être confondus avec les point de rencontre S des axes de chaque roue. L'étude est limitée aux roues coniques à denture droite.

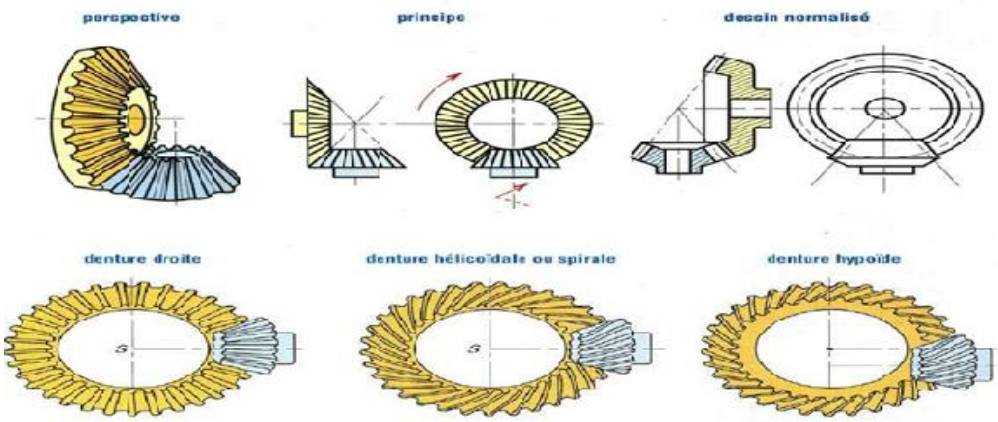


Figure II.4 : Engrenages conique à dentures droite pour arbres parallèles [**22]**

II.3.2.1 Principales caractéristiques des engrenages coniques à denture droite

Deux roues coniques n'engrènent correctement que si les modules sont égaux et si les modules sont égaux et si les cônes primitifs ont à la fois une génératrice commune et leurs sommets confondus**. [22]**

Tableau II.3 : *caractéristiques des engrenages coniques à denture droite*

Caractéristique	Symbole	Formules
module	m	Déterminé par la résistance des matériaux et choisi dans les modules normalisés 47-12
nombre de dents	z	
Largeur de dents	b	Pour des raisons de taillage $\frac{1}{4}L < b < \frac{1}{3}L$
saillie	h_a	$h_{a=m}$
creux	h_f	$h_{f=1.25m}$
hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2.25m$
diamètre primitif	d	$d_A = m.z_A \quad ; \quad d_B = m.z_B$
diamètre de tête	d_a	$d_{aA} = d_A + 2m\cos\delta_A \; ; \; d_{aB} = d_B + 2m\cos\delta_B$
diamètre de pied	d_f	$d_{fA} = d_A - 2.5m\cos\delta_A \; ; \; d_{fB} = d_B - 2.5m\cos\delta_B$
Angles primitifs	δ	$tg\,\delta_A = \frac{z_A}{z_B} \quad ; \quad tg\delta_B = \frac{Z_B}{Z_A}$
Angle de saillie	θ_a	$tg\theta_a = \frac{m}{l} \quad avec\ l = \frac{d_A}{2sin\delta_A}$
Angle de creux	θ_f	$tg\theta_f = \frac{1.25m}{l} \quad avec\ l = \frac{d_A}{2sin\delta_A}$
Angle de pied	δ_f	$\delta_{fA} = \delta_A - \theta_A \quad ; \delta_{fB} = \delta_B - \theta_B$
Angle de tète	δ_a	$\delta_{aB} = \delta_B + \theta_a \quad ; \delta_{aA} = \delta_A + \theta_a$

II.3.3 Les engrenages gauches (à vis sans fin)

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**. [26]**

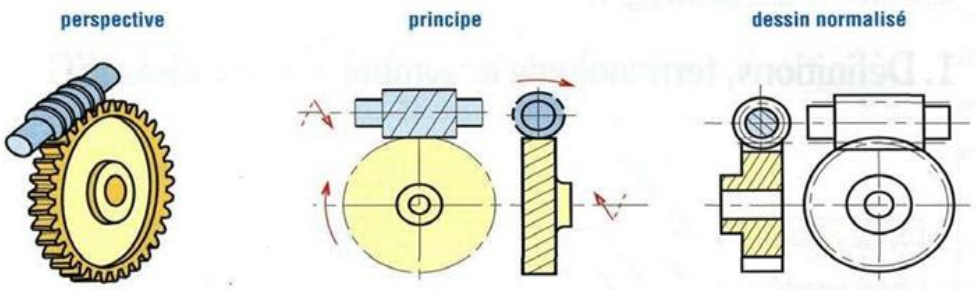


Figure II.5 : Engrenages roues et vis entre arbres orthogonaux

II.3.3.1 Principales caractéristiques des engrenages à roue et vis sans fin

L'étude est limitée au cas où les deux axes forment un angle de 90°. Le profil de la vis est trapézoïdal**. [22]**

Tableau II. 4 : *caractéristiques des engrenages à roue et vis sans fin*

Caractéristique	Symbole	Formules	
Nombre de filets	z_A	Fonction du rapport des vitesses $\frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$	
Angle d'hélice	β	Fonction de la réversibilité de la transmission (si $\beta <$ 5°) $système\ pratique - ment\ irrèversible$	
Sens de l'hélice	(à droite) ou(gauche)	La vis a le même sens d'hélice que la roue	$\tan\beta = \frac{P_Z}{\pi d_A}$
Module réel	m_n	Déterminé sur la roue choisi suivant 47-12	$\sin\beta = \frac{p_n - z_A}{\pi d_A}$
Module axial	m_x	$m_x = \frac{m_n}{\cos\beta}$	
Pas réel	p_n	$p_n = m_n.\pi$	
Pas axial	p_x	$p_x = \frac{p_n}{\cos\beta}$	
Pas de l'hélice	p_z	$p_z = p_x.z_A$	
Diamètre prie	d_A	$d_A = \frac{P_Z}{\pi\tan\beta}$	
Diamètre extérieur	d_a	$d_a = d_A + 2m_n$	
Diamètre intérieur	d_f	$d_f = d_A - 2.5m_n$	
Long de la vis	L	$L \approx 5p_x$	

II.3.4 Les engrenages à axes parallèles à denture hélicoïdal

Pour l'engrenage hélicoïdal l'angle d'inclinaison de la denture est le même pour les deux roues, mais de sens opposé. Leurs axes peuvent êtres orthogonaux (cas des engrenages gauches). Les engrenages droite sont les plus simples et les plus économique, mais leur utilisation est généralement bruyante et génère des vibrations et des chocs d'engrènement**. [26]**

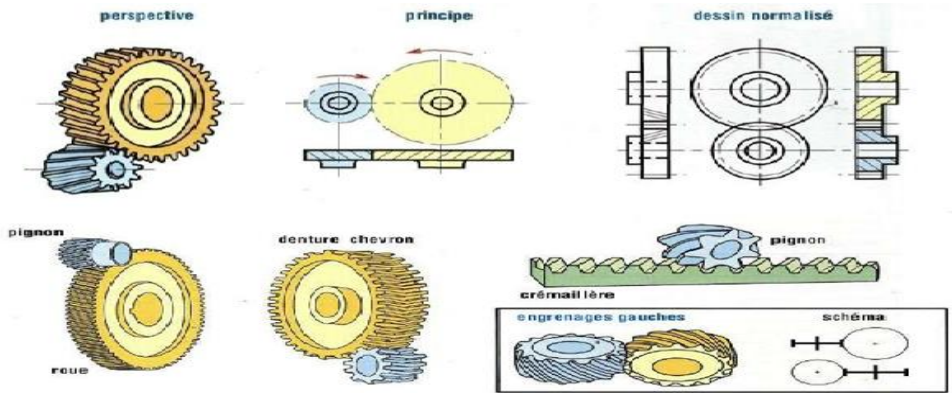


Figure II.6 : Engrenage droit à denture hélicoïdale pour arbres parallèles **[26]**

II.3.4.1 Principales caractéristiques de l'engrenage hélicoïdal

Tableau II.5 : *caractéristiques de l'engrenage hélicoïdal*

Caractéristique	Symbole	Formules
Module réel	m_n	Détermine par la résistance des matériaux et choisi dans les modules normalisés (47-12)
Nombre de dents	Z	Détermine à partir du rapport des vitesses $\frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$
Angle d'hélice	β	Choisi habituellement entre $20° \; et 30°$
Sens de l'hélice	(à droite) ou (à gauche)	Pour un même engrenage les hélices des roues sont de sens contraire
Module apparent	m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$
Pas apparent	p_t	$p_t = m_t . \pi$
Pas réel	p_n	$p_n = m_n . \pi \quad p_n = p_t . \cos\beta$
Pas de l'hélice primitive	p_z	$p_z = \frac{\pi_d}{tg\beta}$
saillie	h_a	$h_a = m_n$
creux	h_f	$h_f = 1.25m$
Hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2.25m_n$

II.4 Avantages et désavantages des engrenages [21]

Tableau II.6 : *Avantages et désavantages des engrenages*

Avantage des engrenages	Désavantage des engrenages
• Transmission des plus petites aux plus grandes machines • Rapport constant des vitesses quelle que soit la charge • Disposition quelconque des axes des roues, même si les axes parallèles sont la meilleure solution • Sécurité de service et durée de vie élevée • Entretien restreint • Compacité et encombrement faible;	• Prix de revient relativement élevé (par rapport à d'autres solutions) • Niveau sonore parfois gênant (dépend du type d'engrenages) • Transmission rigide entre les arbres • Amortissement peu efficaces des à-coups et des vibrations • Interchangeabilité limitée (même module nécessaire

II.5 Conception des engrenages d'un réducteur

II.5.1 Profil des dents

Les dents doivent permettre de maintenir les deux roues en contact et d'assurer une rotation continue d'une roue par rapport à l'autre et de ne pas bloquer le fonctionnement de l'engrenage.

Le profil d'une dent de roue dentée n'est ni une droite ni un arc de cercle **[27]**

II.5.2 Traitement global et superficiel

Le traitement thermique des engrenages améliore leurs propriétés mécaniques (dureté, limite d'élasticité, limite à la rupture), diminue leurs fragilités et supprime les tensions internes dans le matériau. L'engrenage doit présenter à la fois une grande résilience et une importante résistance à l'usure. En effet, les engrenages subissent des efforts brusques (par exemple au moment de changement de la vitesse dans les boites de vitesses), ces efforts sont assimilables à des chocs et d'où les engrenages doivent être résilients. Les dents qui subissent un frottement, doivent présenter aussi une usure minimale**. [27]**

1. **Cémentation :** il consiste à diffuser le carbone dans les surfaces flottantes des dents en portant ces surfaces à une température supérieure à 930° C, le traitement de cémentation est suivi d'une trempe et d'un revenu pour éviter l'écaillage de la surface cémentée au moindre choc. L'épaisseur de la couche cémentée est en général de 1 mm, la vitesse de pénétration est d'environ 1/12 mm par heure, si la vitesse de pénétration est trop rapide, la couche superficielle du matériau devient saturée en carbone ce qui augmente énormément la fragilité de cette couche, donc cette vitesse doit être bien contrôlée.
2. **la trempe :** c'est le premier traitement thermique réalisé dans la masse des engrenages, il a pour but d'améliorer certaines propriétés mécaniques (résistance élastique, dureté, etc.) au détriment des autres (résilience et ductilité).
3. **Le revenu :** est un traitement thermique qui est effectué toujours après la trempe, il améliore la ductilité, la résilience ou la résistance au choc en gardant une dureté raisonnable et supprime les contraintes internes crées lors de la trempe et qui sont en partie responsables de la fragilité du matériau, pour que le cœur des dents garde sa ductilité, on utilise des aciers à faible teneur en carbone (de 0,02 % à 0,5 %).

II.6 Différentes formes de détérioration des engrenages

Les détériorations les plus typiques sont la rupture, les piqûres, l'usure, l'écaillage, le grippage etles déformations plastiques des surfaces actives. **[27]**

II.6.1 La rupture des dents

Elle est due essentiellement à la fatigue, à un mauvais traitement thermique ou à une mauvaise répartition des charges. Chaque engrènement de dents produit des contraintes de flexion alternatives à allure périodique. La modification brusque de la forme de la dent au niveau de son congé de raccordement donne lieu à une concentration des contraintes. Après un certain nombre de cycles, il se produit une fissure dans la zone qui se propage jusqu'à la rupture de la dent.

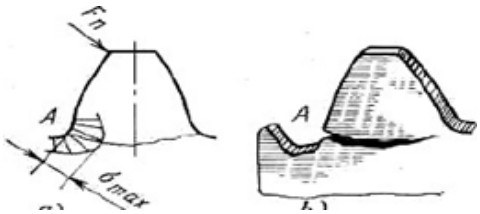


Figure II.7 : rupture des dents **[27]**

II.6.2 formation des piqûres

Autres types de détérioration des engrenages est la formation des piqûres en surface active des dents à cause de non lubrification de celles-ci. Les piqûres perturbent le profil de la dent et augmentent le coefficient de frottement, et donc la force de frottement et l'échauffement

Ces derniers vont croître les contraintes mécaniques au niveau des dents.

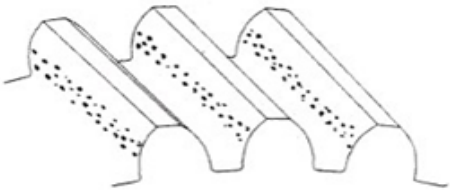


Figure II.8 : les piqûres sur les dents **[27]**

II.6.3 L'usure

L'usure est également un mode de défaillance des dents, elle est maximale en début d'approche d'un couple de dent (racine de la dent de la roue menant) et en fin de retrait (sommet de la dent de la roue menant), là où les vitesses de glissement entre les dents sont les plus élevées. L'usure est faible au centre de la dent car la vitesse de glissement est nulle. L'usure s'accélère avec l'augmentation de la force de contact et avec l'insuffisance du lubrifiant car nous aurons un contact métal-métal, l'usure affecte le profil de la dent comme les piqûres et augmente lefrottement. L'usure par abrasion résulte de la présence par pollution des matériaux solides dans le lubrifiant, ces

matériaux font rayer les dents et accélèrent leur usure.

II.6.4 L'écaillage

L'écaillage est le détachement de petits morceaux de la couche superficielle cémentée des dentsà cause d'une mauvaise cémentation ou d'une faible épaisseur de la couche cémentée ou d'un effort important appliqué sur les dents.



Figure II.9 : écaillage des dents **[27]**

II.6.5 Le grippage

Le grippage des dents se produit dans la zone de rupture du film d'huile, dans cette zone, la pression de contact est élevée et les particules existantes entre les surfaces de contact se soudent avec ces surfaces. Le grippage pourra avoir lieu si la lubrification est mal choisie ou si la vitesse de glissement est élevée. Le choix correct de la nuance et de la viscosité de l'huile, de la durée d'action de la charge, de l'état de surface, de la dureté des surfaces actives, du matériau des roues, du type de rodage des dents, tous ces paramètres empêchent un éventuel grippage**.**

II.7 Conclusion

Nous venons de présenter dans ce chapitre les définitions de base concernant les engrenages, leurs différents types, les caractéristiques géométriques pour leur bon fonctionnement, les procédés d'usinage pour l'obtention de ces derniers, ainsi que les détériorations typiques des roues dentées rencontrées dans la pratique.

Lors du choix d'un réducteur, il est nécessaire de prendre en considération de nombreuses caractéristiques : rendement, encombrement, poids, prix de fabrication et d'entretien. La comparaison de l'encombrement de divers types de réducteurs montre que pour de faibles rapports de transmission, les dimensions des réducteurs à vis sans fin sont les plus grandes, et celles des réducteurs planétaires à dureté superficielle des dents élevées, sont les plus petites.

Chapitre III

Etude cinématique du réducteur

III.1 Introduction

Ce chapitre sera consacré aux calculs et dimensionnements du réducteur. Il sera également l'occasion pour nous de mettre en application les connaissances acquises en mécanique générale et en résistance des matériaux durant notre cycle d'étude.

III.2 Choix de turbine éolienne

Le critère de choix d'un éolienne le plus important est la puissance réelle de celle-ci vis à vis de la vitesse moyenne du vent, passant dans le terrain de son implantation. L'émission sonore, la couleur et le design de l'éolienne sont des critères secondaires mais qui peuvent aussi entrer en ligne de compte.

III.2.1 La puissance idéale

La puissance idéale de turbine est celle qui est absorbée par le turbin éolienne

- Pour faire tourner le cylindre, il faut développer une force F
- **ω** est la vitesse de rotation de la turbine

$$W= \frac{2\pi N}{60}$$

- V est la vitesse entrée de turbine. (vitesse du vent) $\boldsymbol{V} = w \times r = \frac{2\pi N}{60} \times r$

$\bar{V}$ $m/s)$	$\overline{V^3}$ (m^3/s^3)
3.13	51.643

TableauIII.1 : *Résultats statistiques du site MEDEA* **[28]**

On note que toutes les éoliennes ont une vitesse du vent de démarrage inférieure à la vitesse moyenne du vent du site de MEDEA (3,13 m/s).

V= 3.13 (m/s)

- Calcule de $\boldsymbol{P}$:

$\boldsymbol{p} = 0.15 \times D^2 \times V^3$ **[24]**

Avec : D : diamètre entre l'axe du moyeu jusqu'à la périphérie des pales.

Diamètre mesurée = 2.45 m.

V : vitesse du vent moyenne = 3,13 m/s

$$\boldsymbol{p} = 0.15 \times 2.45^2 \times 51.643$$

$$\boldsymbol{P} = 46.49\ Kw$$

III.2.2 Calcule vitesse de rotation

- $N_t = \frac{60 \times V}{2\pi r}$

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = \frac{2.45}{2} = 1.22\ m$$

A.N

$$N_t = \frac{60 \times 3.13}{2 \times 3.14 \times 1.22} = 24.20\ tr/min$$

$$\boxed{N_t = 24.20\ tr/min}$$

- $w = \frac{2\pi N}{60}$

A.N

$$w = \frac{2 \times 3.14 \times 24.20}{60} = 2.53\ rad/s$$

$$\boxed{w = 2.53\ rad/s}$$

III.2.3 Calcule de couple nominal

$$C = \frac{P}{W}$$

$$C = \frac{46.49}{2.53} = 18.37 N.m$$

$$\boxed{c = 18.37 N.m}$$

D'après la référence de la turbine éolienne, on peut choisir la turbine à des caractéristiques suivantes :

- puissance **P**= 46.49kw
- vitesse de rotation **N**=24.20tr/min
- Couple nominal **C**=18.37N.m

III.3 Schéma cinématique de réducteur

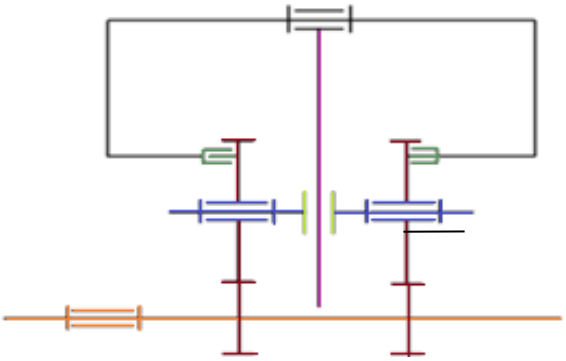


Figure III.1 schéma cinématique de réducteur

- **On choisit :**

	Nombre de dents z
Les deux Pignons	$z_1 = 14$
Les deux Roues dentée	$z_2 = 46$

Tableau III.2 *Les nombres des dents*

Généralement on utilise un angle de pression de20°.les anglo-saxons utilisent souvent un angle de25°.

Angle de pression	$\alpha = 20°$
Nombre de chiffres après la virgule	2

Tableau III.3 *Angle de pression*

III.4 Détermination du module réel

$$M \geq 2.34 \times \sqrt{\frac{C}{k \times z \times R_e}}$$

Le module est donné par la formule:

Avec :

C : Couple réel à transmettre (nominal) C=18.37

K : Coefficient de largeur de denture, est choisi selon l'encombrement dont on dispose, et selon la perfection du guidage des arbres: (10<k<12.5)

On prend k=10

Z2: Nombre de dents du pignon (14 dents)

Re : limite élastique du matériau minimale $R_e = 75N/mm^2 \rightarrow R_e = 0.075N/m^2$

$$M \geq 2.34 \times \sqrt{\frac{18.37}{10 \times 14 \times 0.075}} = 5.73$$

On prend un module normalisé **(**voir l'annexe A)

$$\boldsymbol{M} = 5$$

TableauIII.4 *MODULES NORMALISES*

MODULES NORMALISES			
Valeur principales		***Valeur 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**	**--**

III.5 Calcule cinématique

III.5.1 Rapport de transmission

On a: $\mathrm{i} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ ***A.N*** $i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{14}{46} = \mathbf{0.30}$

$$\boldsymbol{i} = 0.30$$

III.5.2 Détermination de la vitesse de rotation des arbres.

Cette vitesse peut être calculée selon la distribution du rapport de transmission du réducteur de vitesse.

III.5.2.1 la vitesse de rotation Arbre d'entrée

$$\boldsymbol{N_i} = N_t = 24.20\ tr/min$$

III.5.2.2 la vitesse de rotation Arbre de sortie

$$N_{ii} = \frac{N_i}{i}$$

$$\boldsymbol{N_{ii}} = \frac{24.20}{0.30} = 80.66\ tr/min$$

III.6 Calcule énergétique

III.6.1 Calcul de puissance transmise par la Arbres

- **Arbre d'entrée**

$$\boldsymbol{p_i} = p = 46.49\ Kw$$

- **Arbre de sortie**

$$\boldsymbol{p_{ii}} = \boldsymbol{p_i} \times \eta_{\boldsymbol{tot}}$$

- $\eta_{tot} = {\eta_{eng}}^{n} \times {\eta_r}^{m}$

η_{eng} : 0.97.....0.99 ⟶ Engrenage **[29]**

η_r = **0** ⟶ Paire de roulements

$m = 0$ ⟶ Nombre de roulement

$n = 2$ ⟶ Nombre de contacts d'engrenage

$$\eta_{tot} = {\eta_{eng}}^{n}$$

$$\eta_{tot} = 0.97^2 = 0.94$$

A.N

$$\boldsymbol{p_{ii}} = 46.49 \times 0.94 = 43.70\ Kw$$

III.6.2 Calcule des couples transmis par les arbres

$$c = \frac{p}{w}$$

- **Arbre d'entrée**

$$\boldsymbol{w = \frac{2\pi N}{60}} \qquad \boldsymbol{A.N} \qquad \boldsymbol{W = \frac{2\times 3.14\times 24.20}{60}} = 2.53 rad/s$$

$$\boldsymbol{c = \frac{46.49}{2.53}} = 18.37 \text{ N.m}$$

- **Arbre de sortie**

$$\boldsymbol{w = \frac{2\pi N}{60}} \qquad \boldsymbol{A.N} \qquad \boldsymbol{W = \frac{2\times 3.14\times 80.66}{60}} = 8.44\, rad/s$$

$$\boldsymbol{c = \frac{43.70}{8.44}} = 5.17\, N.m$$

III.7 Calcul des paramètres géométriques des roues

III.7.1 Pignon (14 dts)

TableauIII.5 *Calcul de Pignon (14 dts)*

Désignation	Symbole	Loi	Ruisselant
Modul	M	$m = h_a = \frac{d_a}{z+2}$ $m = \frac{80}{14+2}$	5
Pas	P	$P=m.\pi$ $p=5\times 3.14$	15.7 mm
Diamètre extérieur	d_a	$d_a = d_p + 2m = d_p + 2h_a; d_a = 70 + 2(5)$	80 mm
Diamètre primitif	d_p	$d_p = m \times z_1$ $d_p = 5 \times 14$	70 mm
Diamètre de base	d_b	$d_b = d_p \times \cos\alpha$ $d_b = 70 \times \cos 20$	65.78 mm
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d_p - 2.5m = d_p - 2h_f; d_f = 70 - 2.5(5)$	57.5 mm
Saillie	h_a	$h_a = m = 5$	5 mm
Creux	h_f	$h_f = 1.25 \times m = 1.25 \times 5$	6.25 mm
Hauteur de dent	H	$h = h_a + h_f = 5 + 6.25$	11.25 mm
Epaisseur de dent	S	$s = \pi\frac{m}{2} = 3.14\frac{5}{2}$	7.85 mm

III.7.2 Roues dentées (46 dts)

TableauIII.6 *Calcul de Roues dentée (46dnts)*

Désignation	Symbole	Loi	Ruisselant
Modul	M	$m = h_a = \frac{d_a}{z+2}$ $m = \frac{240}{46+2}$	5
Pas	P	$P=m.\pi$ $p=5\times 3.14$	15.71mm
Diamètre extérieur	d_a	$d_a = d_p + 2m = d_p + 2h_a; d_a = 230 + 2(5)$	240mm
Diamètre primitif	d_p	$d_p = m \times z_2$ $d_p = 5 \times 46$	230mm
Diamètre de base	d_b	$d_b = d_p \times \cos\alpha$ $d_b = 230 \times \cos 20$	216.13mm
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d_p - 2.5m = d_p - 2h_f; d_f = 230 - 2.5(5)$	217.50mm
Saillie	h_a	$h_a = m = 5$	5mm
Creux	h_f	$h_f = 1.25 \times m = 1.25 \times 5$	6.25mm
Hauteur de dent	H	$h = h_a + h_f = 5 + 6.25$	11.25mm
Epaisseur de dent	S	$s = \pi\frac{m}{2} = 3.14\frac{5}{2}$	7.85mm

III.8 Caractéristique dimensionnelles de l'engrenage

III.8.1 Entraxe de deux roues

$$\mathbf{a} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m.z_1}{2} + \frac{m.z_2}{2}$$

A.N $a = \frac{70+230}{2} = \frac{9\times14}{2} + \frac{9\times46}{2} = 150mm$

III.9 Calcul des forces dans les engrenages

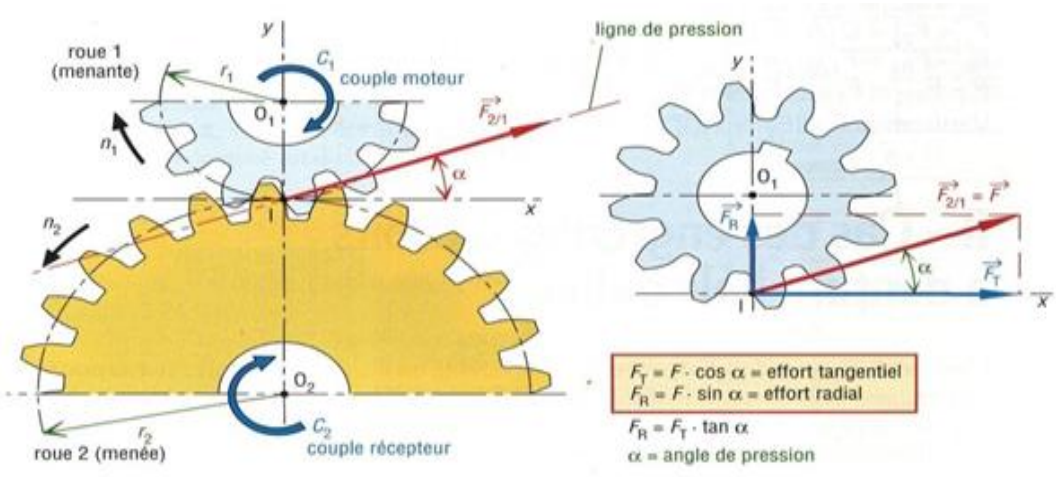


Figure III.2 les forces sur les dents

Une force normale *Fn*apparaît au contact de deux dents. Celle-ci peut être décomposée selon deux directions orthogonales: la force tangentielle et la force radiale. On calcule les deux composantes sur le cercle primitif de la roue

Calcul de forces tangentielles (F_T).

$$F_T = \frac{C}{r}$$

Effort radial

$$F_R = F_T \tan \alpha$$

Effort sur la dent

$$F = \frac{F_T}{\cos \alpha}$$

$$F = \sqrt{{F_T}^2 + {F_R}^2}$$

III.9.1 Pour les Pignons

Effort tangentiel

$$F_T = \frac{C}{r}$$

A.N

$$F_T = \frac{18.37}{35 \times 10^{-3}} = 524.85N$$

Effort radial

$$F_R = F_T \tan 20$$

A.N

F_R=524.85 tan 20 =191.02 N

Effort sur la dent

$$F_N = \sqrt{{F_T}^2 + {F_R}^2}$$

A.N

$$F_N = \sqrt{524.85^2 + 191.02^2} = 558.53\ N$$

III.9.2 Pour les Roues dentées

Effort tangentiel

$$F_T = \frac{5.17}{115 \times 10^{-3}} = 44.95 \text{ N}$$

Effort radial

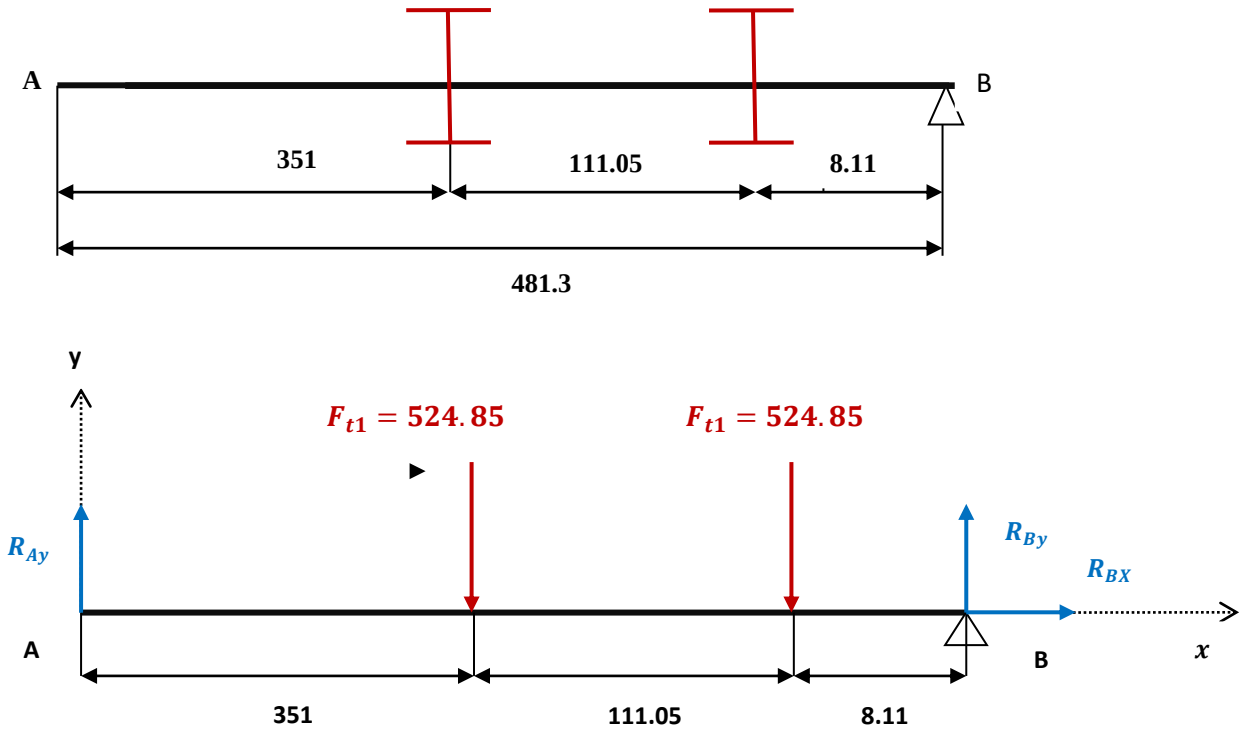
$$F_R = 44.95 \tan 20 = 16.36\text{N}$$

III.10 Calcul des arbres

Pour faré le choix des BAGUES et vérifier les dimensions des arbres, on calcule réaction

Sur les appuis en traçant les diagrammes de variation du moment fléchissant et des efforts tranchants les étapes à parcourir sont les suivantes. [**30][29]**

Arbre 1 :(l'entrée de réducteur



III.10.1 Calculer la réaction

$L = 481.3mm$ $L_1 = 351mm$

$L_2 = 111.05mm$ $L_3 = 8.11mm$

Equilibre statique : $\Sigma F_{ext} = 0$

- Équilibre selon 0X :

$$\sum F_{ext/x} = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} = F_{t1} + F_{t2}$$

$$\sum M_{est/A} = 0$$

$$(R_{BY} * L) - (F_{t1} * L_1) - F_{T2}(L_2 + L_3) = 0$$

$$R_{BY} = \frac{(F_{t1} * L_1) + F_{t2}(L_2 + L_3)}{L}$$

A.N

$$R_{BY} = \frac{(524.85 * 0.351) + 524.85(0.111 + 0.008)}{0.481}$$

$$R_{BY} = 513N$$

$$R_{AY} = (F_{t1} + F_{t2}) - R_{BY}$$

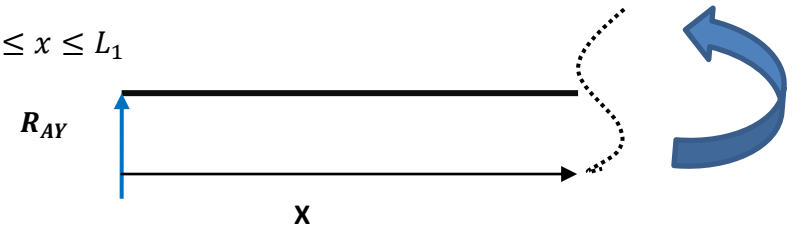
A. N

$$R_{AY} = (524.85 + 524.85) - 513$$

$$R_{AY} = 536.71N$$

III.10.2 Condition limité

- **Section 01** :$0 \leq x \leq L_1$

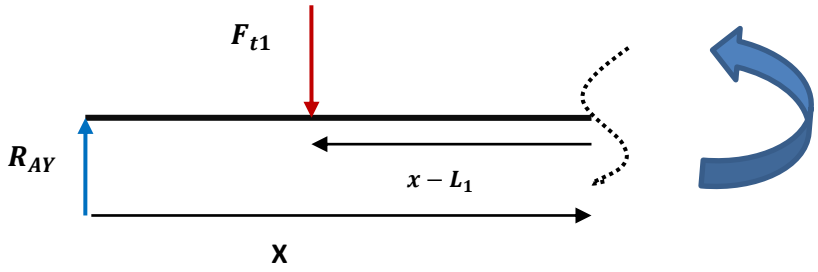


$$\sum M_{est/c} = 0 \qquad M_Y = R_{AY}X$$

Si $X = 0$ $\qquad M_Y = 0N.m$

Si $X = L_1$ $\qquad M_Y = 188.38N.m$

- **Section 02** :$L_1 \leq x \leq (L_1 + L_3)$

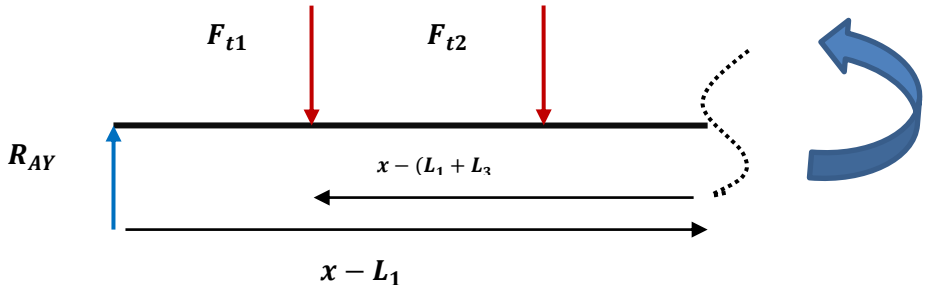


$\sum M_{est/c} = 0$ $\quad M_Y = R_{AY} * X - F_{t1}(X - L_1)$

Si $X = L_1$ $\quad M_Y = 188.38N.m$

Si $X = L_1 + L_3$ $\quad M_Y = 188.4N.m$

- **Section 03** :$L_1 + L_3 \leq x \leq L$

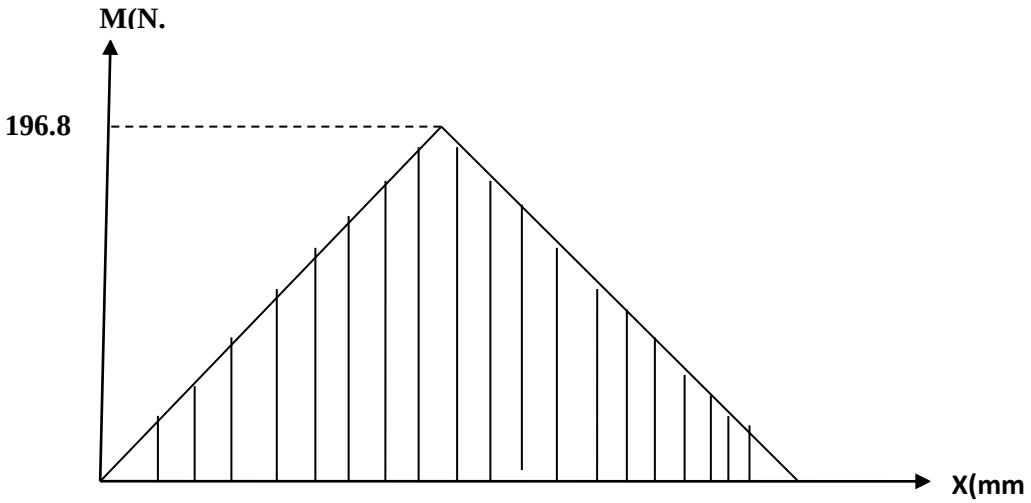


$\sum M_{est/o} = 0$ $\quad M_Y = R_{AY} * X - F_{t1}(X - L_1) - F_{t2}[X - (L_1 + L_3)$

Si $X = L_1 + L_3$ $\quad M_Y = 196.86\ N.m$

Si $X = L$ $\quad M_Y = 125.89N.$

$$M_{Y\,MAX} = 196.86N.m$$



III.11 Calcul des diamètres des arbres en fonction du moment idéal

$$M_{FLXION} = \sqrt{{M_{max}}^2 + {M_{min}}^2} \qquad M_{FLXIONE} = \sqrt{196.86^2 + 125.89^2} = 233.67N.m$$

$$M_t = \frac{\pi.N}{30} \qquad M_t = \frac{3.14 * 24.20}{30} = 2.53N.m$$

$$M_{max} = \sqrt{{M_{FERS}}^2 + {M_t}^2} \qquad M_{max} = \sqrt{233.67^2 + 2.53^2} = 2333.68N.m$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32*M_{max}}{\pi*300}} \qquad d \geq \sqrt[3]{\frac{32*233.68*10^3}{3.14*300}} \qquad \textbf{[17]}$$

$d \geq 19.94$ Donc $d = 27mm$

III.12 Choix et vérification des clavettes

III.12.1 Définition

Le clavetage est destiné à assurer une liaison fixe ou une liaison en rotation entre deux pièces assurée par une pièce intermédiaire appelée clavette.

III.12.2 montages par clavette

Le calcule de clavette consiste à déterminer la longueur nécessaire permettant de supporter la pression du au force de clavette

Contactes. Les dimensions des sections transversales des clavettes sont normalisées du diamètre de l‟arbre.

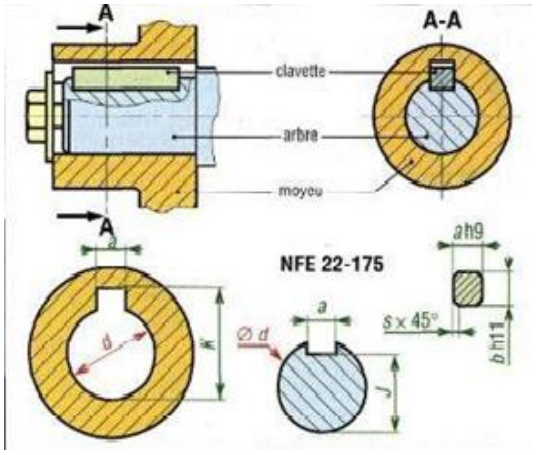


Figure III.3 *montage par clavette*

Le résultat des force des contacte peut être déterminé du couple turbine et rayon de l‟arbre.

$$T=\frac{18.37}{27}= 68.03$$

Nous pouvons alors calculer la pression de contacte P de la formule :

$$p = \frac{T}{S} = \frac{T}{L \times e}\Big\}$$

$$P=\frac{68.03}{70\times4.75} =20.46$$

Avec e : épaisseur du flanc de la clavette e≈b/2 Sachant que la pression de contacte doit être inferieure a la pression admissible (pad) du matériau nous pouvons déduire la longueur de la clavette

$$l \geq \frac{c}{R \times e \times p_{adm}}\Big\}$$

Ans nos études et on choisir des clavettes parallèles avec dimensions suivants (voir l'annexe B)

D	*A*	*B*	*S*	*J*	*K*	*L*
23 à30=25	8	7	0.4	d-4=21	D+3.3=28.3	18 à90=10
45	14	9	0.6	39.5	48.8	36à160=16

TableauIII.7 *Dimensionnement de clavette*

III.13 choix du matériau

Les matériaux utilisés dans la construction sont nombreux et variés .mais, leur choix s'articule autour de 6 grands critères :

- Leur apparence.
- Leur résistance.
- Leur solidité.
- L'impact environnemental.
- Le coût.

III.13.1 Pour les pignons :

Le 20 Mn Cr 5-5 (20 MC 5) est un acier à taux de carbone très bas donc il est adapté à une cémentation. Les pignons fabriqués avec cet acier seront très durs en surface et élastique à cœur après cémentation donc super pour un pignon.

- **Composition chimique :**

- Carbone : entre 0.17 et 0.22 %
- Chrome : entre 1 et 1.3 %.
- Manganèse : entre 1.1 et 1.4 %.
- Silicium : entre 0.1 et 0.4 %.
- Phosphore : 0.035%.
- Soufre : 0.035%.

- **Les caractéristiques mécaniques de ce matériau**

- Rr (daN/mm^2) : entre 90 et 150.
- Re (daN/mm²) : entre 75 et 95
- A% : entre 8 et 9
- KV (daJ/cm²) : entre 4 et 5.

La trempabilité de matériau est limitée.

Les exemples d'utilisation : Engrenages, arbres, axes, tiges, leviers, pièces d'usures

III.13.2 Pour l'arbre :

On a choisi le 42 CD 4(42 Cr Mo4).

- **Composition chimique :**

  - Carbone : entre 0.38 et 0.45 %.
  - Silicium : 0.4 %.
  - Manganèse : entre 0.6 et 0.9%
  - Phosphore : 0.025%.
  - Soufre : 0.035%.

- **Caractéristiques mécaniques :**

  - Rm (daN/mm^2) : entre 75 et 130.
  - Re (daN/mm²) : entre 50 et 90. kPa
  - A% : entre 10 et 14.
  - Kv 3.5 (daJ/ cm^2)

CHAPITRE IV

Conception de réducteur

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous avons procédé à la conception tridimensionnelle des composants constituant le réducteur de vitesse. Une fois la conception des pièces achevée, nous avons procédé à l'assemblage en utilisant le logiciel SolidWorks. Ce logiciel a été utilisé pour concevoir les pièces avec précision et créer un assemblage virtuel complet.

IV.2 Solid Works

Solid Works est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) 3D développé par Dassault Systèmes. Il est largement utilisé dans diverses industries pour la conception et la modélisation de composants et d'assemblages mécaniques. Voici quelques points clés sur

Solid Works :

- Modélisation 3D
- Conception paramétrique
- Conception d'assemblage
- Simulation et analyse
- Intégration avec les processus de fabrication
- Modules complémentaires
- Communauté et support

Solid Works est largement considéré comme un logiciel de CAO puissant et polyvalent, utilisé par les ingénieurs, les concepteurs et les fabricants pour donner vie à leurs idées sous la forme de modèles et d'assemblages 3D.

IV.3 Pièces de réducteur

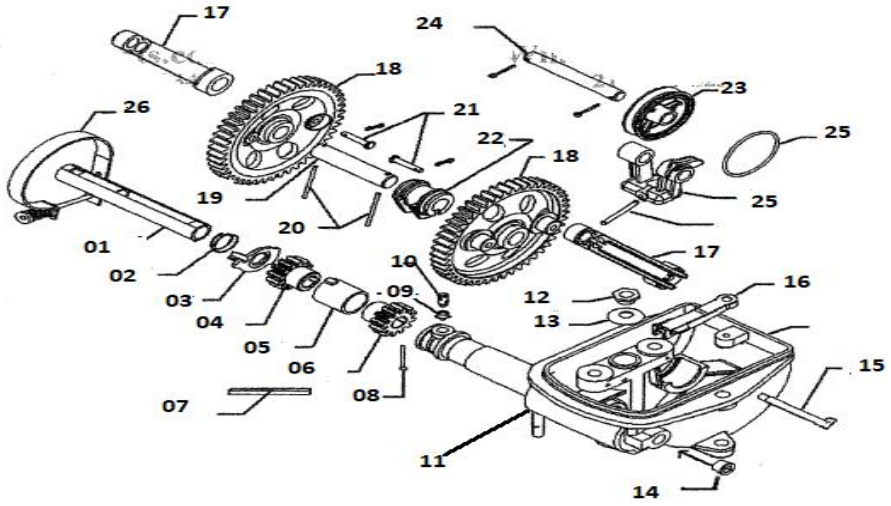


Figure IV.1 : Pièces de réducteur pour une éolienne au pompage d'eau

Le nombre	Nome de la pièce	Le nombre	Nome de la pièce
01	Bague1	14	Plug pour 11 main casting
02	Ressort pour bec rondelle	15	Support de ressort
03	Bec, arbre collecteur	16	support
04	Pignon	17	bielle
05	Bague2	18	Roue dents
06	Pignon	19	Arbre 02
07	Clé pour pignon	20	Broche pour 18
08	Boulon avec goupille	21	Boulon avec goupille
09	Douille pignon collecteur d'huile	22	Bague 03
10	Collecteur d'huile	23	Guide de roue
11	Corps	24	Axe de baille
12	Rondelle de blocage	25	Anneau d'huile
13	Contre –écrou	26	Câble de freine

Tableau IV.1 : *Noms de Pièces de réducteur pour une éolienne au pompage d'eau*

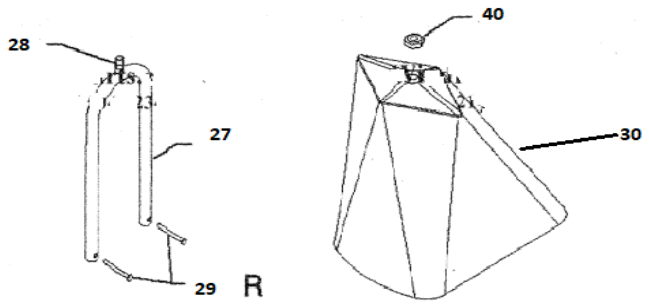


Figure IV.2 : pièces d'assemblage de casque

Le nombre	Nome de la pièce
27	axe piler
28	Goujon pour 27
29	Rivet pour 27
30	Casque pore gare case galvanisé
40	Cour pour 28-30

Tableau IV.2 : *noms de pièces d'assemblage de casque*

IV.4 Conception et Modélisation géométrique des éléments du réducteur

IV.4.1 Modélisation de corps

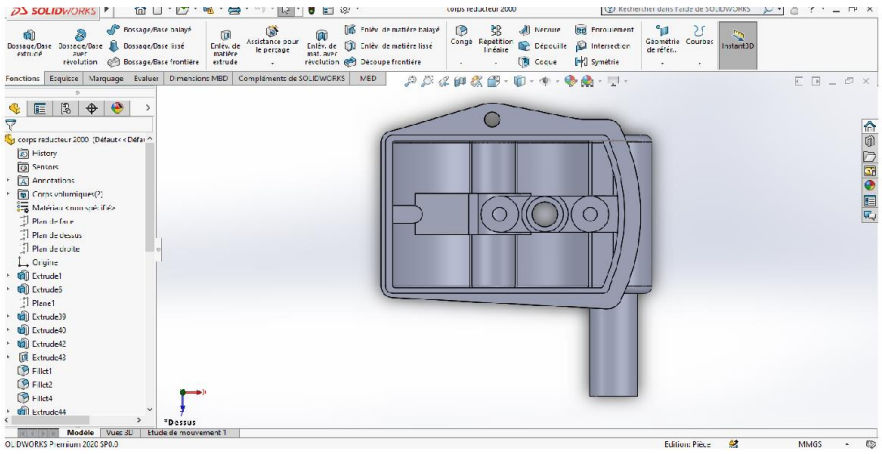


Figure IV.3 : Modèle 3D de corps (Orientation de la vue dessus)

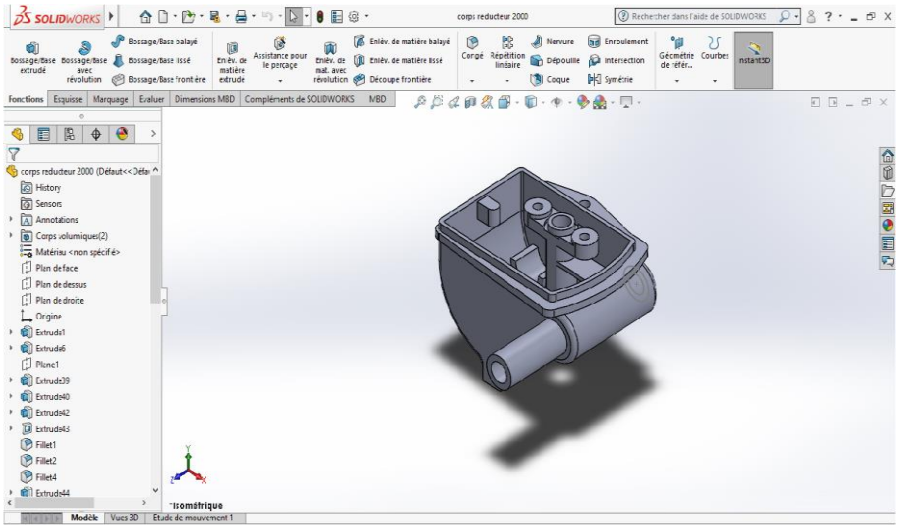


Figure IV.4 : Modèle 3D de corps (Orientation de la vue isométriques)

Fonction : Le corps du réducteur est une structure robuste et solide qui abrite les composants internes du réducteur. Il assure la stabilité et la rigidité de l'ensemble du système en supportant

et en maintenant en place les composants internes tels que les engrenages, les arbres et les paliers.

IV.4.2 Modélisation de Pignon

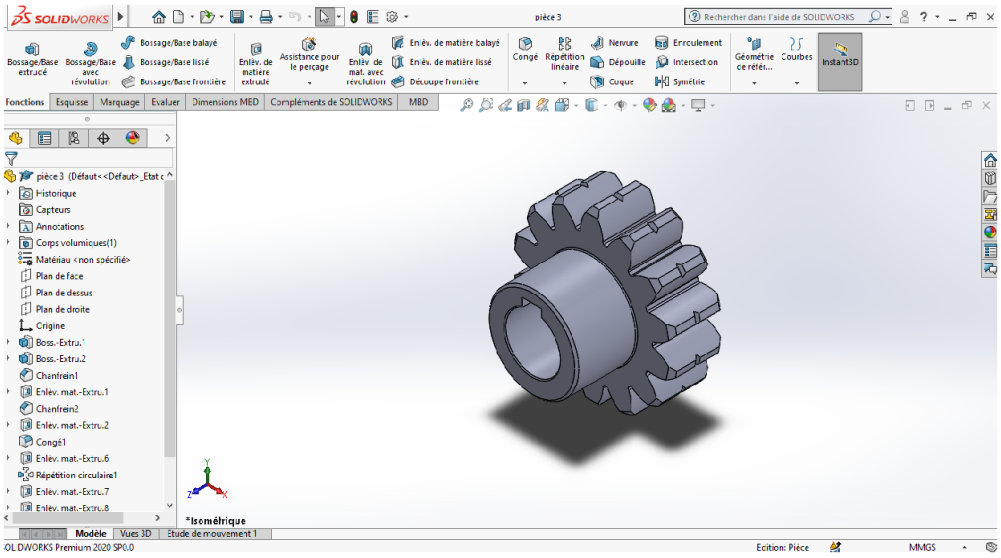


Figure IV.5 : Modèle 3D de pignon

Fonction : La fonction principale d'un pignon est de transmettre le mouvement et le couple entre deux arbres ou composants d'un système de transmission mécanique. Les pignons sont des roues dentées qui s'engrènent avec d'autres pignons pour effectuer la transmission de puissance.

IV.4.3 Modélisation des roues dentées

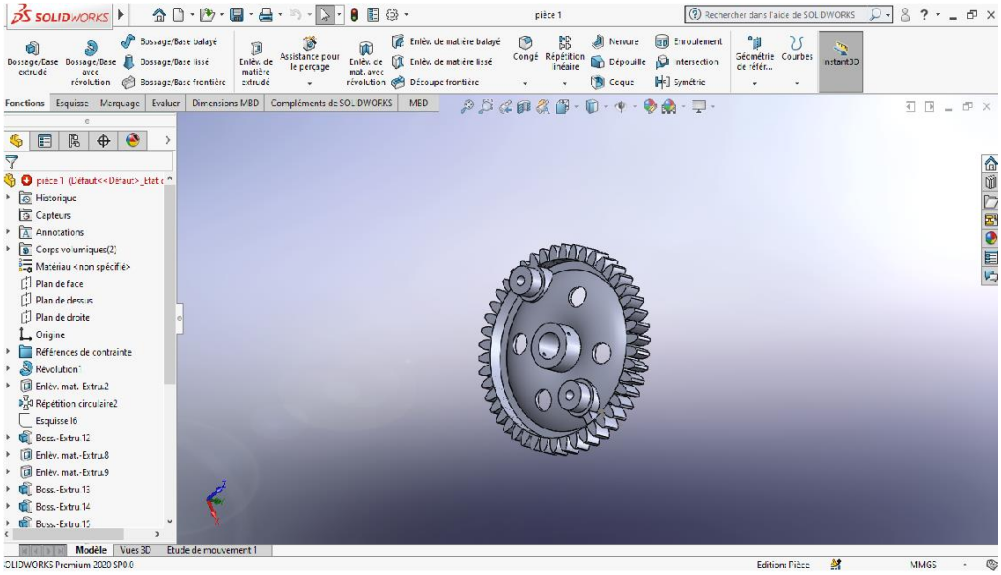


Figure IV.6 : Modèle 3D de roue dentée (Orientation de la vue dessus)

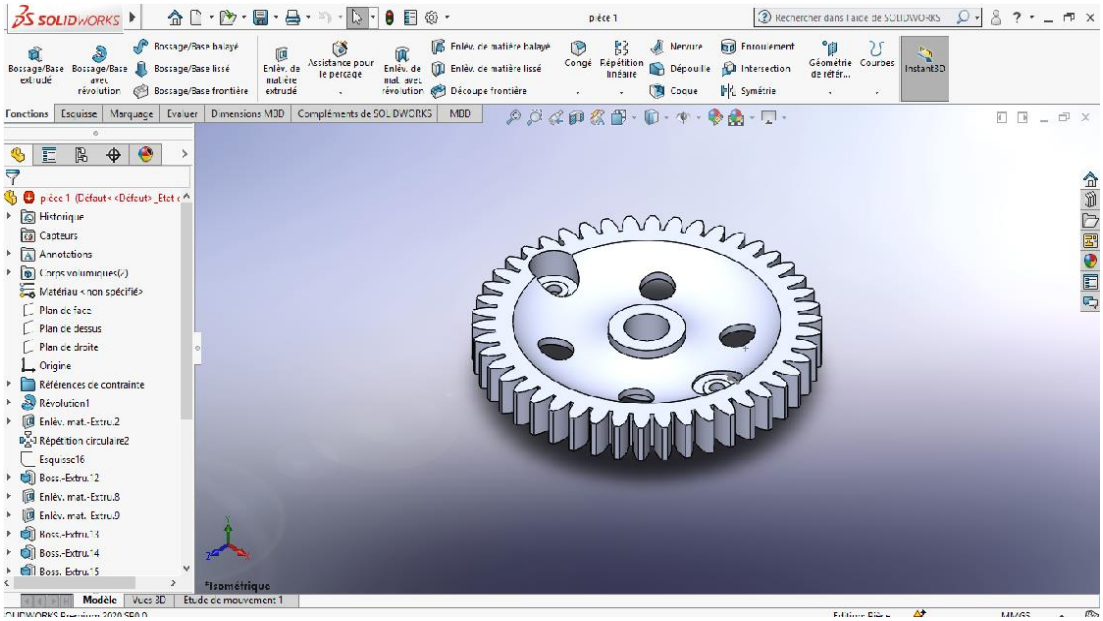


Figure IV.7 : Modèle 3D de roue dentée (Orientation de la vue isométriques)

Fonction : La fonction principale d'une roue dentée, également appelée engrenage, est de transmettre le mouvement et le couple entre deux arbres ou composants dans un système de transmission mécanique. Les roues dentées sont des disques circulaires dotés de dents qui s'engrènent avec les dents d'autres roues dentées pour réaliser la transmission de puissance.

IV.4.4 Modélisation des arbres

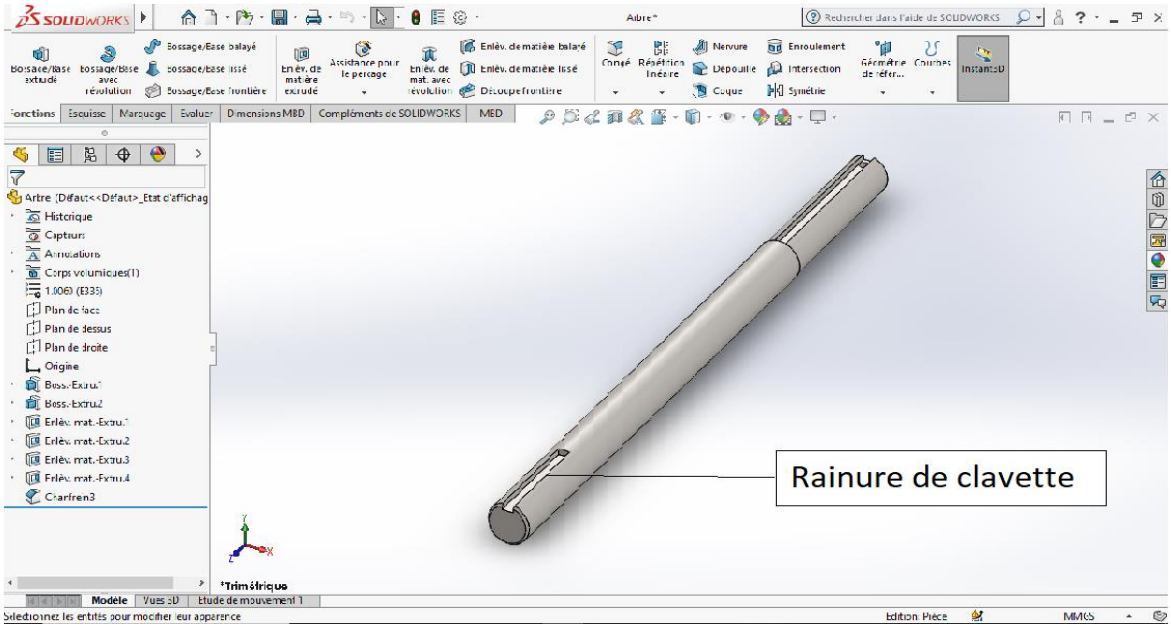


Figure IV.8 : Modèle 3D d'Arbre d'entrée

Fonction : L'arbre d'entrée de la pompe éolienne reçoit l'énergie cinétique du vent et la convertit en mouvement rotatif. Cet arbre est connecté au rotor de l'éolienne, qui tourne sous l'effet du vent.

IV.4.5 Axe de sortie

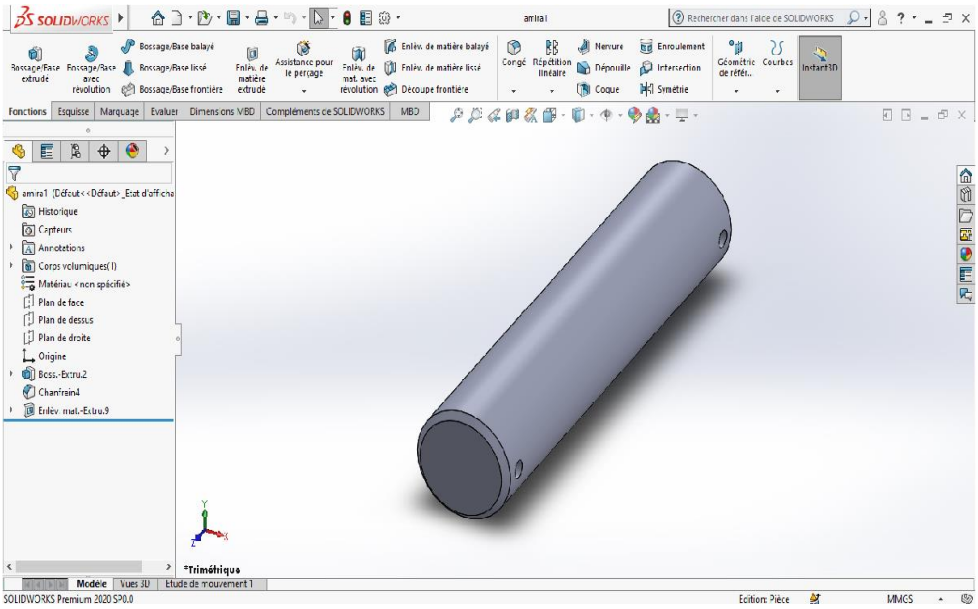


Figure IV.9 : Modèle 3D d'axe de sortie

Fonction : L'arbre de sortie reçoit le mouvement rotatif réduit provenant du réducteur et le transmet à la pompe. Il adapte la vitesse de rotation plus basse du réducteur à une vitesse de rotation appropriée pour le fonctionnement de la pompe, assurant ainsi le bon fonctionnement de celle-ci, ainsi que est de supporter les charges latérales exercé par les roues d'entés.

IV.4.6 Modélisation de clavette

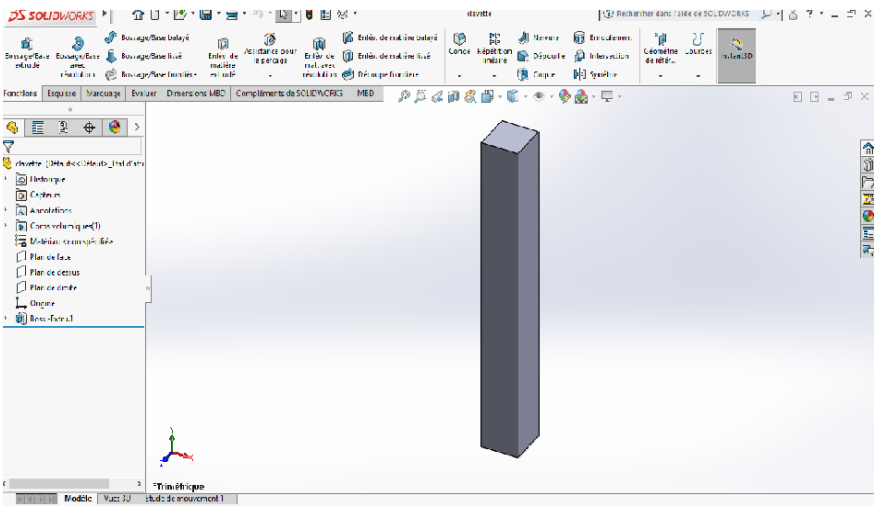


Figure IV.10 : Modèle 3D de clavette

Fonction : une clavette est une pièce destinée à rendre solidaire le pignon et l'arbre d'entré.

IV.4.7 Modélisation de bielle

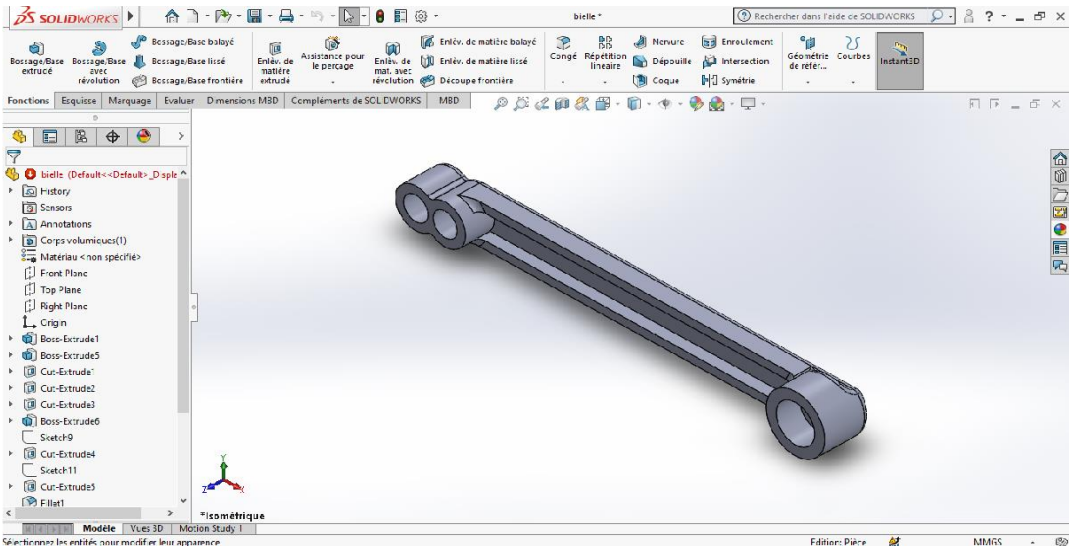


Figure IV.11 : Modèle 3D de bielle

Fonction : permettant de créer la pression nécessaire pour le pompage de l'eau. Ce mouvement de va-et-vient de la bielle serait utilisé pour actionner l'impulseur ou un piston dans la pompe, créant un mouvement de pompage qui aspire et expulse l'eau.

IV.4.8 Modélisation de Guide de roue

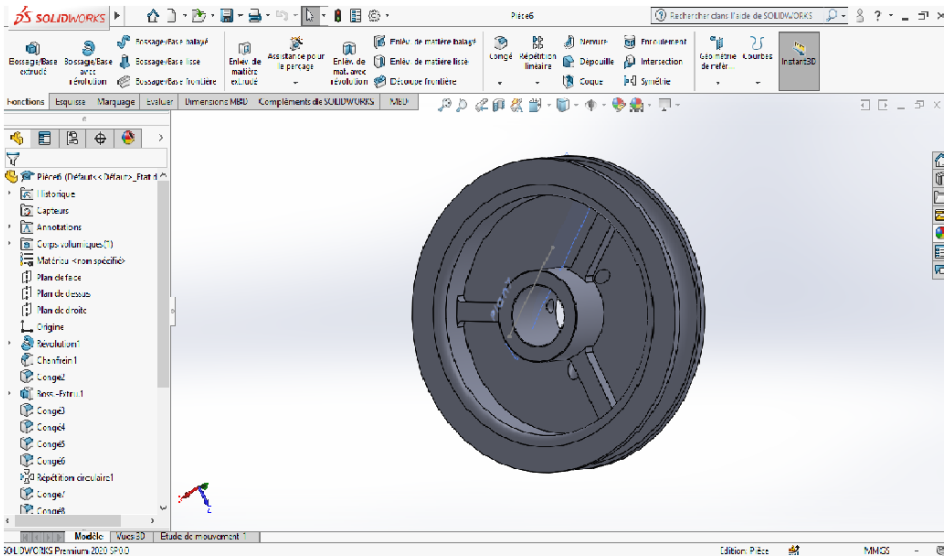


Figure IV.12 : Modèle 3D de Guide de roue

Fonction : elle joue le rôle d'un piston dans ce système et de convertir le mouvement de rotation vers le mouvement de translation de la tige de pompe à piston.

IV.4.9 Modélisation d'axe palier

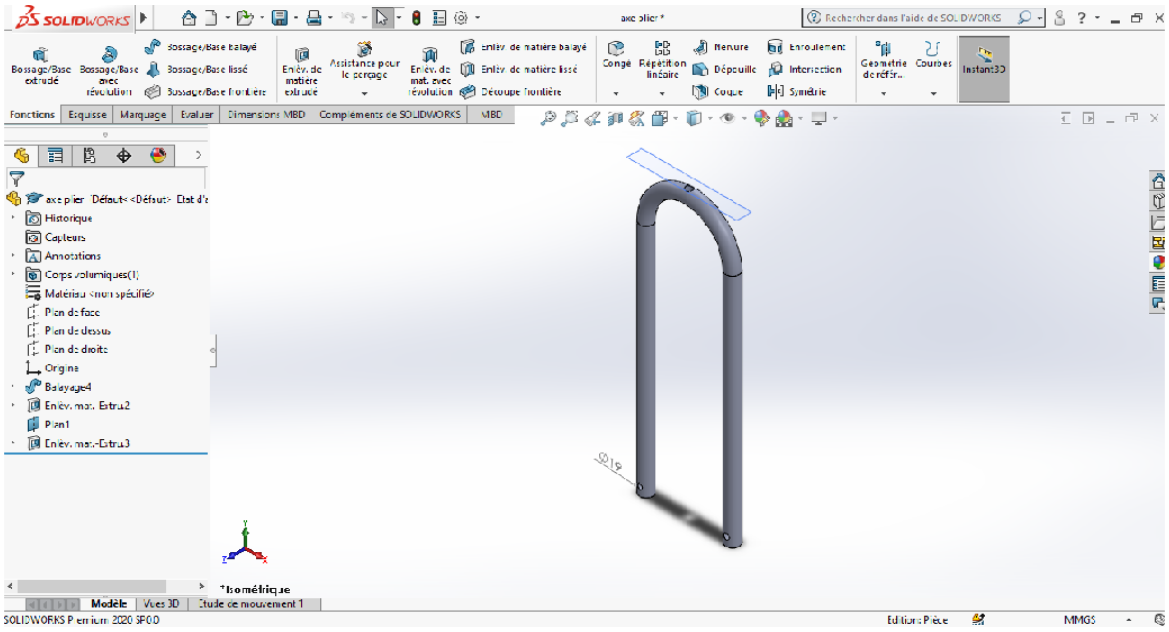


Figure IV.13 : Modèle 3D de l'axe palier

Fonction : son rôle est le guidage de la roue (piston)

IV.4.10 Modélisation d'axe de bielle

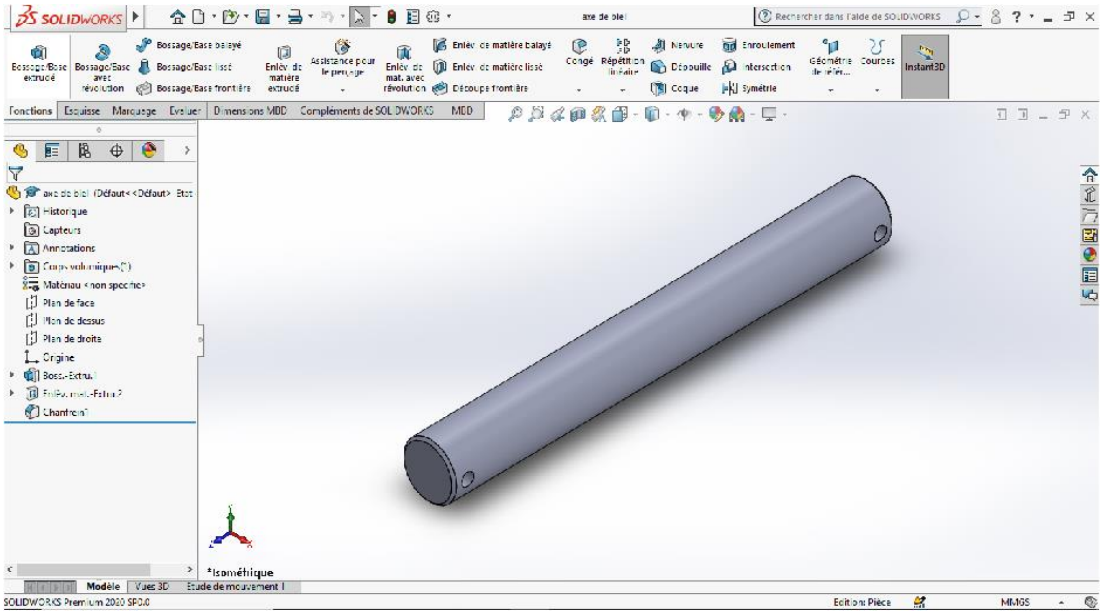


Figure IV.14 : Modèle 3D d'axe de bielle

Fonction : c'est un axe pour supporter les charges latérales exercées par les bielles sur a roue (le piston)

IV.4.11 Modélisation de palier

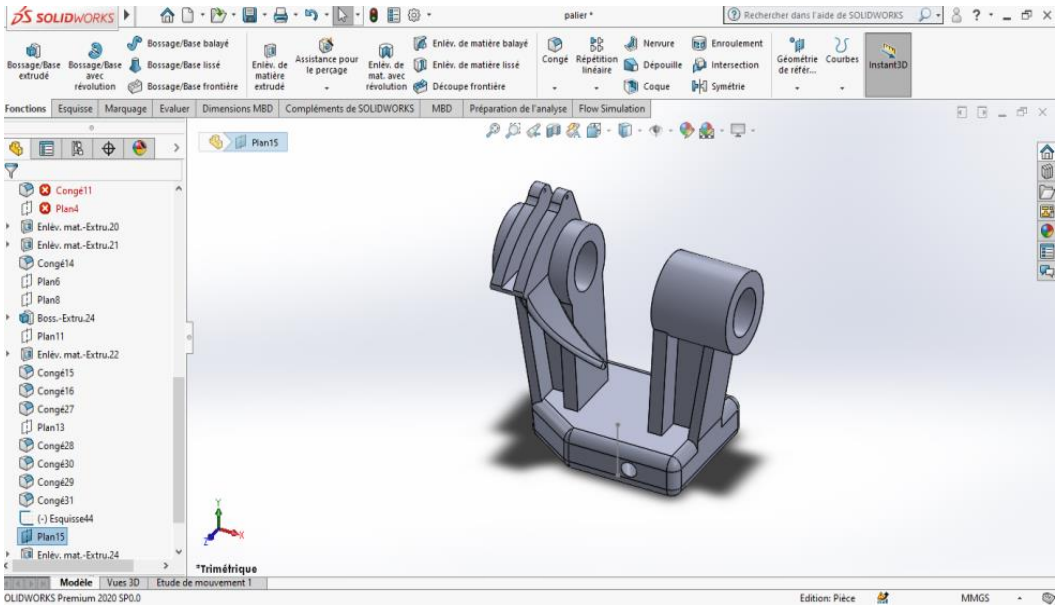


Figure IV.15 : Modèle 3D de palier

Fonction : permettent aux arbres de tourner librement tout en maintenant leur alignement correct. Les paliers aident à réduire les vibrations et les déformations indésirables, assurant ainsi un fonctionnement fluide et fiable de la pompe.

IV.4.12 Modélisation de bague 1

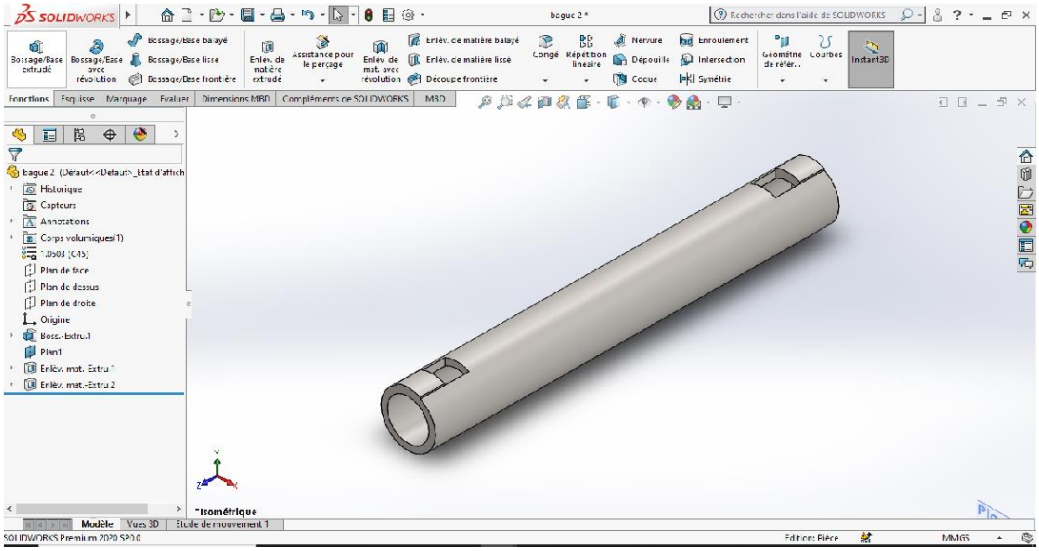


Figure IV.16 : Modèle 3D de bague

Fonction : c'est une pièce fixé avec l'arbre d'entré permet de fixer ce dernier a une distance (bague de distance)

IV.4.13 Modélisation de bague3

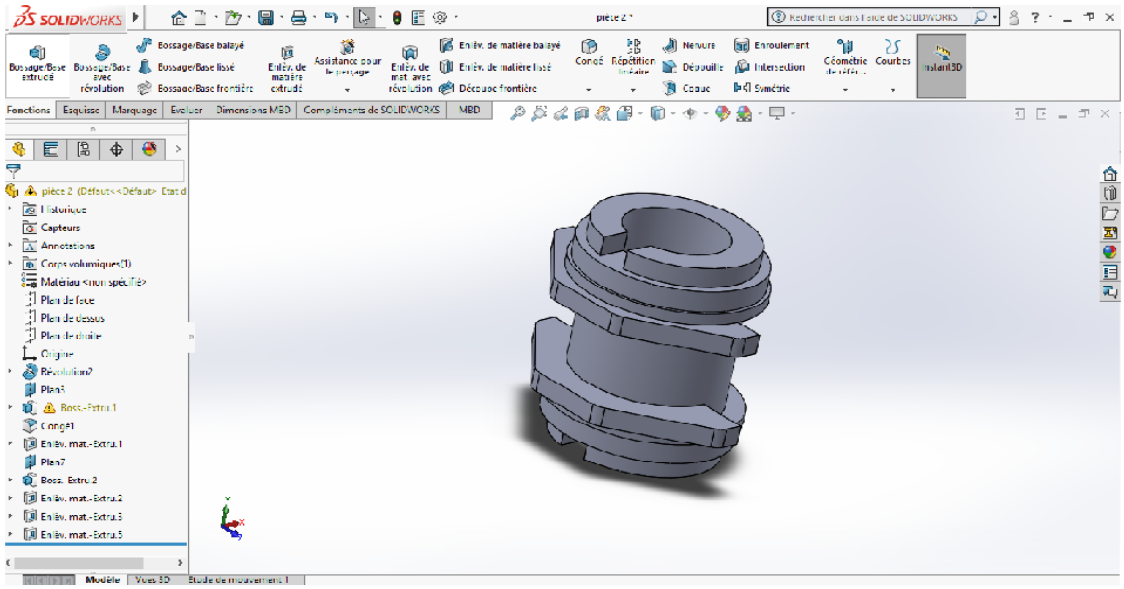


Figure IV.17 : Modèle 3D de bague

Fonction : bague de distance de roues dentées (entretoise)

IV.4.14 Modélisation de bague2

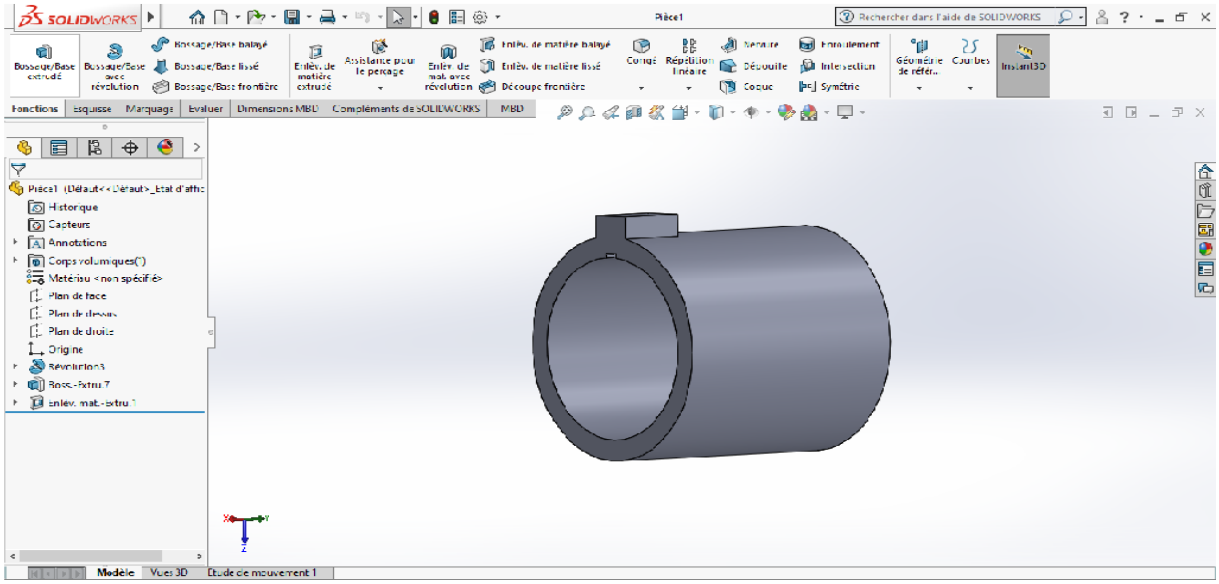


Figure IV.18 : Modèle 3D de bague

Fonction : bague de distance (entretoise) des pignons.

IV.4.15 Modélisation de support

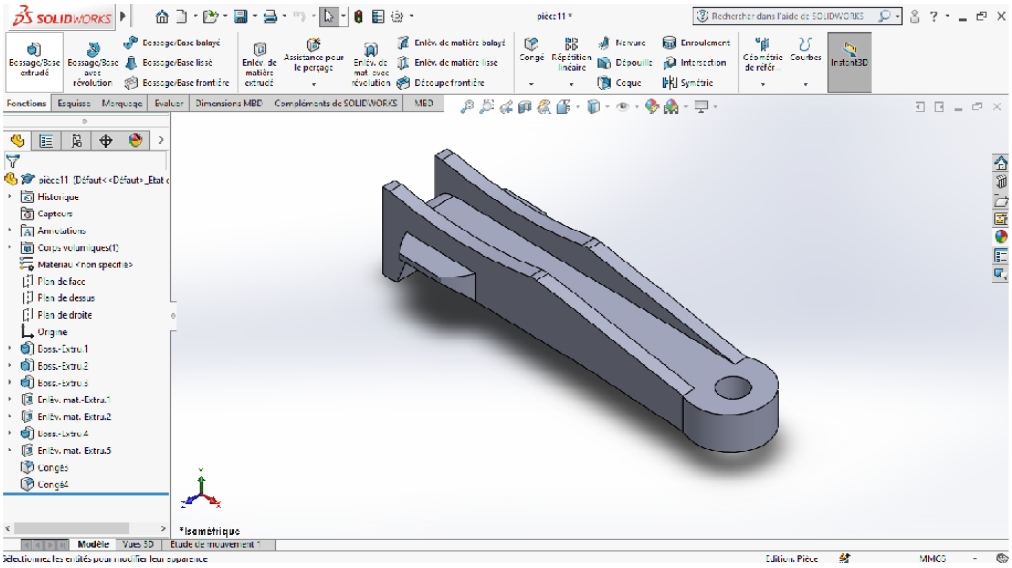


Figure IV.19 : Modèle 3D de support

Fonction : sert à fixer la bague distances de roues d'entées

IV.4.16 Modélisation de chapeau

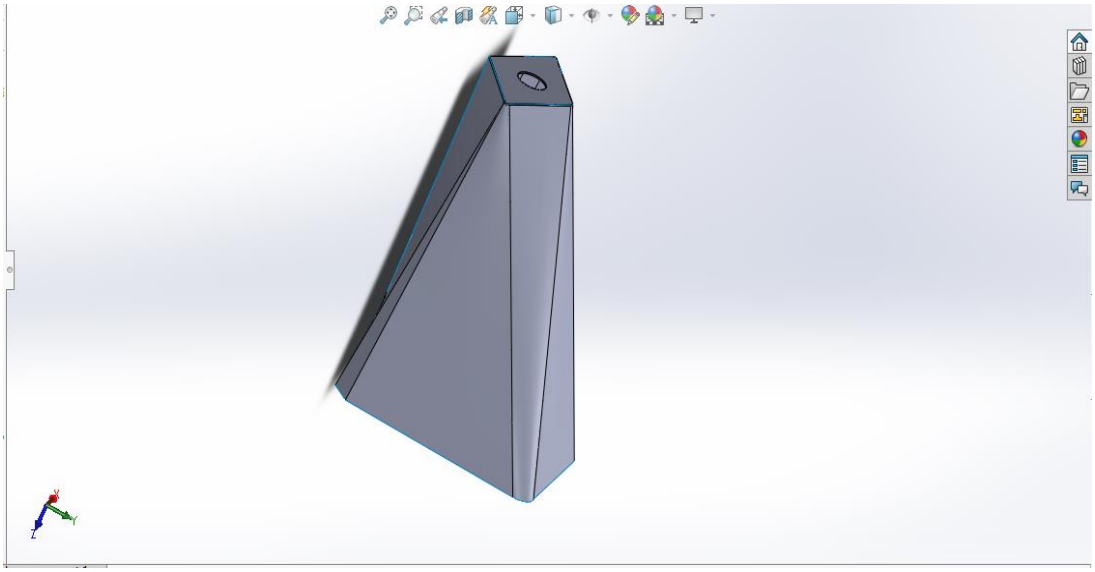


Figure IV.20 : Modèle 3D de couvercle de boite de vitesses

Fonction : Cela fonctionne en protégeant l'intérieur de l'environnement extérieur (eau, poussière, sable) pour assurer son intégrité.

IV.4.17 Modélisation de moyeu

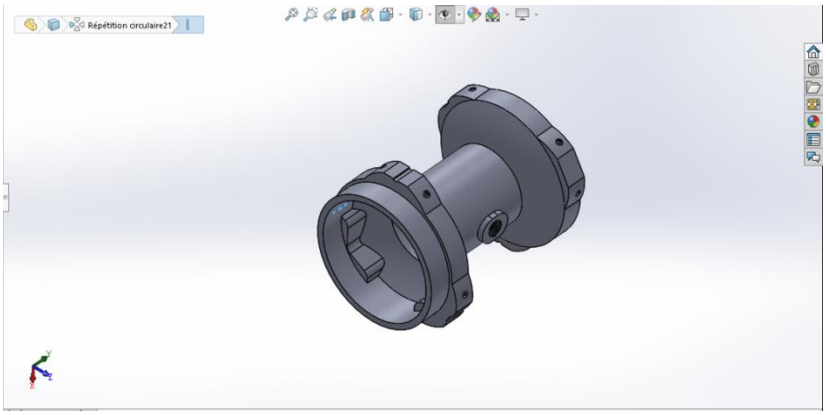


Figure IV.21 : Modèle 3D de moyeu

Fonction : Le moyeu est responsable de la connexion et de la fixation du rotor de l'éolienne. Il est généralement situé à l'extrémité du rotor et sert de point central pour fixer les pales de l'éolienne. Le moyeu permet de transmettre le mouvement rotatif de l'éolienne au réducteur et à la pompe pour le pompage de l'eau.

IV.5 Montage et assemblage du réducteur

Lorsque la conception des pièces et terminer nous avons édité l'assemblage donc :

- Click sur crée un nouveau document

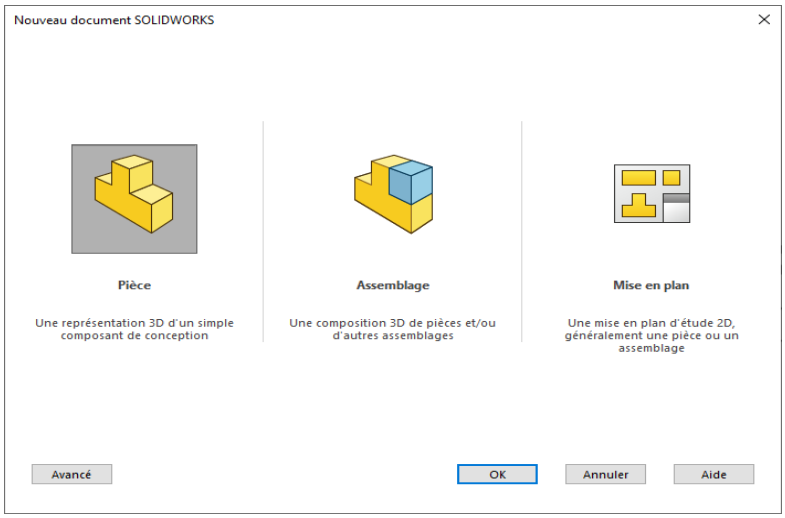


Figure IV.22 : Nouveau document solidworks

- Sélectionner assemblage puis ok
- Click sur parcourir et ouvrir tous les pièces qu'on a
- Click sur contrainte et on fait l'assemblage

IV.5.1 Assemblage (Arbre d'entrée+ pignon+ corps+ moyeu)

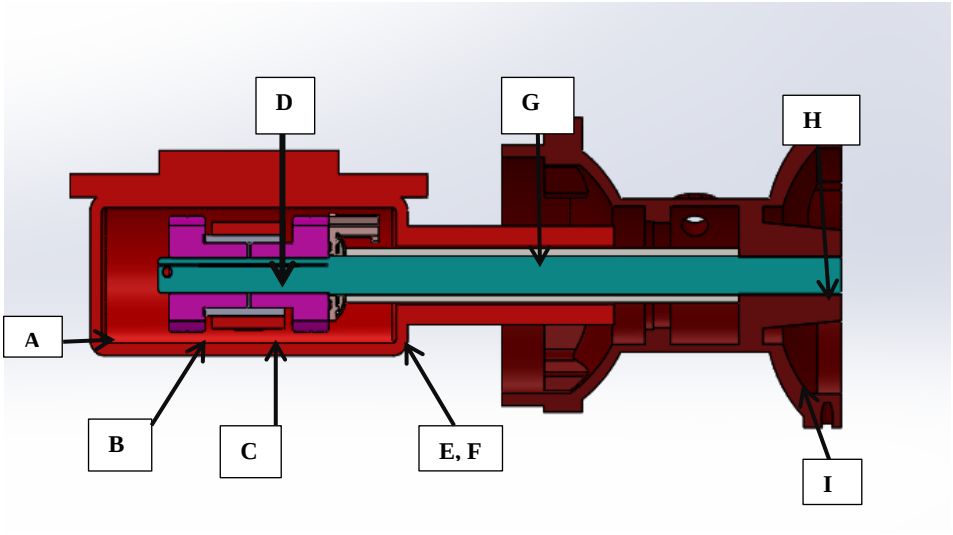


Figure IV.23 : Assemblage d'arbre d'entrée avec les pignons

A: corps
B: pignon
C: bague 2
D: clavette
E, F: Bès arbre collecteur et ressort pour bec rondelle
G: bague 1
H: Arbre d'entrée
I: moyeu

IV.5.2 Assemblage (Roue dentée+ Axe de sortie+ l'axe palier + Guide de roue + bielle+ palier)

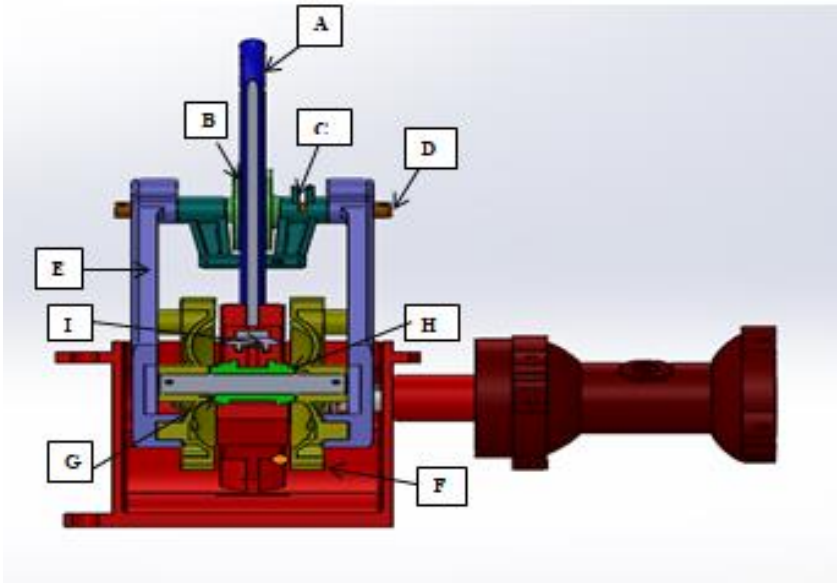


Figure IV.24 : Assemblage d'axe avec roue dentée

A: l'axe palier
B: Guide de roue
C: palier
E: bielle
F : roue dentée
G : Axe de sortie
H : bague
I : support

IV.5.3 Assemblage (pignon+ roue dentée)



Figure IV.25 : Assemblage de Pignon avec Roue dentée

IV.6 Assemblage et Montage finale pour toutes les parties de réducteur

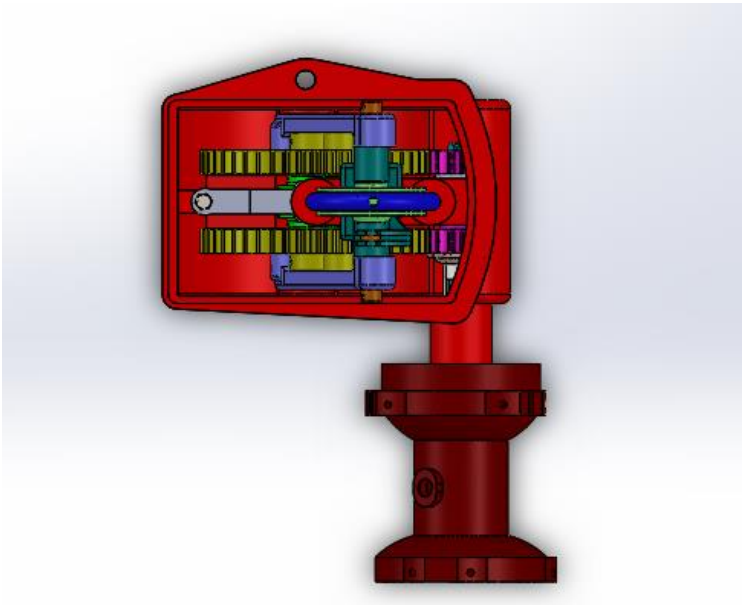


Figure IV.26 : Assemblage finale de réducteur (Orientation de la vue dessus)

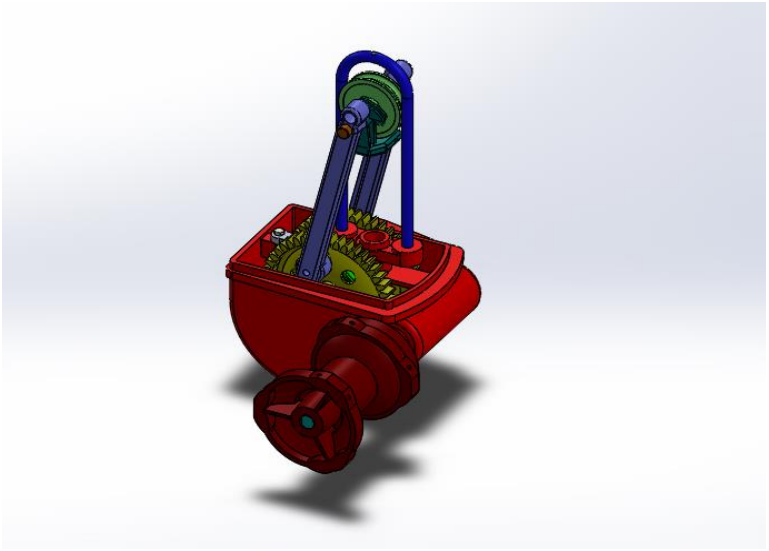


Figure IV.27 : Assemblage finale de réducteur (Orientation de la vue isométriques)

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour concevoir un réducteur en appliquant la méthode de l'ingénierie inverse. Les résultats obtenus ont été vérifiés par l'assemblage virtuel des différentes pièces du réducteur. Nous avons constaté que les valeurs obtenues sont en grande proximité avec celles mesurées par les méthodes conventionnelles de conception (manuelles).

Conclusion générale

Les résultats obtenus dans cette thèse ont démontré la faisabilité et l'efficacité de la méthode de l'ingénierie inverse pour concevoir un réducteur adapté aux exigences de l'éolienne de pompage d'eau. Les outils de conception et de simulation, tels que SolidWorks, ont permis d'optimiser les choix de conception et de fabrication, en prenant en compte les contraintes techniques, économiques et environnementales.

L'étude a souligné l'importance d'une approche méthodologique rigoureuse et de l'utilisation d'outils avancés pour atteindre les objectifs de conception du réducteur. Les résultats obtenus ont montré que les valeurs calculées par la méthode de l'ingénierie inverse étaient en étroite corrélation avec celles obtenues par des méthodes conventionnelles de conception.

En conclusion, cette thèse a contribué de manière significative à la promotion de l'accès à l'eau potable en milieu rural grâce à la conception d'un réducteur adapté aux éoliennes de pompage d'eau. Les résultats obtenus ouvrent la voie à de nouvelles possibilités pour améliorer l'efficacité, la rentabilité et la durabilité des systèmes de pompage d'eau éoliens, offrant ainsi une solution prometteuse pour répondre aux besoins en eau potable dans les régions où les ressources en eau sont limitées.

Bibliographie

Bibliographie

[1] Kuismi S Brahim B. (2014). (*Étude et conception d'une pompe éolienne*) Mémoire De Master, Université Dr : Yahia Farés de Médéa

[2] https://www.windmyroof.com/2023/02/01/histoire-eolienne/

[3] Debbache, M**.** (2012). (*De la conception ā la réalisation de pale éolienne en matériaux composites)* .Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider -Biskra.

[4] Khelfat, L., Maataoui, L. (2017). *(Etude et Simulation d'une éolienne à base d'une Machine Asynchrone Doublement Alimentée).* Mémoire De Master Université Badji Mokhtar-Annaba

[5] https://www.algerie-eco.com/2018/01/01/cder-publication-dun-nouvel-atlas-eolien-de-lalgerie/

[6] Omaïr. (2022). *(Conception, analyse et construction d'une petite éolienne horizontale par impression 3D)* (Thèse de doctorat).

[7] Khaled Ferkous Mr. (2009). (*Etude d'une chaine de conversion d'énergie éolienne)*. Thèse de magister en physique. Université Mentouri Constantine, Algérie.

[8] Cunty, G. (*Eoliennes et aérogénérateurs, guide de l'énergie éolienne''*), EDISUD, 1982.

[9] Georges Darrieus (1888 – 1979) :(*ingénieur français ayant occupé différentes fonctions à la Compagnie Electro Mécanique)*. Il dépose un brevet en 1927 sur l'éolienne à axe vertical

[10] https://eolienne.ooreka.fr/comprendre/eolienne-verticale

[11] Merzouk, N. K. (1999). (*Carte des Vents de l'Algérie-Résultats Préliminaires. Revue Energ. Ren.):* Valorisation, 209-214.

[12] Cour de Mr RAKOTOARISON Simon 2009, *ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL*

[13] https://fr.123rf.com/photo_12458167_moulin-%C3%A0-vent-de-la-pompe-aux-etats-unis.html

[14] https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1687814019880405

[15] https://windmillstech.com/windmill-water-pumping-how-does-it-work

[16] Cours de construction mécanique ; Lycée technique Ahmadou Bamba Diourbel.

Bibliographie

[17] Mokhtari L .,Mahmoudi M., Chiker Y.,Bachene M (2022) (*Étude et Conception d'un Rèducteur à train èpicycloidal.)*

[18] Guenouna D., Bouteldja EL (2019).(*Etude de réducteur de vitesse pour convoyeur à sel*). Mémoire De Master Abdel Hamid iben badis-mostaganem

[19] Glade, M. (2005). *(Modélisation des coûts de cycle de vie: prévision des coûts de maintenance et de la fiabilité: Application à l'aéronautique).*Doctoral dissertation, Ecully, Ecole centrale de Lyon.]

[20] https://eduscol.education.fr/sti/concours_examens/epreuve-u33-bac-pro-edpi-juin-2021

[21] AIDI, M., & BACHENE, M. (2019). (*Maintenance corrective d'un réducteur de vitesse dans le cas de défaillance d'une roue dentée à denture droite ou hélicoïdale.)*

[22] A-Chevalier "*Guide de dessinateur industriel*" Ed –Hachette technique1981

[23] Boudjahroune M. (2016). (*Analyse statique et cinématique d'un réducteur épicycloïdal*) plan. Mémoire De Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

[24] Guide des sciences et technologies industrielles Jean-Louis FRANCHON.

[25] Gearing basics, Power transmission Design, July 1994 pp. 49-53

[26] cours- chapitre N°07;*transmission par engrenage*..M.Benjaber.

[27] Cours *Eléments de Machines destiné aux étudiants* de Master 2, Institut des sciences et de la technologie Ain Témouchent, 2016. BELOUFA AM.

[28] Mounir ALLICHE, Kamel LAIDI (*Study of the Wind Potential in the Region of MEDEA (ALGERIA)*

[29] GINA STOICA, BERNARD LEDUC .*méthodologie de calcul et deconception d'un réducteur d'engrenage cylindrique ou conique* ; universitéPOLITHNICA de Bucarest, université libre de Bruxelles, année 2009

[30] PHILIPPE BOISSEAU, *La conception mécanique-Méthodologie et optimisation*. 2eme éditionDUNOD 2016.

ANNEXE

ANNEXE (A)

MODULES NORMALISES			
Valeur principales		***Valeur 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**	**--**

ANNEXE (B)

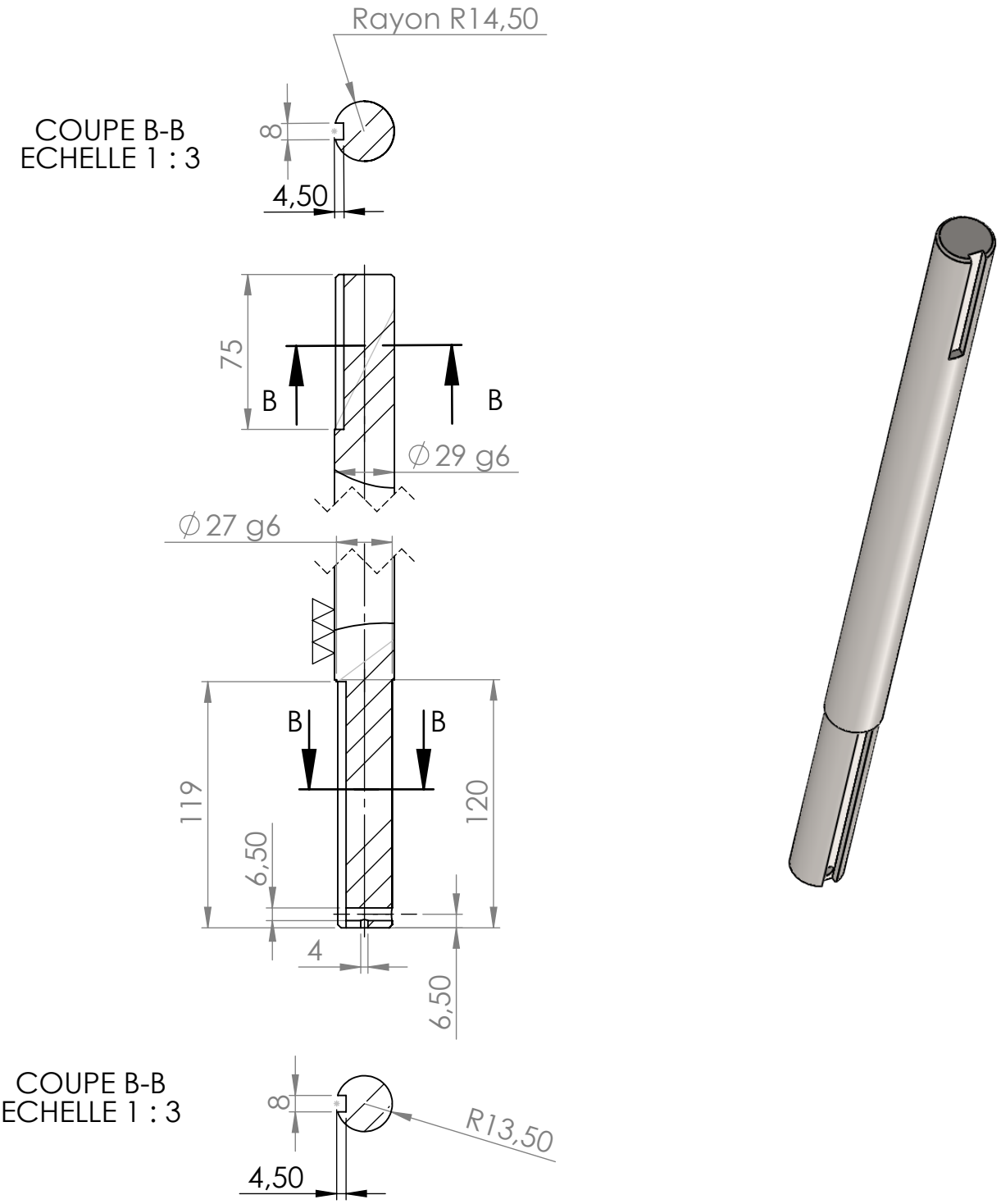
Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées

d de – à (inclus)	série normale						série mince			cas d'une fixation par vis				
	a	*b*	*s*	*J*	*K*	*L*	*b**	*J**	*K**	vis	*t*	*z*	*g*	*r*
6 à 8	2	2	0,16	*d* – 1,2	*d* + 1	6 à 20								
9 à 10	3	3	à	*d* – 1,8	*d* + 1,4	6 à 36								
11 à 12	4	4	0,25	*d* – 2,5	*d* + 1,8	8 à 45								
13 à 17	5	5	0,25	*d* – 3	*d* + 2,3	10 à 56	3	*d* – 1,8	*d* + 1,4					
18 à 22	6	6	à	*d* – 3,5	*d* + 2,8	14 à 70	4	*d* – 2,5	*d* + 1,8	M2,5-6	5	2,9	3	2,5
23 à 30	8	7	0,40	*d* – 4	*d* + 3,3	18 à 90	5	*d* – 3	*d* + 2,3	M3-8	6,5	3,4	3,5	3
31 à 38	10	8	0,40	*d* – 5	*d* + 3,3	22 à 110	6	*d* – 3,5	*d* + 2,8	M4-10	8	4,5	4,5	4
39 à 44	12	8	à	*d* – 5	*d* + 3,3	28 à 140	6	*d* – 3,5	*d* + 2,8	M5-10	10	5,5	5,5	5
45 à 50	14	9	0,60	*d* – 5,5	*d* + 3,8	36 à 160	6	*d* – 3,5	*d* + 2,8	M6-10	12	6,6	6,5	6
51 à 58	16	10	0,60	*d* – 6	*d* + 4,3	45 à 180	7	*d* – 4	*d* + 3,3	M6-10	12	6,6	6,5	6
59 à 65	18	11	à	*d* – 7	*d* + 4,4	50 à 200	7	*d* – 4	*d* + 3,3	M8-12	16	9	8,5	8
66 à 75	20	12	0,80	*d* – 7,5	*d* + 4,9	56 à 220	8	*d* – 5	*d* + 3,3	M8-12	16	9	8,5	8
76 à 85	22	14	1	*d* – 9	*d* + 5,4	63 à 250	9	*d* – 5,5	*d* + 3,8	M10-12	20	11	10,5	10
86 à 95	25	14	à	*d* – 9	*d* + 5,4	70 à 280	9	*d* – 5,5	*d* + 3,8	M10-12	20	11	10,5	10
96 à 110	28	16	1,2	*d* – 10	*d* + 6,4	80 à 320	10	*d* – 6	*d* + 4,3	M10-16	20	11	10,5	10

ANNEXE (C)

ANNEXE

	$R_{p\,0,2}$ [N/mm^2]	R_m [N/mm^2]	s3	R_{pe} [N/mm^2]
Aciers fins au carbone				
XC 25				
d≤16	365	615	1,19	168,96
16<d≤40	305	565	1,08	155,22
XC 38				
d≤16	490	760	1,29	208,79
16<d≤40	400	700	1,14	192,31
XC 42				
d≤16	520	810	1,28	222,53
16<d≤40	430	740	1,16	203,30
XC 48				
d≤16	550	855	1,29	234,89
16<d≤40	460	780	1,18	214,29
Aciers au chrome				
38 C 4				
d≤16	735	1030	1,43	282,97
16<d≤40	635	930	1,37	255,49
Aciers au chrome-molybdène				
34 CD 4				
d≤16	835	1030	1,62	282,97
16<d≤40	715	980	1,46	269,23
42 CD 4				
d≤16	930	1175	1,58	322,80
16<d≤40	815	1080	1,51	296,70
Acier au chrome-vanadium				
50 CV 4				
d≤16	930	1225	1,52	336,54
16<d≤40	785	1080	1,45	296,70



Pour: **rèducteur d'un pompe éoliennne**	Dessin N°: **02** **Univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**CHOULI*A**
verifié constr.	**BEZAZ*CH**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

Matière **42CD4(42Cr04**

Designation

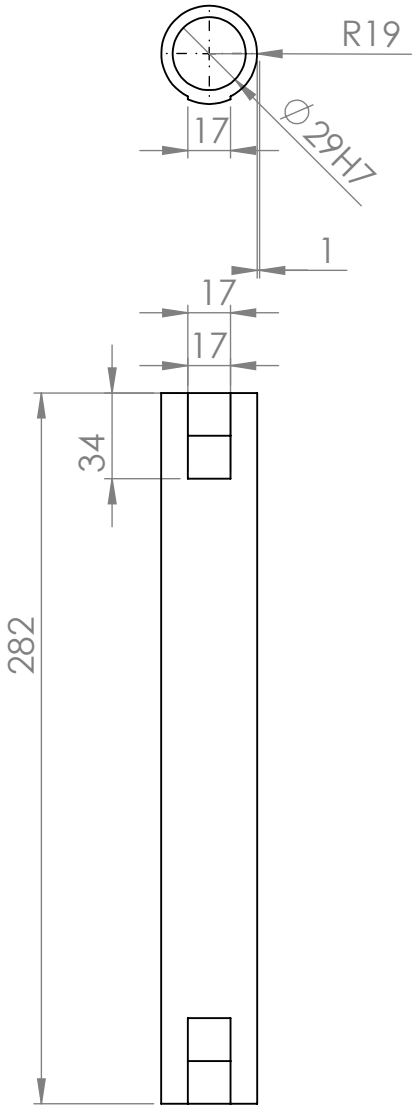
Arbre de transmition 01

1/2

Dessin N°

02

Echange pour:





Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**	Dessin N°: **01** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**BEZAZ*CH**
verifié constr.	**CHOULI*A**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

Matière **C45**

Designation

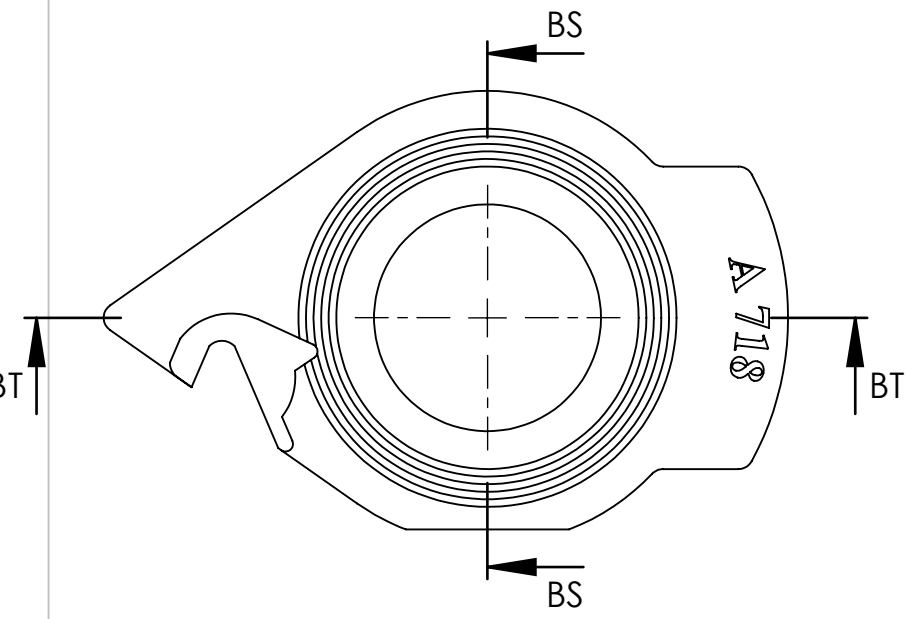
BAGUE 1

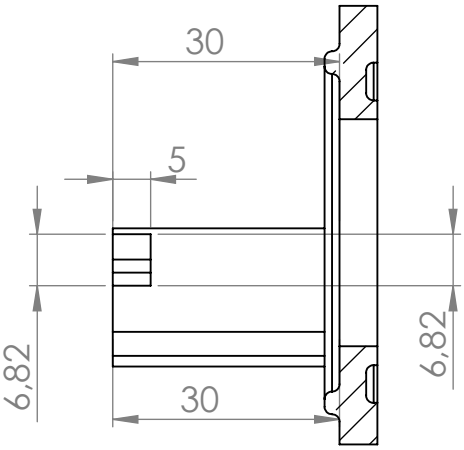
1/2

Dessin N°

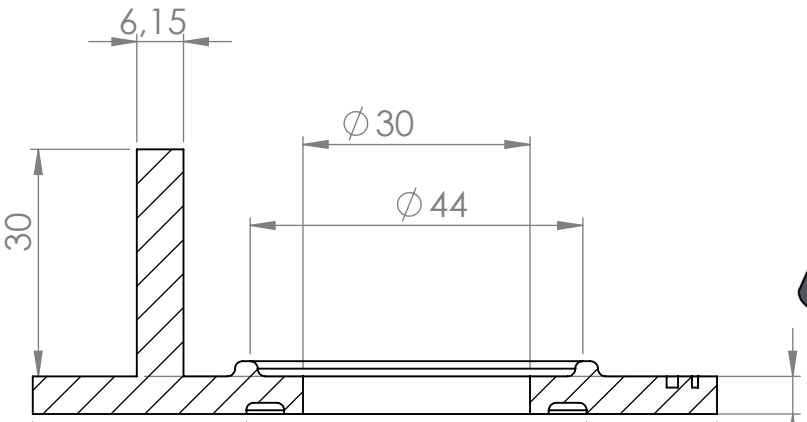
01

Echange pour:

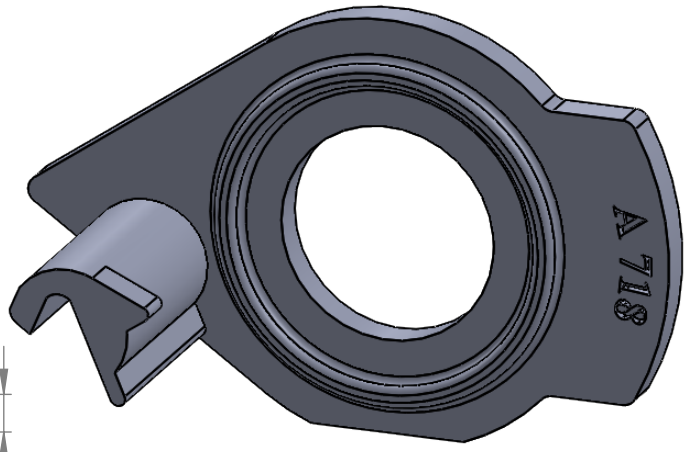




COUPE BS-BS
ECHELLE 1 : 1



COUPE BT-BT
ECHELLE 1 : 1



Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**	Dessin N°: **15** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**CHOULI*A**
verifié constr.	**BEZAZ*CH**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

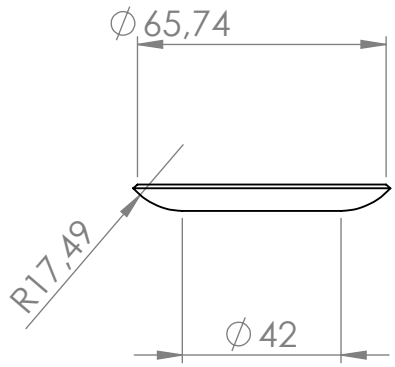
Matière **C45-C60**

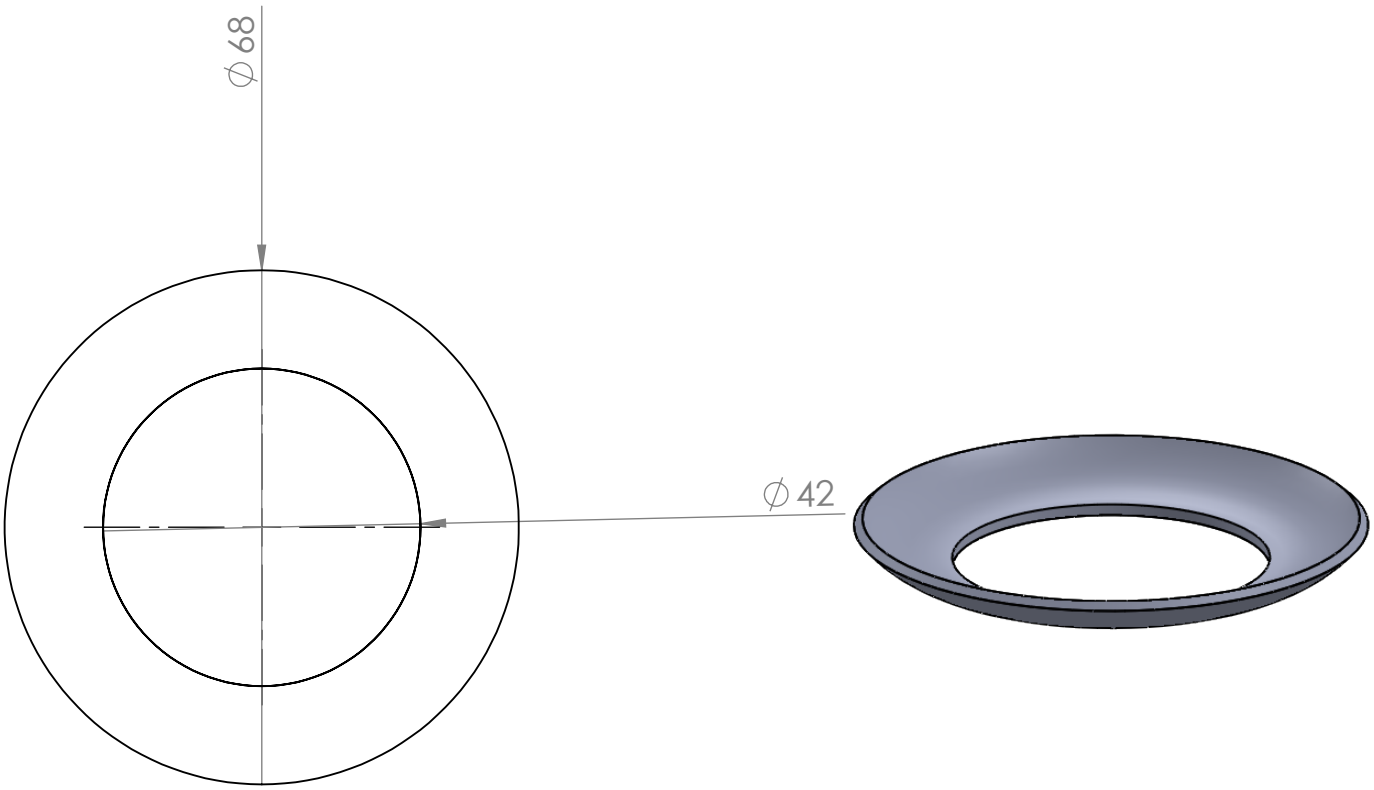
Designation **Bec, arbre collecteur**

1/2

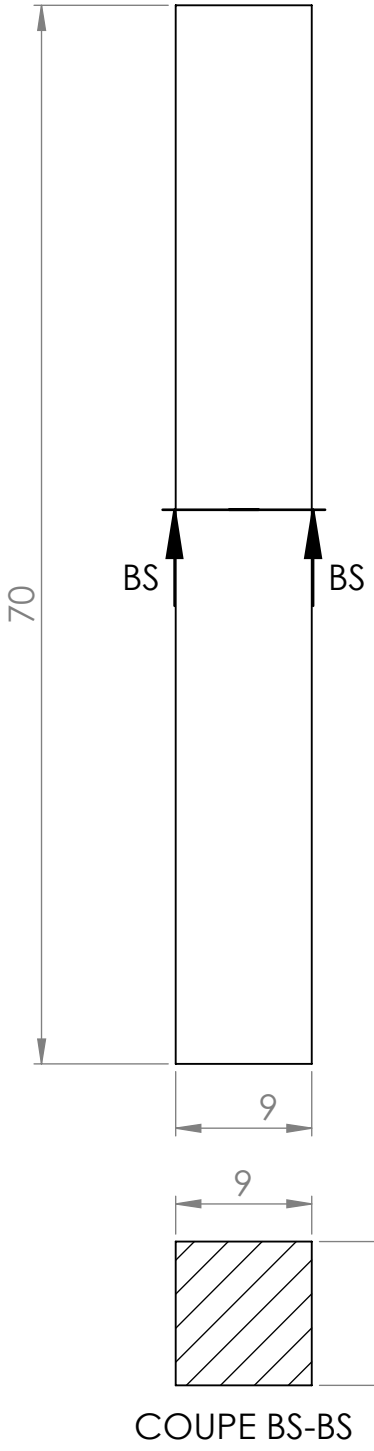
Dessin N° **15**

Echange pour:

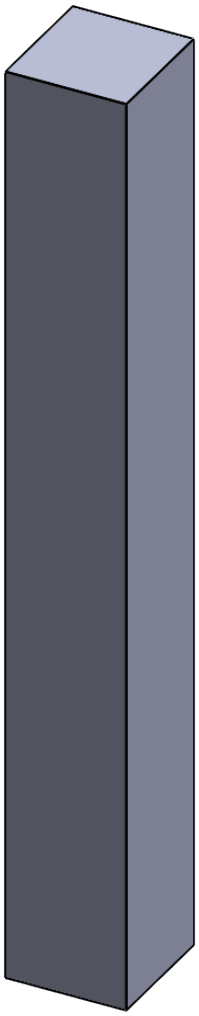




Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**				Dessin N°: **16** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini
					Matière **C45-C60**
				Dessiné **CHOULI*A**	Designation
				verifié constr. **BEZAZ*CH**	**Ressort pour bec rondelle**
				verifié technol. **BEN AICHA*M**	**1/2**
				verifié standard. **KHORCHEF*A**	
				approuvé **03/05/2023**	Dessin N° **16**
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:



COUPE BS-BS



Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**	Dessin N°: **04** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**BEZAZ*CH**
verifié constr.	**CHOULI*A**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

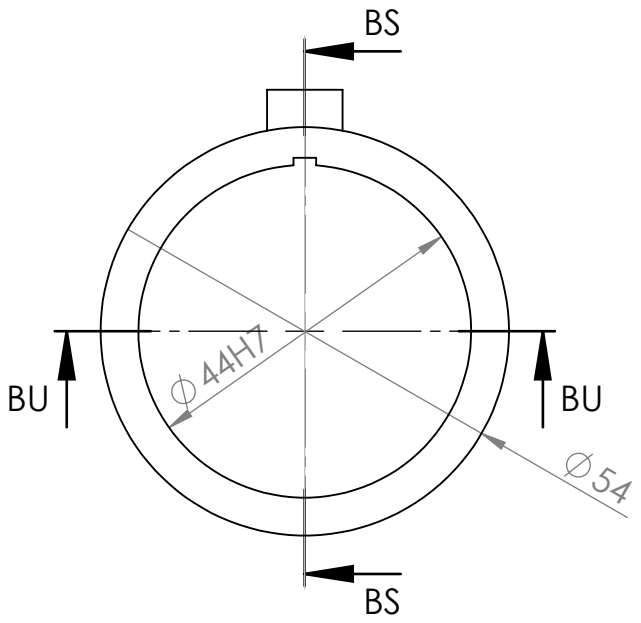
Matière **ST 60-2**

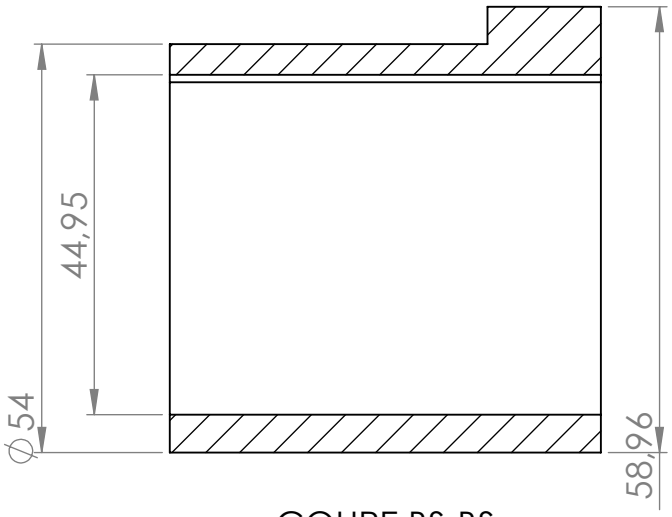
Designation **clavette**

1/2

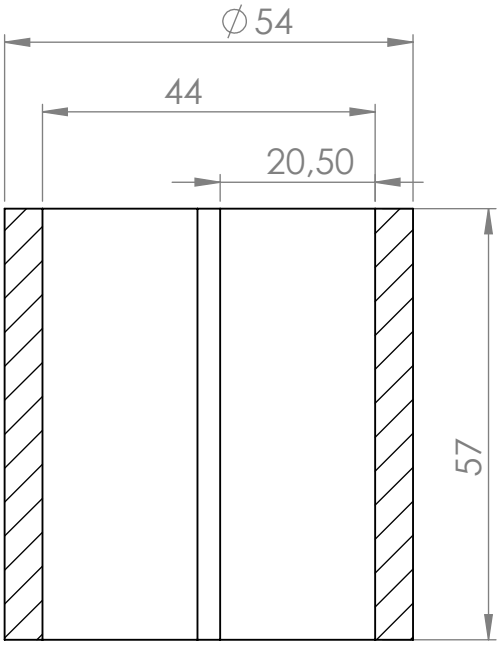
Dessin N° **04**

Echange pour:

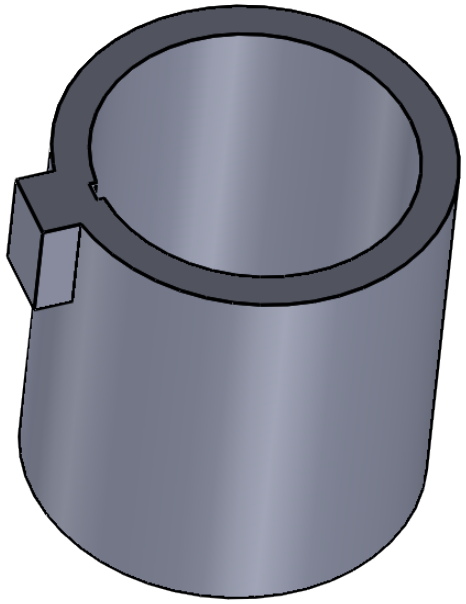




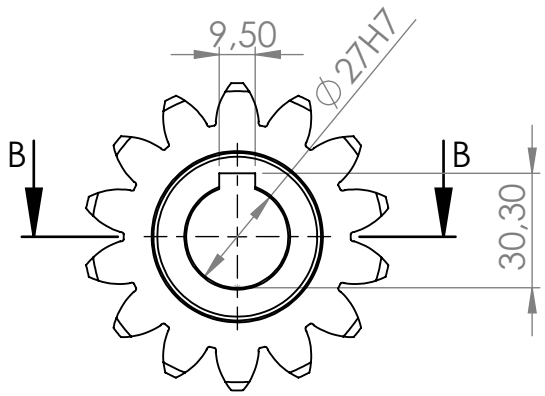
COUPE BS-BS

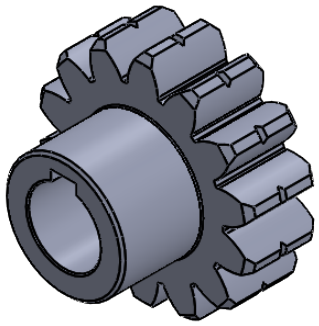


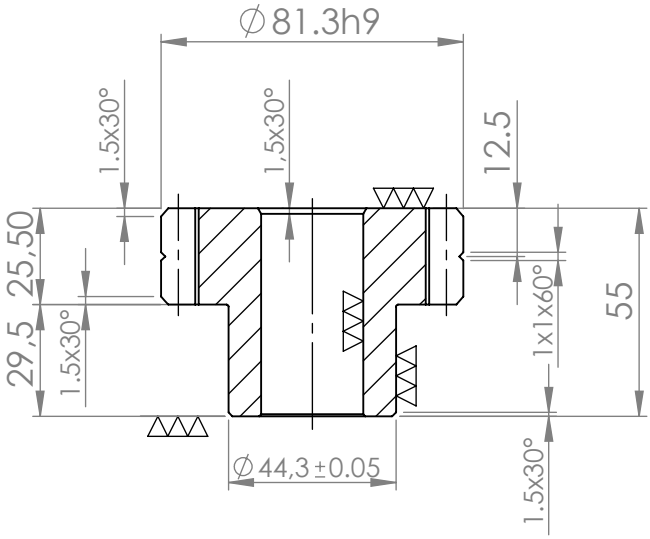
COUPE BU-BU



Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**				Dessin N°: 05 **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini / Matière **C45-C60**
				Dessiné **CHOULI*A**	Designation **BAGUE 2**
				verifié constr. **BEZAZ*CH**	**1/2**
				verifié technol. **BEN AICHA*M**	
				verifié standard. **KHORCHEF*A**	Dessin N° **05**
				approuvé **03/05/2023**	
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:







SECTION B-B

m	5
Z	14
B°	20°
qualite	8 cd
h	11.25
W	nom=23.9 max=23.85 min=23.83
Zw	2 dent
Fr	0.056

Pour:
rèducteur de pompe éoliennne

Dessin N°:
Univ Dr: yahia farès de mèdèa

Poids brut | Poids final
Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**BEZAZ*CH**
verifié constr.	**CHOULI*A**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**khorchef*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini
Matière **20MnCr5-5(20Mc5)**

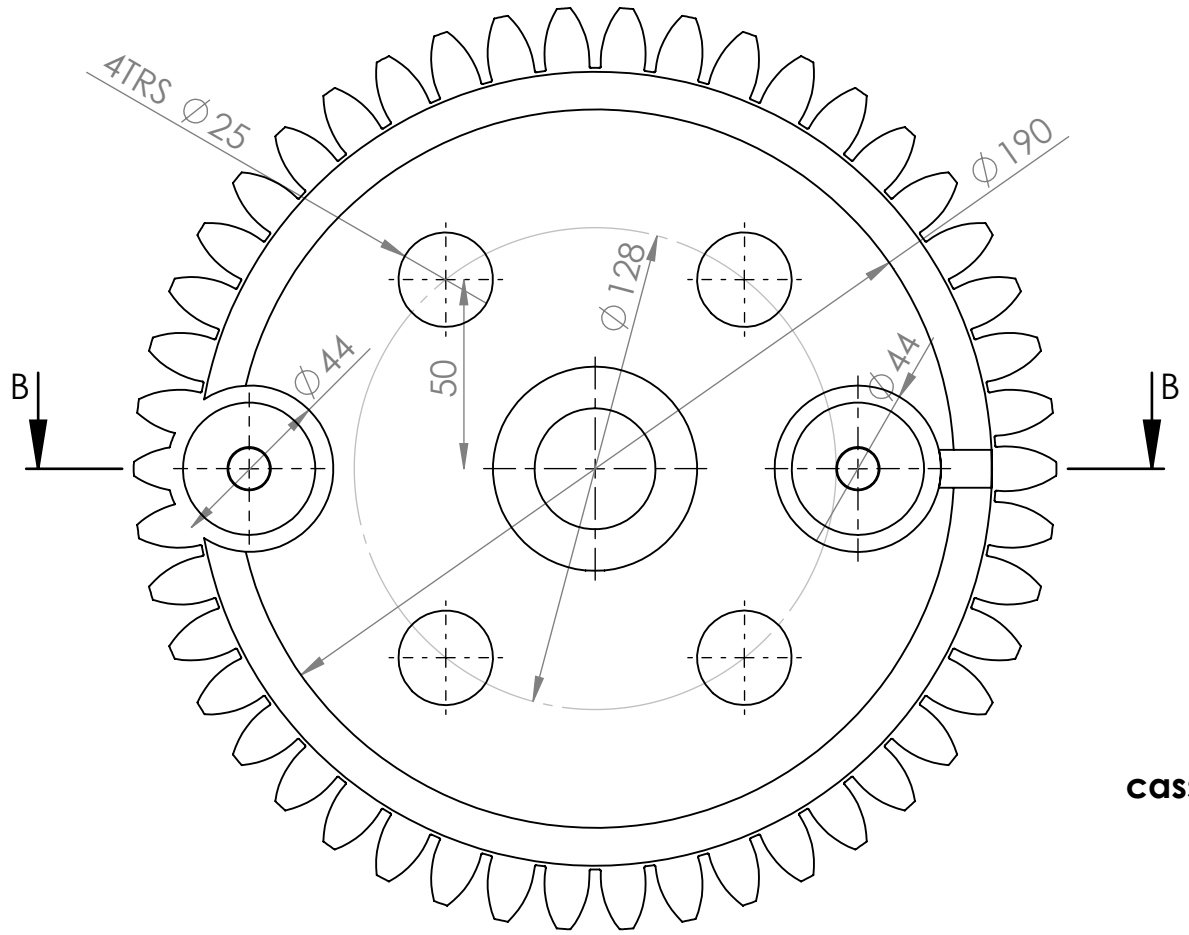
Designation
pignon

1/2

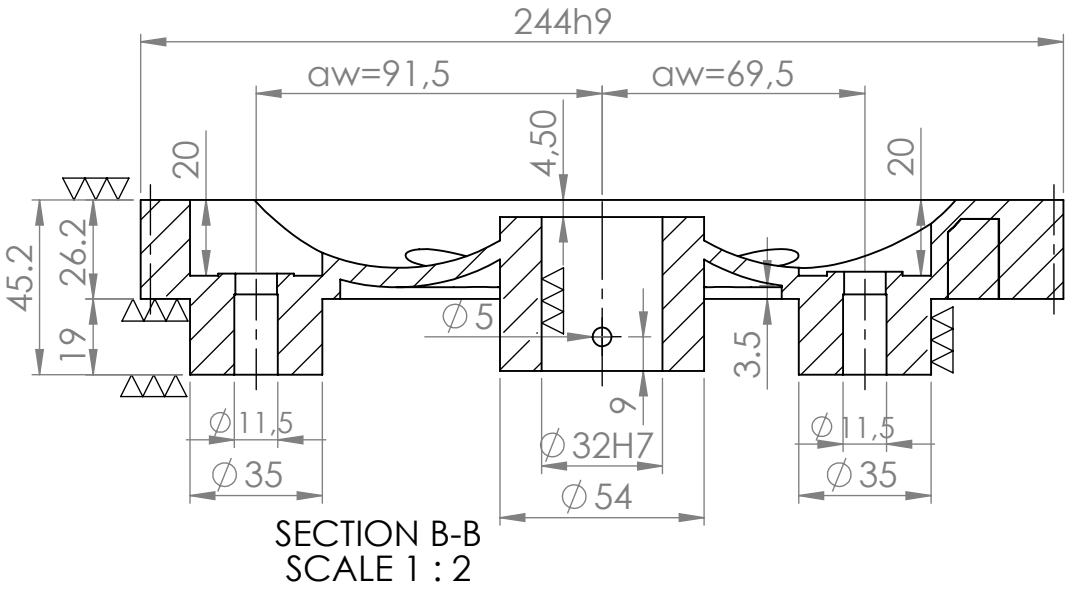
Dessin N°
04

Echange pour:

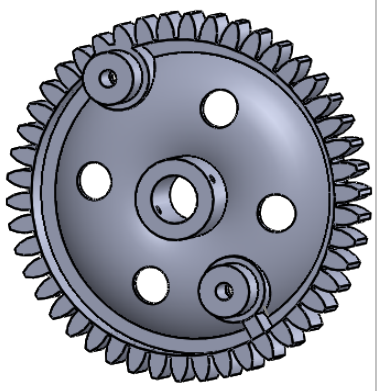
m	5
Z	46 dent
B	20°
h	11.25
W	nom=86.241 max=86.100 min=86.006
Zw	6 Dent
Fr	0.071



casse les angles vifs



SECTION B-B
SCALE 1 : 2



Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**	Dessin N°: **06** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**chouli*A**
verifié constr.	**BEZAZ*CH**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**khorchef*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

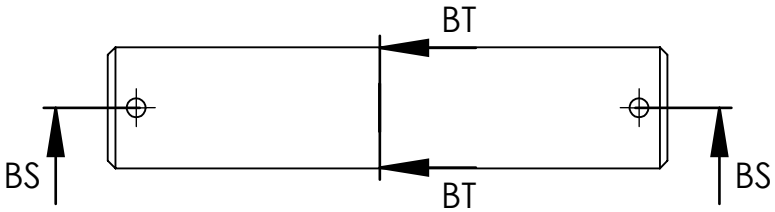
Matière **FONT(FGL/FGS)**

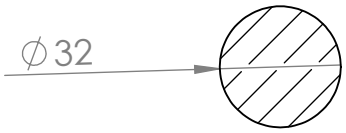
Designation **roue dents**

1/2

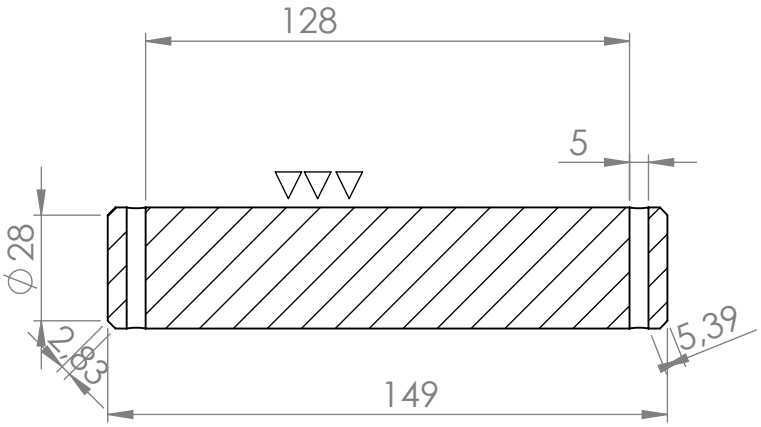
Dessin N° **06**

Echange pour:

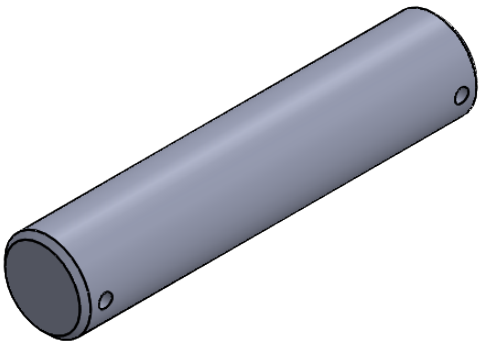




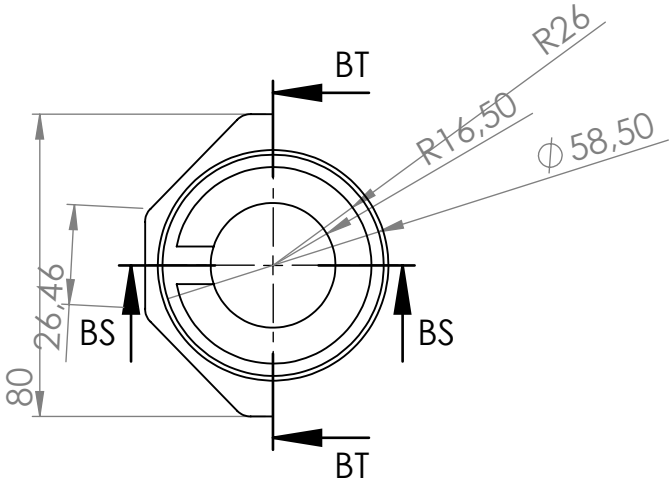
COUPE BT-BT
ECHELLE 1 : 2

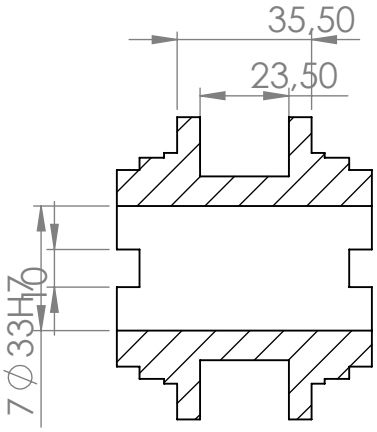


COUPE BS-BS
ECHELLE 1 : 2

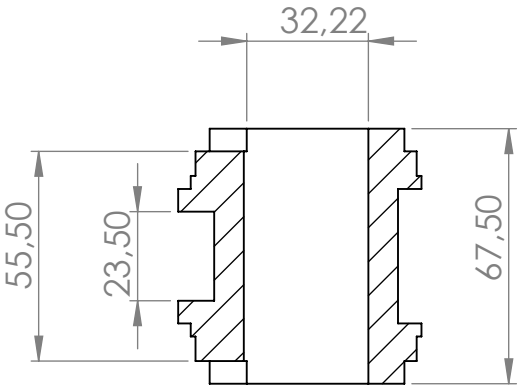


Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**				Dessin N°: **09** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut Masse kg	Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini Matière **C45-C60**	
				Dessiné **BEZAZ*CH**	Designation **Axe**	**1/2**
				verifié constr. **CHOULI*A**		
				verifié technol. **BEN AICHA*M**		
				verifié standard. **KHORCHEF*A**		
				approuvé **03/05/2023**	Dessin N° **09**	
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:	

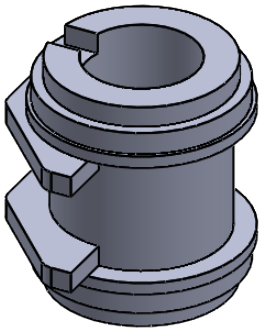




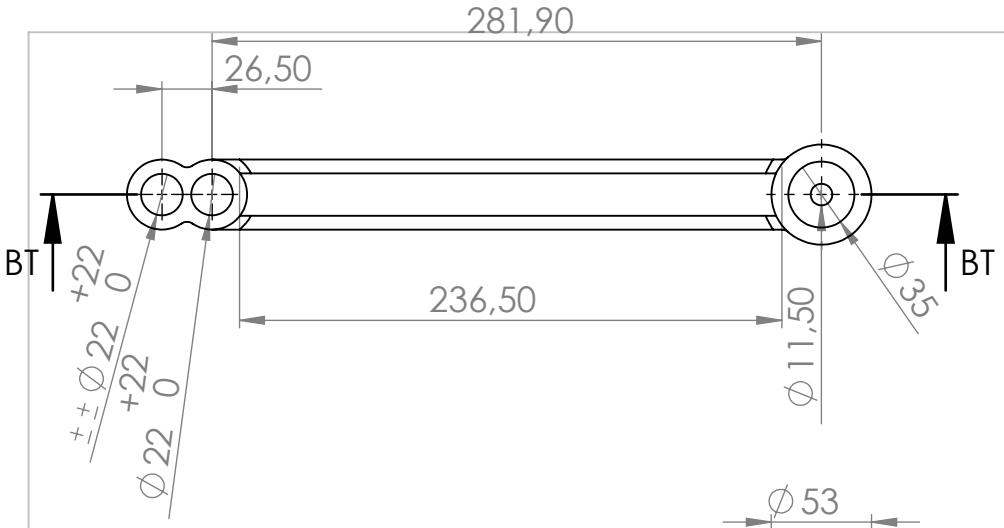
COUPE BT-BT

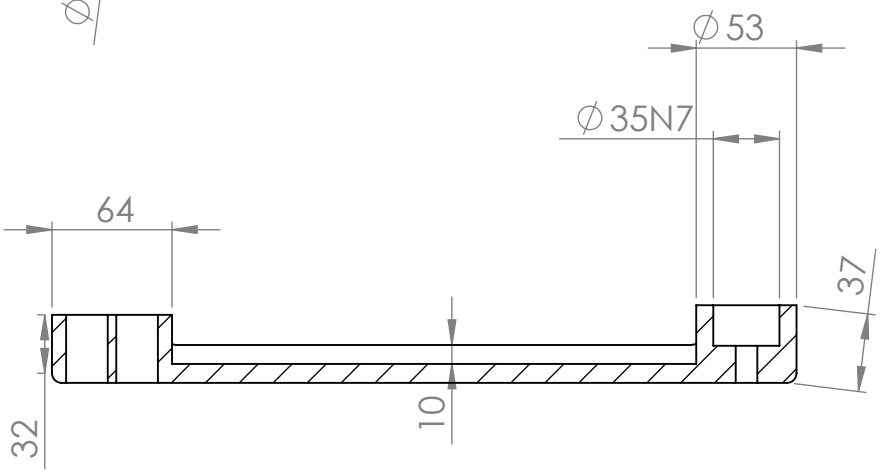


COUPE BS-BS

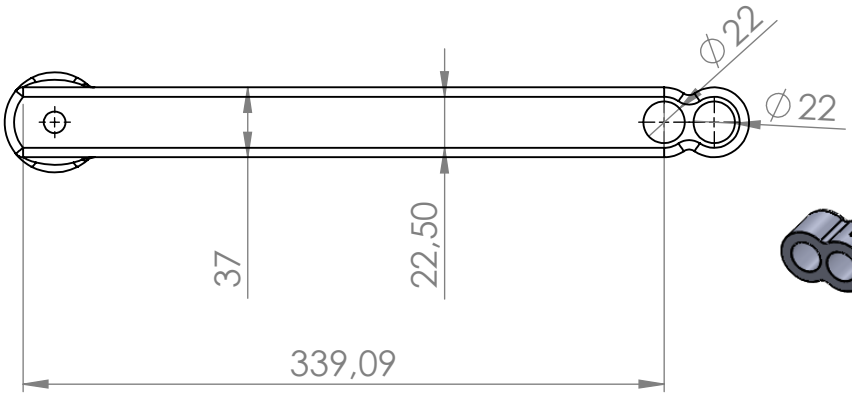


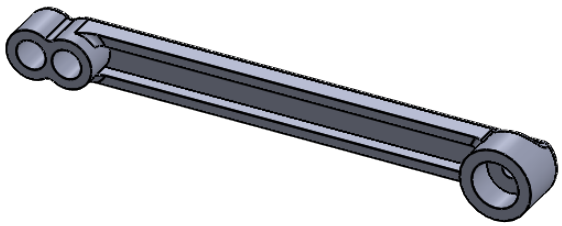
Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**				Dessin N°: **08** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini / Matière: **C45-C60**
				Dessiné: **CHOULI*A**	Designation: **BAGUE 03** — **1/2**
				verifié constr.: **BEZAZ*CH**	
				verifié technol.: **BEN AICHA*M**	
				verifié standard.: **KHORCHEF*A**	
				approuvé: **03/05/2023**	Dessin N°: **08**
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:



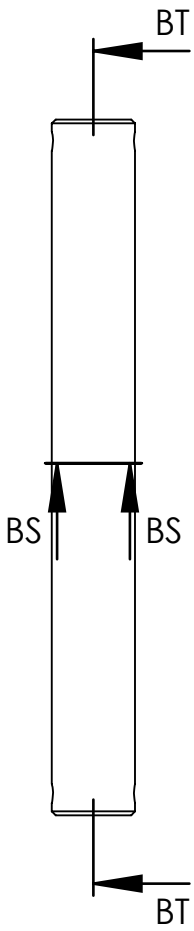


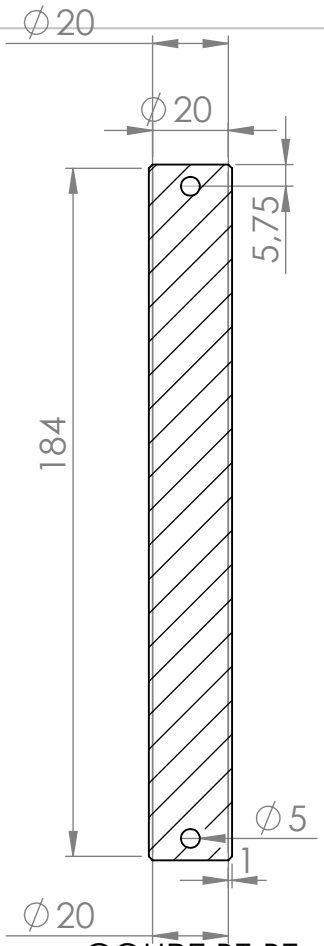
COUPE BT-BT
ECHELLE 1 : 4



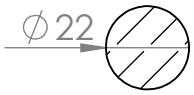


Pour: **rèducteur d'unpompe éoliennne**				Dessin N°: **10** **UnivDr: yahia farès de Mèdea**	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini / Matière: **fonte**
				Dessiné: **chouli*A**	Designation: **Bielle**
				verifié constr.: **Bezaz*ch**	**1/2**
				verifié technol.: **BEN AICHA*M**	
				verifié standard.: **KHORCHEF*A**	Dessin N° **10**
				approuvé: **03/05/2023**	
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:

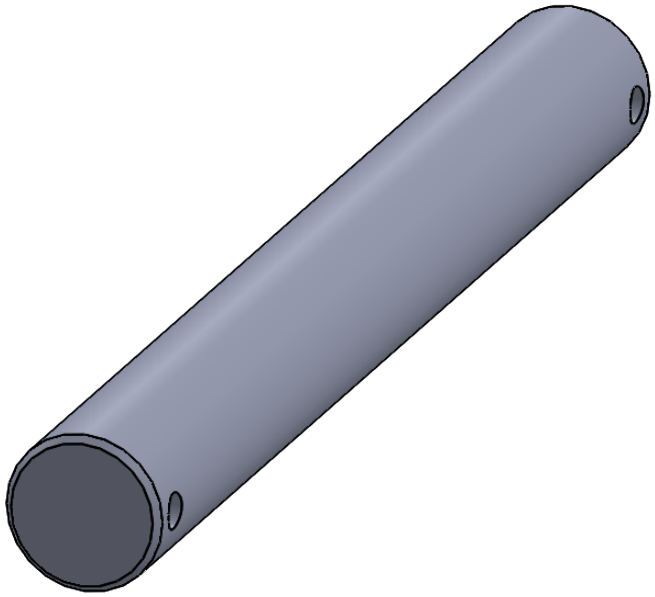




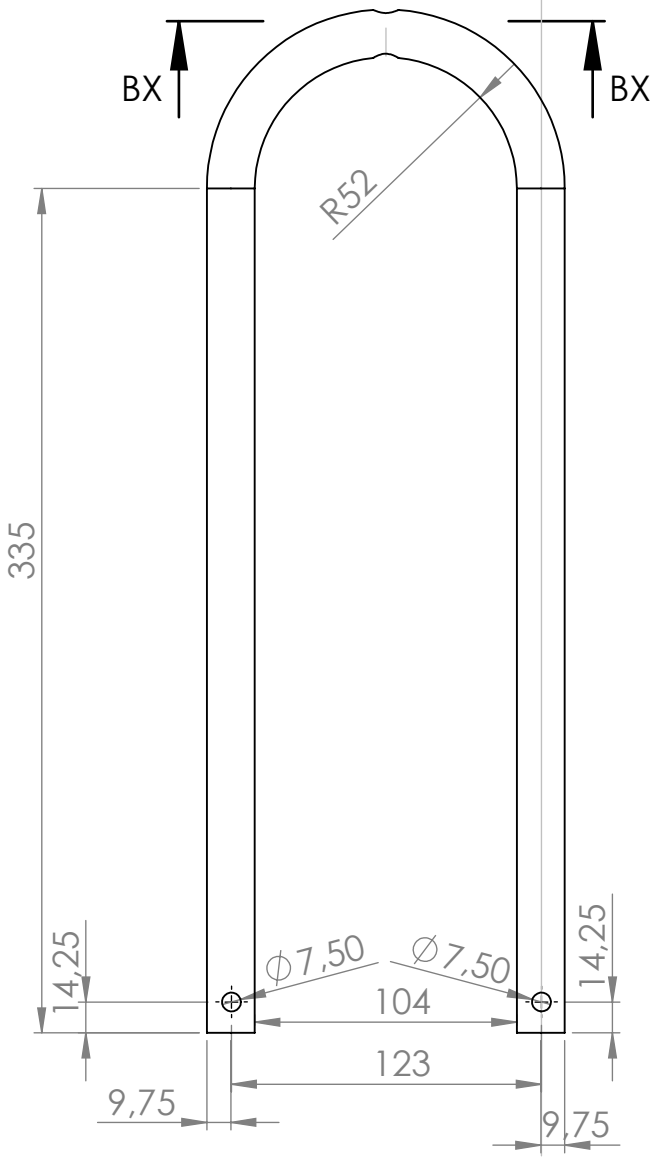
COUPE BT-BT

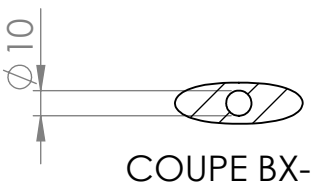


COUPE BS-BS

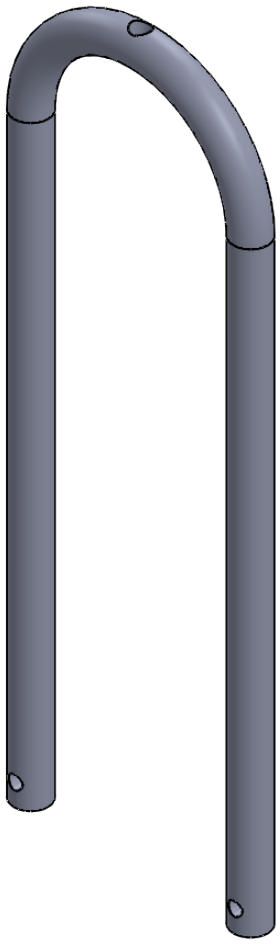


Pour: **pompe éoliennne**				Dessin N°: 16 univ yahia fares mèdèa	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini / Matière: C45-C60
				Dessiné: **BEZAZ*CH**	Designation: **Axe de bielle**
				verifié constr.: **CHOULI*A**	**1/2**
				verifié technol.: **BEN AICHA*M**	
				verifié standard.: **KHORCHEF*A**	Dessin N° 16
				approuvé: **03/05/2023**	
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:





COUPE BX-BX
ECHELLE 1 : 3



Pour: **rèducteur d'un pompe éoliennne**	Dessin N°: **14** **univ Dr:yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**BEZAZ*CH**
verifié constr.	**CHOULI*A**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini **42CD4**

Matière

Designation

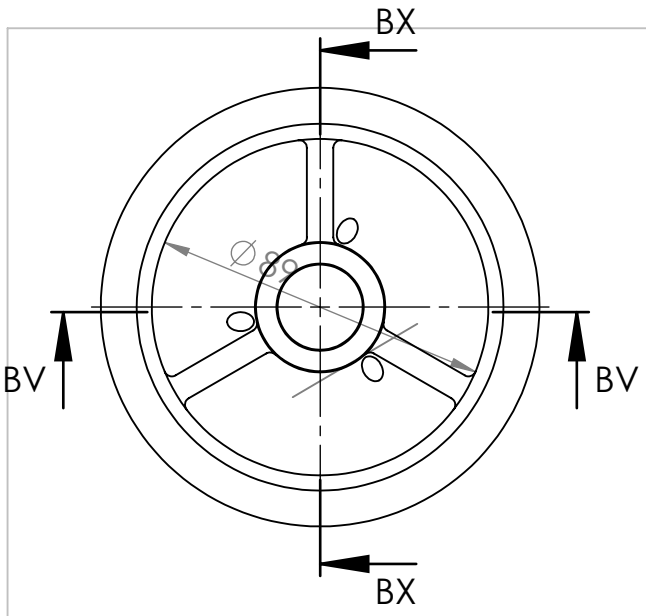
Axe plier

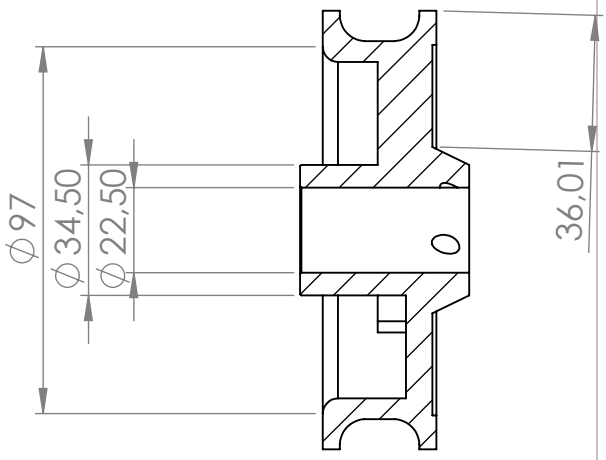
1/2

Dessin N°

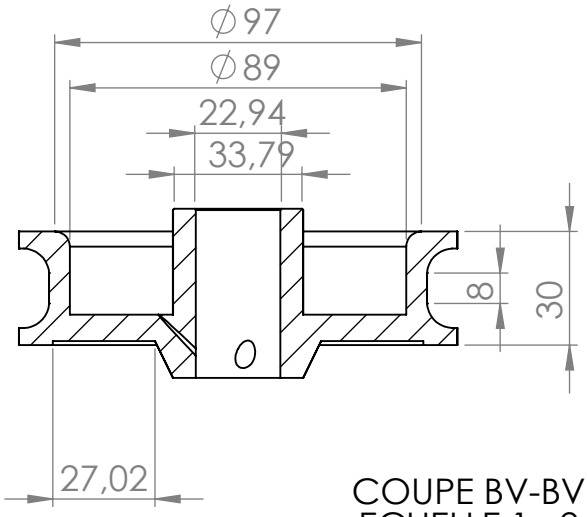
14

Echange pour:

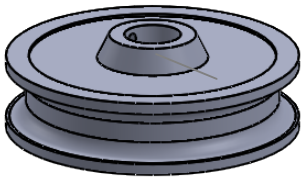




COUPE BX-BX
ECHELLE 1 : 2



COUPE BV-BV
ECHELLE 1 : 2



Pour: **rèductur d'un pompe éoliennne**	Dessin N°: **12** **Univ Dr: yahia farèse de mèdèa**	Poids brut	Poids final
		Masse kg	

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**CHOULI*A**
verifié constr.	**BEZAZ*CH**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

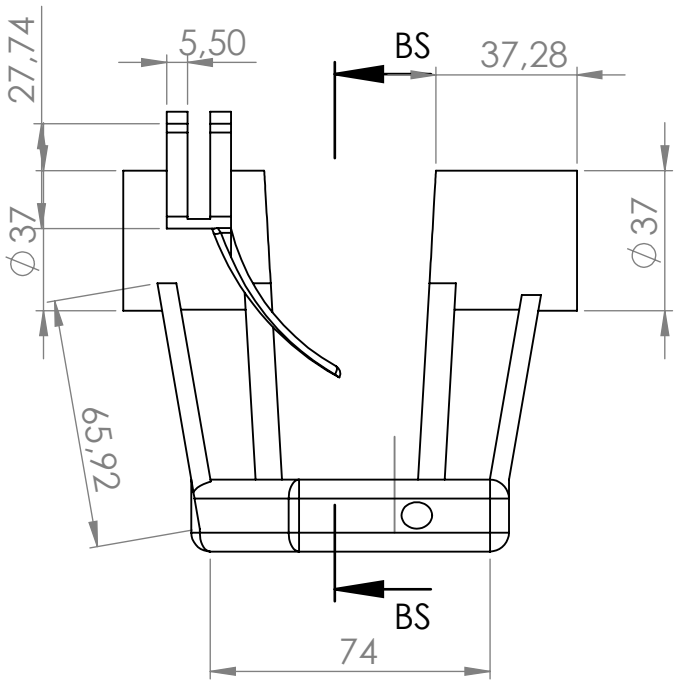
Matière **42CD4**

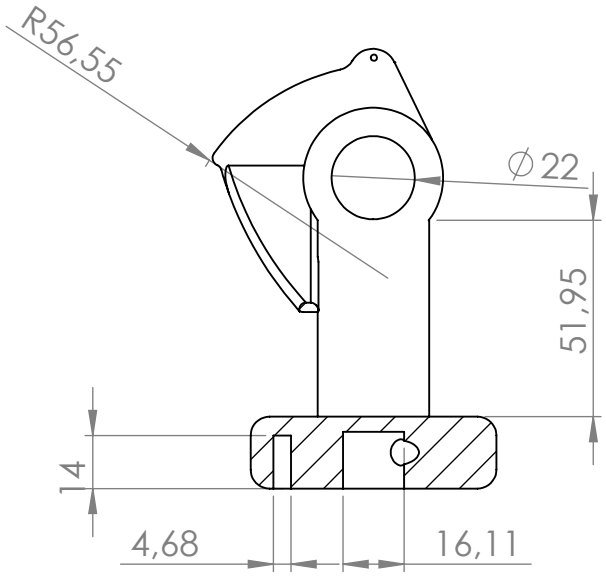
Designation **Guide de roue**

1/2

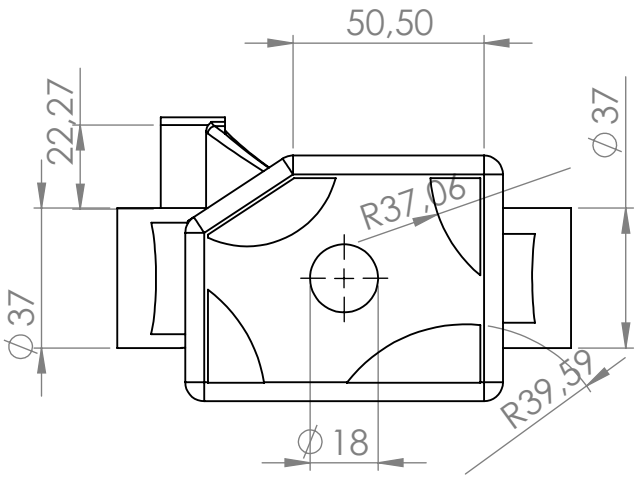
Dessin N° **12**

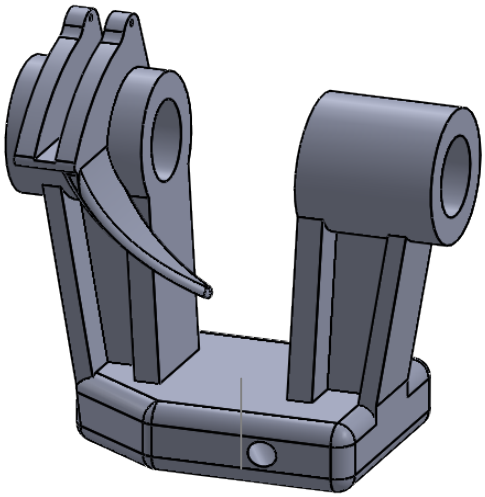
Echange pour:





COUPE BS-BS





Pour: **rèductrur d'un pompe éoliennne**	Dessin N°: **14** **Univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut	Poids final Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

Dessiné	**CHOULI*A**
verifié constr.	**BEZAZ*CH**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

EPE POVAL /SPA
UMB

N°de pièce brute ou produit semi-fini

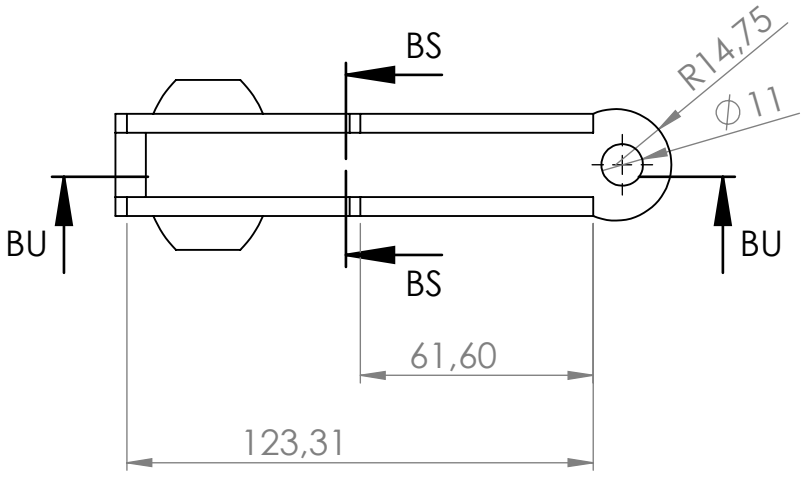
Matière **fonte**

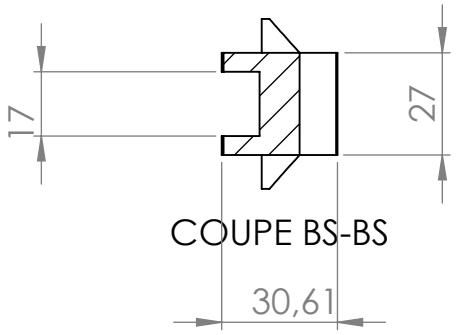
Designation **Palier**

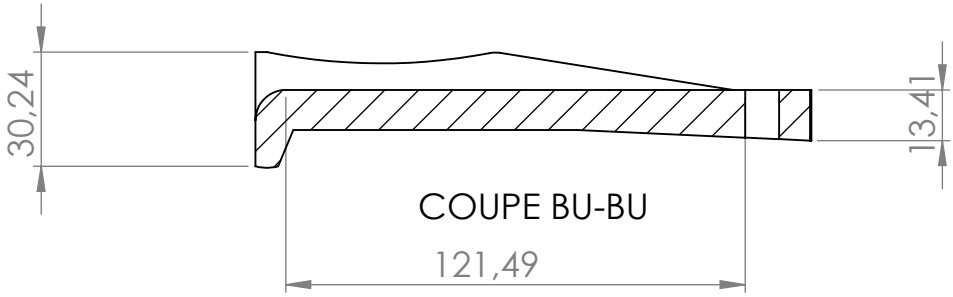
1/2

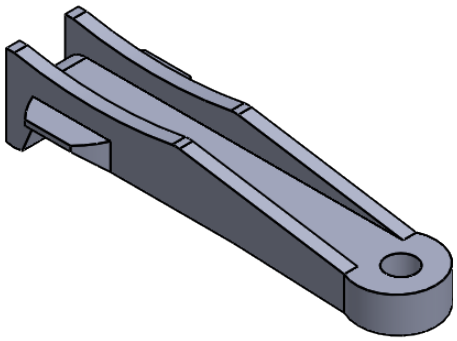
Dessin N° **14**

Echange pour:

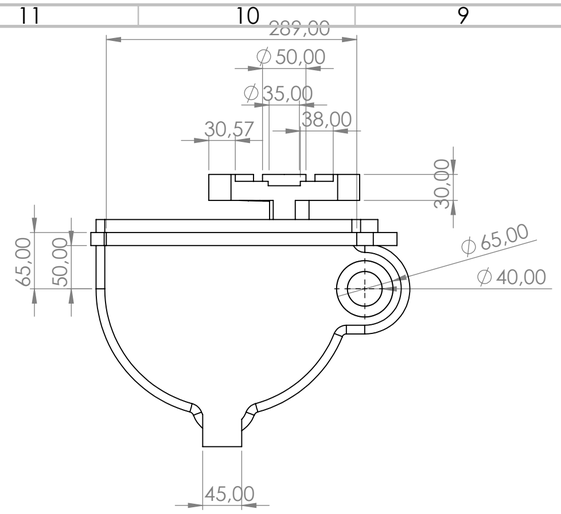


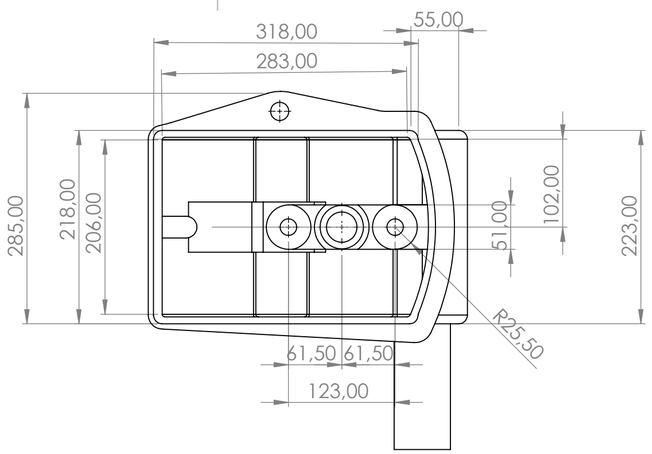


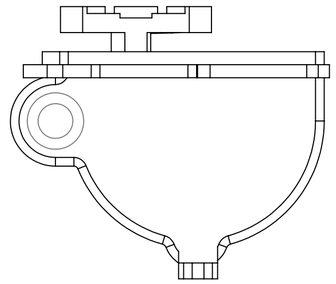


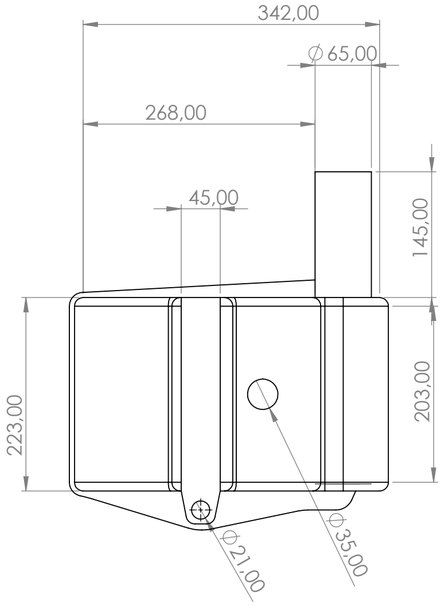


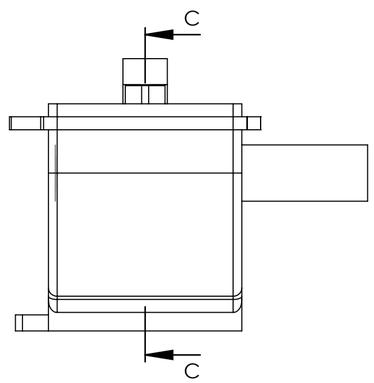
Pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**				Dessin N°: **06** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini Matière **Fonte**
				Dessiné **BEZAZ*CH**	Designation **support**
				verifié constr. **CHOULI*A**	**1/2**
				verifié technol. **BEN AICHA*M**	
				verifié standard. **KHORCHEF*A**	Dessin N° **06**
				approuvé **03/05/2023**	
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour:

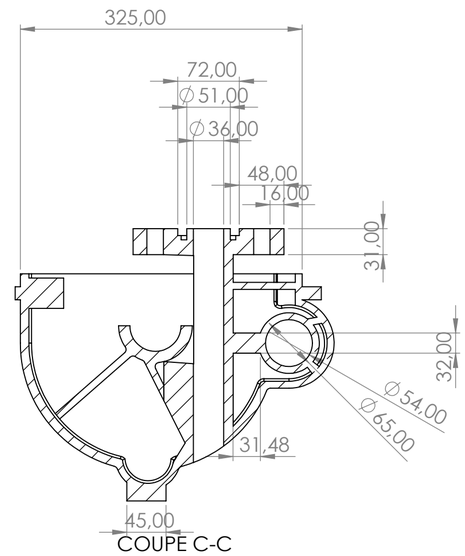




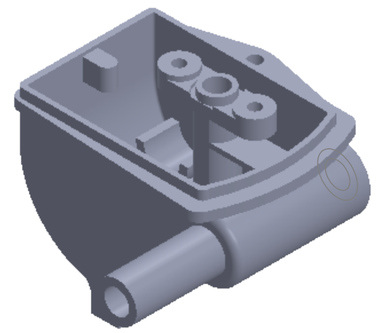




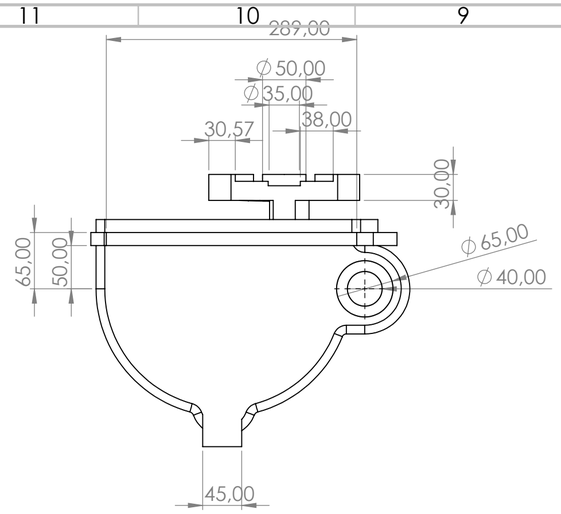


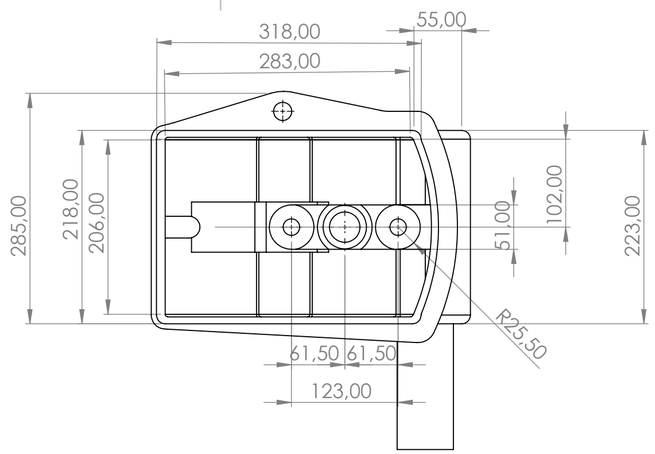


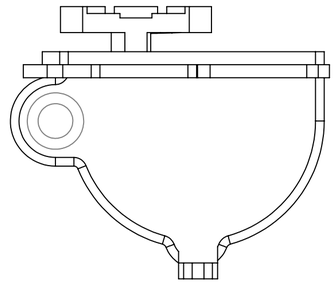
COUPE C-C

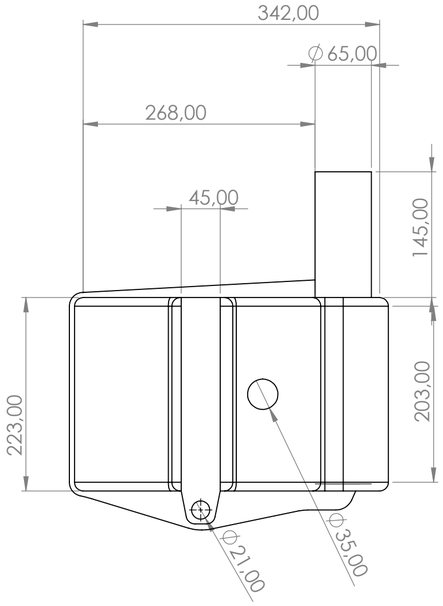


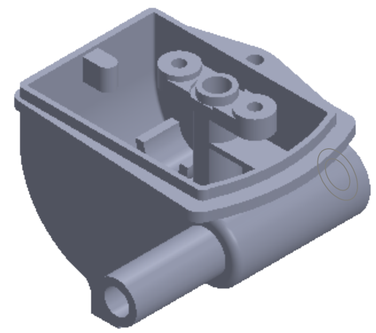
pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**	Dessin N°: **17** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**		poids brut poids final Masse kg
Dessine:	**BEZAZ*CH**	Matière	
verifiecontr	**CHOULI*A**	Desingnation **corps**	**1/2**
verifietechnol	**BEN AICHA*M**	Dessin N **17**	
verifiestandard	**KHORCHEF*A**	Echange pour	
approiuvè	**03/05/2023**		

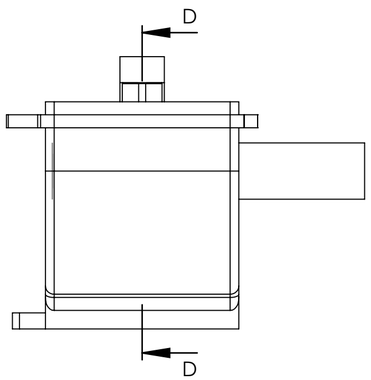


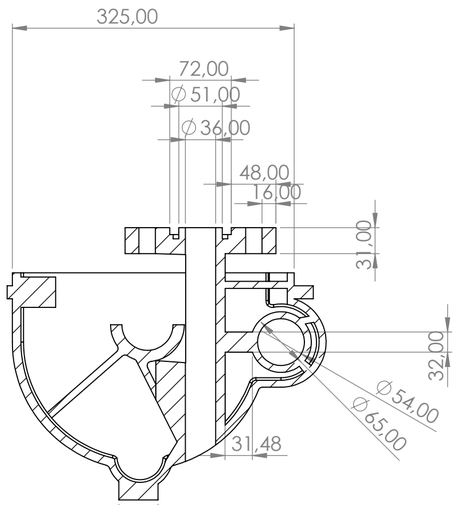








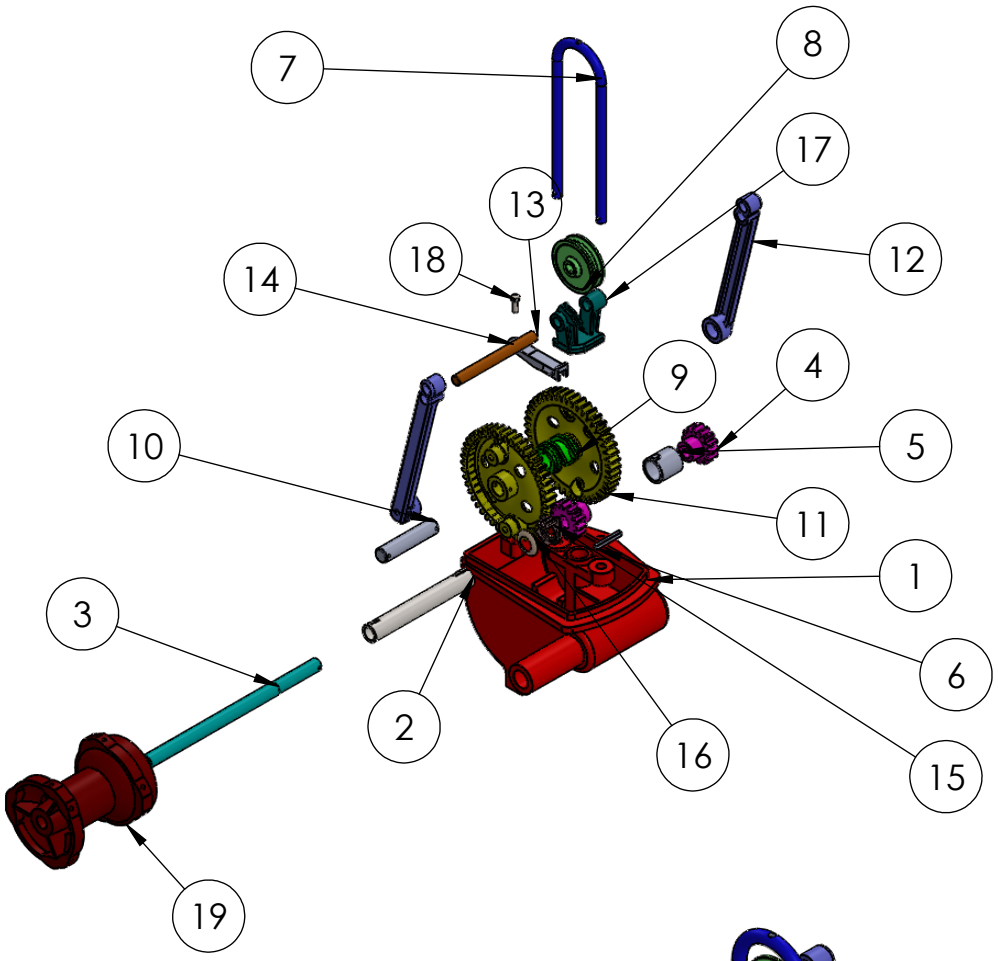


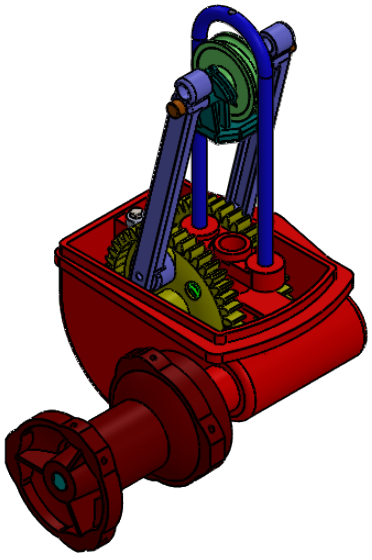


COUPE D-D

pour: **rèducteur d'un pompage èolienne**	Dessin N°: **17** **univ Dr: yahia farès de mèdèa**		poids brut poids final Masse kg
Dessine:	**BEZAZ*CH**	Matière **fonte**	
verifiecontr	**CHOULI*A**	Desingnation **corps**	
verifietechnol	**BEN AICHA*M**	Dessin N **17**	**1/2**
verifiestandard	**KHORCHEF*A**	Echange pour	
approiuvè	**03/05/2023**		

No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE
1	corps reducteur 2000	1
2	Bague 1	1
3	Arbre1	1
4	Pignon	2
5	Bague2	1
6	clavette	1
7	axe plier	1
8	Guide de roue	1
9	Bague3	1
10	Axe	1
11	Roue dent	2
12	bielle	2
13	axe de bielle	1
14	Suppot	1
15	Ressort	1
16	Bec collecteut	1
17	palier	1
18	B18.2.3.1M - Hex cap screw, M10 x 1.5 x 30 --30N	1
19	Assemblage les portions des hélices	1





Pour:
réducteur d'un pompage éolinne

Dessin N°:
Univ Dr:yahia fares mèdèa

Poids brut

Poids final

Masse kg

cote origine	cote modifié	Dates	Signat.
Modification			

Ecarts pour mesures sans tolerances

N°de pièce brute ou produit semi-fini

Matière

Dessiné	**CHOULI*A**
verifié constr.	**BEZAZ*CH**
verifié technol.	**BEN AICHA*M**
verifié standard.	**KHORCHEF*A**
approuvé	**03/05/2023**

Designation

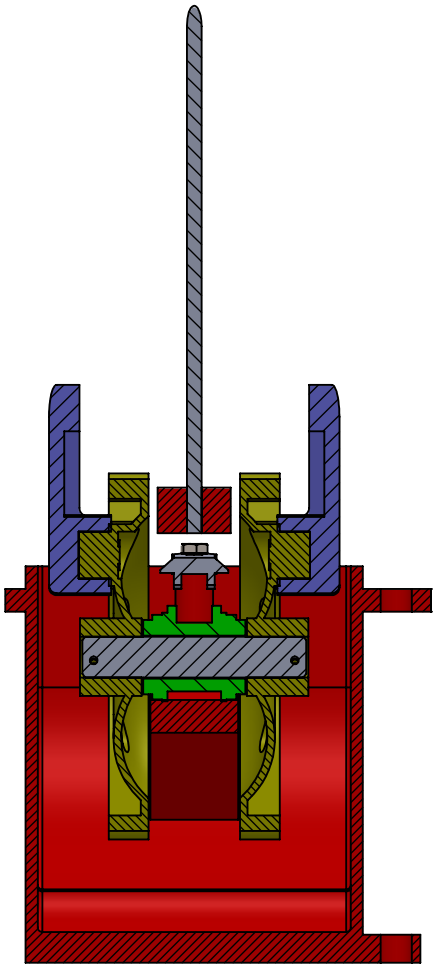
assomplage

1/2

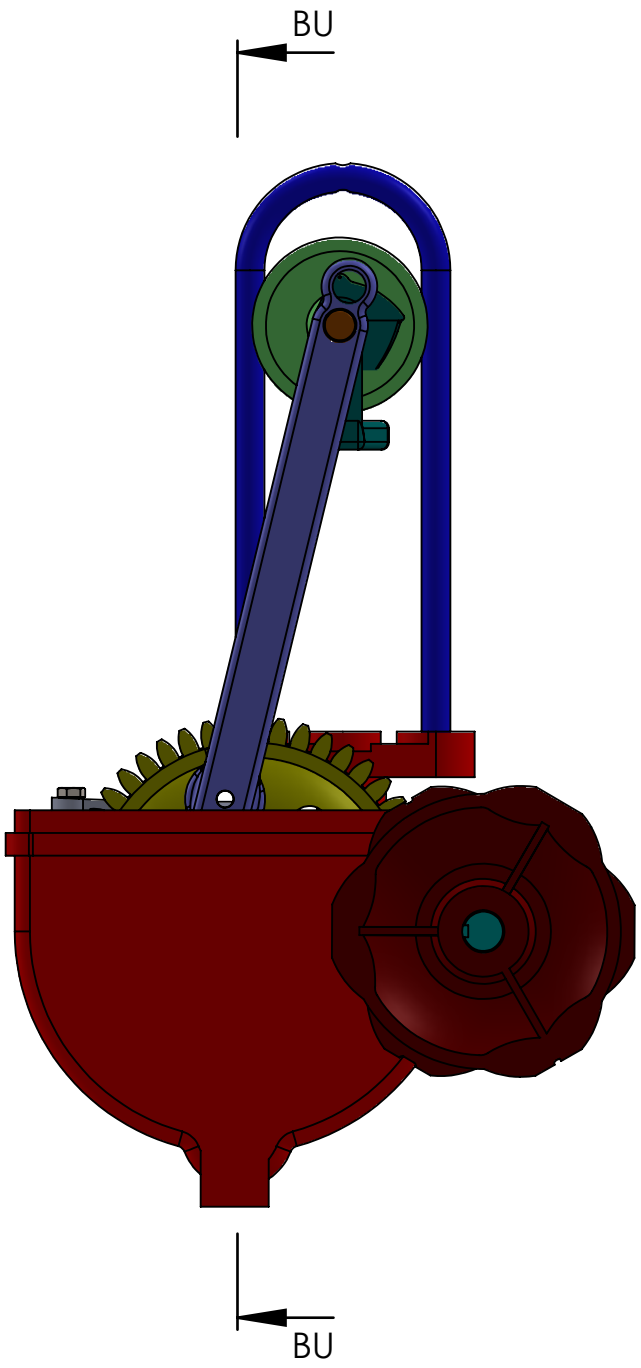
Dessin N°

EPE POVAL /SPA
UMB

Echange pour:



COUPE BU-BU
ECHELLE 1 : 5



Pour: **réducteur d'un pompe éolienne**				Dessin N°: **Univ Dr: yahia fares mèdèa**	Poids brut / Masse kg / Poids final
cote origine	cote modifié	Dates	Signat.	Ecarts pour mesures sans tolerances	N°de pièce brute ou produit semi-fini / Matière
				Dessiné **CHOULI*A**	Designation **assomplage**
				verifié constr. **BEZAZ*CH**	**1/2**
				verifié technol. **BEN AICHA*M**	
				verifié standard. **KHORCHEF*A**	Dessin N°
				approuvé **03/05/2023**	
Modification				EPE POVAL /SPA UMB	Echange pour: