



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**Université Kasdi Merbah - Ouargla**  
**Faculté des Sciences Appliquées**  
**Département de Génie Mécanique**



Mémoire présentée pour l'obtention du diplôme de

**Master Académique**

**Domaine** : Sciences et techniques

**Filière** : Electromécanique

**Spécialité** : Maintenance Industrielle

**Thème**

---

# **ETUDE ET CONCEPTION D'UN SYSTEME DE TRACTION AVEC ASSISTANCE ELECTRIQUE**

Présenté par :

**Youcef GHEZIZ**

**Derradji CHAOUKI**

**Soutenu publiquement le : 30Septembre 2020**

**Devant le jury :**

---

<b>Président</b>	<b>Mr Nacer BOUHEMEM</b>	<b>MAA</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>Examineur</b>	<b>Mr Abdelhafid GHERFI</b>	<b>MAA</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>Encadreur</b>	<b>Mr Mehdi KHALFI</b>	<b>MAA</b>	<b>UKM Ouargla</b>

---

# Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à celui que

Nous ne pourrions jamais remercier assez, à nos pères  
ABDELMADJID et KAMAL.

A nous mères, auxquelles nous tenons à  
exprimer nos profondes gratitude et tous nos  
respects pour toutes leurs aides, leurs  
affections et leurs sacrifices.

A nos frères :GHEZIZ-Djafer et Toufik et Abdessamed et Riad  
et Mounim.

CHAOUKI-Fouad et Naim et Mohammed et Zakaria

A nos sœurs :

A nos grand-père et grands-mères

A nos oncles et cousins

A nos amis : BEKKA Ramzi et GOUGUI Salah Eddine et  
BENATALLAH Moussa et NIBOUA Mouad et BENZAOUI  
Imad et NESIB Idriss et BENABID Saleh.

A nos neveux : Afnan, Diyaa, Bidjad, Naoufel, Yasser,  
Noudjoud,

A toute nos familles et tous nos amis.

A tous ceux qu'un jour profitera de ce travail.

---

# Remerciement

*Avant tout, nous remercions Dieu (Allah), de nous 'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.*

*Nos sincères remerciements et nos profondes gratitude s'adressent à notre promotrice **Mr KHALFI Mehdi** professeur au département de Génie Mécanique , Faculté Science et technologie , Université KASDI Merbah Ouargla, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa patience, encouragements, orientations et ses conseils précieux.*

*Nous tenons également à remercier, Président **Mr Nacer BOUHMEM** Examineur **Mr Abdelhafid GHERFI** professeurs au département de Génie Mécanique de nous 'avoir fait l'honneur de faire partie du juger de ce travail, qu'il trouve nos vifs remerciements*

*Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements*

- A tout le corps enseignant de l'Université KASDI MERBAH, Faculté ST particulièrement*

*ceux du département des Sciences de la Terre et de l'Univers.*

- A Tous les amis et les étudiants, en particulier les amis de notre promotion.*

*Enfin, nous sommes reconnaissants envers tous les membres de nos familles **GHEZIZ** et **CHAOUKI** qui nous ont soutenu tout au long de ces études, Ainsi que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, qu'ils soient assurés de notre profonde gratitude.*

---

## Table des matières

Liste des figures .....	vi
Liste des tableaux .....	vii
<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I Moyens de Transport Routier.....</b>	<b>3</b>
I.1 Introduction .....	3
I.2 Mode de transport.....	3
I.2.1 Définition.....	3
I.2.2 Relation entre le mode de transport et son milieu .....	4
I.2.3 Transport / locomotion.....	4
I.3 Historique .....	4
I.3.1 Les premiers transports .....	4
I.3.2 Portage humain à la roue.....	5
I.3.3 L'invention de la roue .....	5
I.3.4 Le premier véhicule .....	5
I.3.5 Les routes .....	5
I.4 Véhicule personnel .....	6
I.4.1 Avantages .....	6
I.4.2 Inconvénients.....	6
I.5 Bus et transport en commun.....	7
I.5.1 Bus .....	7
I.5.2 Transport en commun .....	7
I.5.3 Avantages .....	7
I.5.4 Inconvénients.....	8
I.6 Vélo.....	8
I.6.1 Définition.....	8
I.6.2 Historique .....	8
I.6.3 Les composants les plus importants d'un vélo.....	9
I.6.4 Les types de vélos personnels les plus populaires .....	10
I.6.5 Les avantages d'un vélo.....	12
I.6.6 Les inconvénients.....	12
I.7 Motocyclette .....	12
I.7.1 Définition.....	12
I.7.2 Historique .....	12
I.7.3 Pièces de moto .....	13
I.7.4 Outils spéciaux pour le conducteur.....	14

---

I.7.5	Avantages et inconvénients .....	14
I.8	VAE (Vélo à Assistance Electrique) .....	14
I.8.1	Définition.....	14
I.8.2	Fonctionnement .....	15
I.8.3	Moteurs.....	17
I.8.4	Batterie .....	17
I.8.5	Pile à combustible .....	18
I.8.6	Super condensateur .....	18
<b>Chapitre II</b>	<b>Transmission de Puissance .....</b>	<b>19</b>
II.1	Introduction .....	19
II.2	Courroies .....	19
II.2.1	Définition.....	19
II.2.2	Types de courroies .....	20
II.2.3	Fonctionnement .....	22
II.3	Chaînes.....	22
II.3.1	Calcul des chaînes à rouleaux.....	23
II.3.2	L'effet de corde .....	24
II.4	Les engrenages .....	25
II.4.1	Définition.....	25
II.4.2	Applications.....	26
II.4.3	Types d'engrenages.....	26
II.5	Boite des vitesses .....	30
II.5.1	Définition.....	30
II.5.2	Fonction d'une boite de vitesse .....	30
II.5.3	Nécessité d'une boite de vitesse .....	31
II.6	Le différentiel .....	31
II.6.1	Définition.....	31
II.6.2	Composantes:.....	32
II.6.3	Fonctionnement .....	32
II.7	Traction / Propulsion.....	33
II.7.1	Définition.....	33
II.7.2	Avantages/inconvénients d'une traction .....	34
II.7.3	Avantages/inconvénients d'une propulsion.....	35
II.8	Système de transmission d'un vélo.....	35
II.8.1	Principales pièces.....	36
II.8.2	Type de transmission vélo.....	37

---

---

<b>Chapitre III Etude et Conception .....</b>	<b>38</b>
III.1 Introduction .....	38
III.2 Objectifs du travail.....	38
III.3 Caractéristiques ciblées.....	38
III.4 Esquisses et idées primaires .....	39
III.4.1 Principe de fonctionnement.....	40
III.4.2 Boîte de vitesses.....	41
III.4.3 L'entraînement.....	44
III.4.4 L'assistance électrique .....	44
III.5 Conception des pièces par assistance d'ordinateur.....	46
III.6 Prototype .....	50
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>51</b>
Bibliographie.....	53

---

## Liste des figures

Figure I.1 : Structure d'un vélo.....	9
Figure I.2 : Pignon arrière.....	10
Figure I.3 : Tricycle (vélo couché).....	11
Figure I.4 : Différentes phases d'action du système d'aide au pédalage.....	16
Figure II.1 : Fonction globale d'un système de transmission.....	19
Figure II.2 : Courroie plate.....	20
Figure II.3 : Courroie trapézoïdale.....	21
Figure II.4 : Engrenement chaîne - pignon.....	23
Figure II.5 : Dimensions des chaînes à rouleaux.....	23
Figure II.6 : Principe de l'effet de corde.....	25
Figure II.7 : Engrenages.....	25
Figure II.8 : Caractéristiques des dents d'engrenages à denture droite.....	27
Figure II.9 : Caractéristiques des dents d'engrenages à denture hélicoïdale:.....	28
Figure II.10 : Caractéristiques des engrenages coniques.....	29
Figure II.11 : Caractéristiques des engrenages à gauche.....	30
Figure II.12 : Différentiel.....	31
Figure II.13 : Composition d'un pont.....	32
Figure II.14 : Parcours des roues en ligne droite et en virage.....	33
Figure II.15 : Schéma de principe d'une traction (à gauche) et d'une propulsion (à droite).....	34
Figure II.16 : Eléments de transmission vélo.....	36
Figure II.17 : Moyeu à vitesses intégrées.....	37
Figure III.1 : Architecture du véhicule.....	39
Figure III.2 : Esquisse du véhicule (vue de dessous).....	40
Figure III.3 : Illustration de la position Neutre.....	41
Figure III.4 : Activation l'assistance électrique en sens inverse.....	42
Figure III.5 : Illustration de la 1ère vitesse.....	42
Figure III.6 : Illustration de la 2ème vitesse.....	43
Figure III.7 : Corps latéral.....	46
Figure III.8 : Support triangle.....	47
Figure III.9 : Châssis.....	47
Figure III.10 : Pédales.....	47
Figure III.11 : Pivot.....	48
Figure III.12 : Assemblage des pédales.....	48

---

Figure III.13 : Triangle .....	49
Figure III.14 : Fusée .....	49
Figure III.15 : Assemblage global.....	49

### **Liste des tableaux**

Tableau II.1 : Caractéristiques des principales chaînes à rouleaux.....	24
Tableau II.2 : Critères sur les caractéristiques des dents à denture droite.....	27
Tableau II.3 : Calcul de caractéristiques des dents hélicoïdales .....	28



# INTRODUCTION GENERALE

Le grand développement technologique du monde à notre temps a ses avantages mais a aussi ses inconvénients principalement le réchauffement climatique, en plus la facilité d'obtention d'une voiture en termes de prix, de concurrence et d'abondance est un grand avantage mais elle a créé un problème d'encombrement dans les villes, ce qui a poussé les constructeurs automobiles, les ingénieurs, les intérêts environnementaux et les investisseurs à rechercher une solution radicale rentable financièrement ou écologiquement, même dans le temps nécessaire pour parcourir des distances par les personnes qui bénéficient de ces véhicules développés qu'elles soient électriques, à faibles ou nulles émissions.

Le transport routier -type de transport utilisant la route-, peut être combiné presque comme transporteur de fret et transporteur de personnes. Dans de nombreux pays, les exigences en matière de licences et les règles de sécurité garantissent la séparation de ces deux secteurs. La circulation routière peut se faire à vélo ou moto ou voiture ou bus ou camion. Dans peu de pays, le transport routier s'effectue toujours à grande échelle par des moyens humains (bicyclettes, ...) et à traction animale ; cependant dans les pays industrialisés, il est effectué surtout à l'aide des véhicules automobiles de tourisme ou industriels : voitures, camionnettes, camions et remorques.

Même si l'évolution des systèmes automobiles se poursuit dans de nombreux domaines (matériaux composites, moteurs mixtes, électronique, informatique, guidages, ....), les problématiques environnementales, liées aux gaz de combustion responsables de l'effet de serre, l'engorgement des villes et les conséquences sur la santé des populations préoccupent certaines nations et certains gouvernements.

Les populations et les pouvoirs publics de nombreux états tendent en effet à faire réduire ces émissions, par des moyens politiques, en rédigeant, par exemple, des protocoles internationaux (Sommet de la Terre, Protocole de Kyoto, Conférence de Copenhague) et en tentant de les faire appliquer. Dans ce cadre, diverses initiatives se sont développées, dont le ferroutage, qui consiste à faire transporter par trains et les camions. Cette méthode a néanmoins ses limites, car elle n'est rentable et réalisable que sur les longues distances, sans oublier le problème de sécurité : les poids lourds représentent un chiffre élevé des accidents mortels.

Une autre initiative est le choix récent d'incitation à une utilisation massivement utilitaire du vélo en ville est un choix soutenable économique et de santé publique.

***Problématique :***

Devenu claire après l'introduction, le problème est la souffrance confrontée dans le domaine du transport routier ; le surpeuplement, le bruit et la consommation excessive d'énergie qui entraînent une pollution de l'environnement, paralysent le trafic dans la ville et la propagation du bruit. Malgré la disponibilité de certaines solutions et moyens réduisant et limitant ces derniers, les problèmes en question ne sont pas résolus. Donc, une question se pose : que peut en faire de plus ?

***Objectif :***

Ainsi, nous visent dans ce travail à étudier et concevoir un véhicule écologique de taille réduite par rapport aux véhicules existant sur le parc automobile, lui permettant de circuler en toute souplesse sans impact sur l'environnement et avec le plus d'avantages possible.

***Plan de travail :***

Dans ce but, le présent document contient dans sa première partie une recherche sur les différents moyens de transport ainsi si que les systèmes de transmission de puissance. La seconde partie et donc consacrée à l'étude et la conception d'un véhicule répondant aux exigences suscitées. Finalement, une conclusion mettra fin à ce travail.

# Chapitre I

## MOYENS DE TRANSPORT ROUTIER

### 1.1 Introduction

De plus en plus, les moyens de transport deviennent très importants dans notre vie et l'homme n'a pas cessé de les évoluer au fil du temps ; ils sont devenus confortables, rapides et modernes. Cependant, ils présentent des inconvénients à l'environnement et à l'humanité.

Indispensables pour toute mobilité, ils nous offrent le plaisir, ces engins offrent un certain confort et un plaisir pour l'homme. En effet, en quelques heures, il peut arriver au bout du monde pour profiter de ses vacances, en se protégeant des rayons du soleil en été et du froid en hiver. Véritablement, ils facilitent les déplacements des gens et chacun de nous peut prendre sa destination et choisir son moyen préféré. Par conséquent, on gagne du temps et même on peut sauver des vies, par exemple : un malade nécessite parfois d'être transporté d'urgence pour subir une intervention chirurgicale.

Non seulement ils facilitent nos déplacements mais ces moyens jouent aussi un rôle notable dans le domaine économique des pays ; si le transport s'arrête c'est toute la vie économique qui va s'arrêter. En effet, ils facilitent la circulation des marchandises voir même l'importation et à l'exportation entre les pays du monde entier.

Par la création de ces moyens de transports, l'homme a amélioré sa qualité de vie, mais ; vu leurs inconvénients sur l'environnement, il faut penser à les améliorer.

### 1.2 Mode de transport

#### 1.2.1 Définition

Un mode de transport, ou moyen de transport, ou système de transport, est une forme particulière de transport qui se distingue principalement par le véhicule utilisé, et par conséquent

par l'infrastructure qu'il met en œuvre. Lorsque plusieurs modes de transport sont associés pour concourir à la réalisation d'une opération de transport, c'est le terme multi modalité qui est utilisé.

Un mode de transport est, dans un sens plus général, un accessoire utilisé par un être humain afin de se déplacer du point A au point B. Il existe différents modes de transport, tel que la voiture, la motocyclette et le vélocipède, qui sont des moyens de transports individuels. Il y a également les modes de transport en commun, tels que l'autocar, le métro, le train, le taxi, le monorail... et bien d'autres.

Finalement, compte tenu de leur coût et du statut spécial pour lequel on les utilise, il y a également le bateau et l'avion, qui sont en général des moyens de transport de masse utilisés pour le déplacement sur de longues distances. [1]

## **1.2.2 Relation entre le mode de transport et son milieu**

Le mode de transport est en relation avec le milieu où évoluent les véhicules de transport terrestre : (transports guidés, en général et transport ferroviaire en particulier), transport routier ; maritime ; fluvial ou par canaux ; aérospatial : (transport spatial et transport aérien). [1]

## **1.2.3 Transport / locomotion**

Il ne faut pas confondre entre transport et locomotion : la marche, la course, le patin à roulettes, la trottinette, la raquette, la bicyclette et tant d'autres, sont des modes de locomotion, car ils servent uniquement à "se déplacer", et pas à déplacer quelque chose d'autre que soi-même.

Il ne faut pas non plus confondre le mode de propulsion (ou de traction) et le mode de transport. Par exemple, la propulsion (ou la traction) peut être animale (animaux de trait), éolienne (par le vent en utilisant des voiles) ou motorisée (moteurs thermiques ou moteurs électriques).

# **1.3 Historique**

## **1.3.1 Les premiers transports**

Si on considère le « transport » comme le déplacement d'une marchandise impliquant un changement de propriétaire, on imagine que son origine date de la sédentarisation de l'Homme et de la fabrication des premiers outils pour cultiver le sol. C'est en Mésopotamie et dans le bassin

méditerranéen que les historiens ont découvert les sites les plus intéressants. Ils nous révèlent que, sur ces territoires, c'est au cours de la période néolithique que les derniers hommes de la préhistoire changèrent radicalement leur mode de vie. De nomades, ils devinrent sédentaires, d'où la naissance de l'agriculture et de l'élevage. Dès lors, les civilisations se sont efforcées d'établir des voies de communication et de créer des moyens de déplacement. [1]

### **1.3.2 Portage humain à la roue**

Le moyen de transport terrestre le plus ancien est sans doute le portage humain. Par la suite, l'Homme a aussi utilisé les animaux pour l'aider. Le bœuf, domestiqué dès le V<sup>ème</sup> millénaire av. J.C., sera utilisé pour tirer des charges. L'âne, domestiqué au IV<sup>ème</sup> millénaire av. J.C., servira à tirer et à porter des charges ou des personnes. Le cheval, animal de luxe au II<sup>ème</sup> millénaire av. J.C., sera plus couramment utilisé par la suite. L'utilisation de la roue a permis, au III<sup>ème</sup> millénaire av. J.C. en Mésopotamie, de tirer des charges beaucoup plus lourdes. [1]

### **1.3.3 L'invention de la roue**

L'invention de la roue a révolutionné les transports et les communications. Sous sa forme la plus simple, la roue était un disque de pierre ou de bois massif monté sur un essieu rond, auquel elle était fixée par des chevilles de bois. Les déplacements s'effectuaient en poussant ou en tirant des armatures en bois. [1]

### **1.3.4 Le premier véhicule**

On trouve le premier témoignage d'un véhicule à roues, sur une tablette du temple d'Inana, à Erech, en basse Mésopotamie, Cette tablette, datée d'environ 3500 ans avant notre ère, comporte un pictogramme très schématique représentant un chariot à deux roues. Des preuves plus tangibles attestent de l'emploi de roues montées sur essieux au début du III<sup>ème</sup> millénaire en Mésopotamie et dans l'Indus. [1]

### **1.3.5 Les routes**

Réalisées par de nombreux esclaves, les premières routes apparaissent très tôt dans l'histoire. Elles ont plus ou moins coïncidé avec la découverte de la roue. Non seulement utilisées pour assurer l'approvisionnement des villes de Mésopotamie et le commerce terrestre, elles servent alors à des objectifs militaires. Dès le XI<sup>ème</sup> siècle av. J.C., les chinois conçoivent

un réseau routier dont l'axe principal est la Route de la soie, la plus longue du monde pendant deux mille ans. En Amérique, les Incas édifient aussi un système de pistes à travers les Andes. Les pharaons, tout comme les Babyloniens, disposent également de réseaux. [1]

Les premières grandes routes ne nous sont pas connues par des cartes, mais par des itinéraires dont l'auteur donne la liste des étapes avec, parfois, le temps de trajet qui les sépare. Il devait s'agir généralement de routes de terre, sans préparation ni entretien particulier, excepté sur de très courts tronçons, empierrés ou asphaltés, utilisés pour des processions religieuses. Mais ce sont les voies romaines qui ont le plus marqué l'imagination occidentale, dont la voie Appienne, commencée vers 312 av. J.C. et la voie Flaminienne, vers 220 av. J.C. [1]

## 1.4 Véhicule personnel

Le véhicule personnel est un moyen de transport privé parmi les plus répandus, sa capacité est généralement de un à cinq personnes, mais peut varier d'une à neuf places. L'usage limite l'emploi du terme automobile aux véhicules possèdent quatre roues, ou plus rarement trois ou six roues, de dimensions inférieures à celle des autobus et des camions, mais englobe parfois les camionnettes.

### 1.4.1 Avantages

La voiture offre de nombreux avantages :

- **Le confort**, le déplacement en voiture permet de partir à l'heure souhaitée.
- **La vitesse**, de ne pas attendre à l'arrêt trop longtemps.
- **L'éloignement des stations**, on peut se déplacer d'un endroit à l'autre sans devoir faire des arrêts intermédiaires ou être obligé de descendre beaucoup plutôt que la destination prévue.

### 1.4.2 Inconvénients

Par ailleurs, les inconvénients d'une voiture sont plusieurs :

- Les voitures polluent et leurs utilisation est nuisible à l'environnement.
- Avoir une voiture comporte des frais élevés.
- L'avantage de la vitesse est réduit ou même annulé par les embouteillages.

- Le stationnement est un véritable problème, des fois on a besoin de chercher une place pendant 20 minutes et plus ou de se garer loin de l'endroit où on doit nous rendre.

## **1.5 Bus et transport en commun**

### **1.5.1 Bus**

Un bus est un mode de transport pour les passagers. Les entreprises d'usine de bus conçoivent des bus de différentes tailles, en fonction du nombre de passagers à transporter. Certains bus contiennent un petit nombre de sièges qui sont suffisants pour asseoir seulement huit passagers, et il est appelé un minibus. Quant aux grands partis qui sont principalement utilisés dans les villes, il peut accueillir plus de 40 passagers ; et le nombre de passagers peut atteindre 70, avec de la place pour un certain nombre d'autres passagers.

La plupart des bus roulent au diesel. Certains bus, connus sous le nom de Trolley, sont entraînés par l'électricité, qui provient des câbles aériens, sur le véhicule. Certains bus ont des joints interconnectés, c'est-à-dire qu'ils ont deux sections connectées avec un capuchon flexible.

### **1.5.2 Transport en commun**

Le transport en commun ou transport public est un mode de transport consistant à transporter plusieurs personnes ensemble sur un même trajet. Il est généralement accessible en contrepartie d'un titre de transport comme un billet, un ticket ou une carte. Néanmoins il peut être mis à disposition du public à titre gracieux dans certaines circonstances (pic de pollution par exemple). [1]

### **1.5.3 Avantages**

Par rapport à la marche (qui est le moyen de locomotion naturel), le transport en commun permet d'aller plus loin et de se déplacer sans effort, il permet aussi de transporter plusieurs personnes en même temps

Sur la balance des avantages, autobus, trains et avions l'emportent largement. Le gagnant n'est pas seulement le citoyen, mais également (et surtout) la collectivité. En effet, voyager en transport en commun améliore le trafic, réduit la congestion et permet d'émettre moins de substances polluantes dans l'air. Par exemple, aux États-Unis, il serait possible d'économiser 1,5

millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an en réduisant la consommation de carburant, en particulier de gasoil. Autre avantage, la diminution de la pollution sonore.

Les transports en commun s'adressent à tous, étudiants, adultes, personnes âgées ou à mobilité réduite, sans limitation quelconque.

Concernant l'aspect sécuritaire, un autobus est considéré comme étant 79 fois plus sûr qu'une voiture ; les trains et les métros le sont encore bien davantage. Voyager en transports en commun est moins stressant et oblige à pratiquer un minimum d'exercice physique, d'où un meilleur équilibre psychophysique.

### 1.5.4 Inconvénients

De l'autre côté, les transports en commun présentent plusieurs inconvénients :

- Eloignement des stations,
- Lenteur des transports,
- Absence de confort (mauvaises odeurs, serrés, retards),
- Nécessite des infrastructures (route, rail, port...),
- Embouteillages, pannes, bruits, ...

## 1.6 Vélo

### 1.6.1 Définition

C'est un moyen de transport composé de deux roues et la roue arrière est reliée à une piste reliée au lieu de conduite ou à ce qu'on appelle une pédale. Il y a aussi le siège où se trouve le passager qui le conduit. [3]

### 1.6.2 Historique

Il a fallu beaucoup de temps pour atteindre la forme finale du vélo que nous connaissons aujourd'hui, et il a traversé plusieurs étapes de base. La première conception de sa forme remonte à l'artiste italien Leonardo Da Vinci à la fin du XV<sup>e</sup> siècle (en 1493). Son idée n'a pas retenu l'attention à l'époque, et elle est restée oubliée jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (en 1791), jusqu'à ce que le comte de Sivrack français vienne de France, qui a été crédité d'avoir inventé le premier vélo sans pédales et guidon. Il est lancé en le poussant à pied et en courant.



Depuis, plusieurs inventeurs ont modifié le système de son mouvement, dont Trevo, l'inventeur allemand Driesvon Samer Braun, qui l'a ajouté un volant en 1813, et l'inventeur Mac Milan de la Gaule, qui a inventé le système de mouvement (pédales, transmission) en 1839. [3]

### 1.6.3 Les composants les plus importants d'un vélo

#### 1.6.3.1 La structure

Sous sa forme la plus connue, un vélo se compose des éléments présenté à la figure suivante [3] :



*Figure I.1 : Structure d'un vélo*

- |                      |                          |                       |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 - Tube aérien      | 5 - Le support de chaîne | 9 - Venise avant      |
| 2 - Tube inférieur   | 6 - Freins arrière       | 10 - Piste            |
| 3 - Tube de selle    | 7 - Engrenages arrière   | 11 - Pédale           |
| 4 - Support de siège | 8 - Venise arrière       | 12 - Levier de pédale |

#### 1.6.3.2 La grande roue

Une question s'est posée de savoir comment augmenter la vitesse sans augmenter le nombre de fois de pression sur la pédale ; la réponse a été d'augmenter le diamètre de la roue avant. Les Britanniques ont appliqué cette idée, alors ils ont fait un vélo avec une grande roue avant et une autre petite roue de l'arrière. Avec le temps, on a découvert que la vitesse pouvait être augmentée sans augmenter le diamètre de la roue avant, donc le vélo moderne a deux roues avec le même diamètre, et le diamètre du pignon avant "la pédale" a été augmenté et ainsi la

vitesse du vélo augmente et le couple augmente, et plus le diamètre du train avant augmente à mesure que le couple et les pièces du vélo augmentent. [2]

#### 1.6.3.3 Les freins

Les vieux freins peuvent endommager le pneu, tandis que les freins à disque sont les meilleurs car ils sont loin de la roue avant ou arrière et sont également plus puissants pour arrêter le vélo [2].

#### 1.6.3.4 Pignons arrière

[2]



*Figure I.2 : Pignon arrière*

#### 1.6.3.5 Le générateur

Le générateur est un élément important du vélo car il contribue à l'allumage de la lampe dans le vélo pour éclairer la route la nuit. Son travail est basé sur le phénomène d'induction électromagnétique

Lorsque la roue cylindrique du générateur touche la circonférence du vélo de roue et par friction, elle tourne et la bobine tourne avec elle entre les électrodes de l'aimant et le processus d'induction électromagnétique se produit, donc le courant électrique induit est produit, et plus la vitesse de rotation est rapide, plus le courant induit est intense. [2]

### 1.6.4 Les types de vélos personnels les plus populaires

Les vélos sont divisés en plusieurs types qui diffèrent selon l'utilisation et la construction de la structure, la forme et le but de celui-ci. Quant à l'utilisateur régulier de vélos, c'est-à-dire non professionnel, il existe trois types de base : des vélos de route, des vélos tous terrains ou vélos hybride. [3]

#### 1.6.4.1 Vélos de route

Ce sont des vélos qui sont utilisés sur des routes pavées, par exemple, un vélo que nous utilisons pour nous rendre au travail ou à la maison ou pour faire du vélo en ville. Ces vélos se caractérisent par une structure plus légère et aérodynamique avec de l'air, avec une position plus confortable pour le cycliste afin qu'il puisse parcourir de longues distances avec lui sans avoir besoin d'aucun système de suspension, ce qui le rend plus rapide et plus fluide en marchant.

#### 1.6.4.2 VTT

Vélos utilisés sur les routes non asphaltés, inégaux ou recouverts d'asphalte, ce type de vélo est souvent utilisé sur des routes non qualifiées telles que les montagnes et les vallées, et il y a un type spécial de sport et de course. Ce type de vélo se caractérise par un cadre large et lourd et des pneus larges et épais afin de résister aux chocs qui seront subis dans ce type de route.

#### 1.6.4.3 Vélos hybrides

Les vélos hybrides sont un mélange de VTT et de vélos de route que nous utilisons en ville si les routes ne sont pas bien pavées.

Les vélos hybrides se caractérisent par une structure légère, aérodynamique et plus confortable, mais avec un système de suspension plus léger que celui utilisé dans les VTT, quant aux pneus, ils sont de taille moyenne, ce qui leur fait supporter certaines routes non pavées, mais dans une certaine mesure.

#### 1.6.4.4 Autres types

En plus des trois types de base, il existe : le vélo tout chemin (VTC), le vélo pliant, le vélo à assistance électrique (VAE), le vélo-cargo, le vélo couché et bien d'autres.



*Figure I.3 : Tricycle (vélo couché)*

### 1.6.5 Les avantages d'un vélo

Le vélo offre des avantages déterminants par rapport à tous les autres moyens de transport :

- Pollution nulle,
- Flexibilité et rapidité, c'est le moyen de transport le plus rapide dans certains agglomérations,
- Améliore toutes les fonctions du corps et maintient sa santé globale si l'on pratique ce sport pendant seulement dix minutes par jour,
- Améliore l'état du cœur si une personne fait du vélo pendant une demi-heure/jour,
- Moyenne efficace pour perdre du poids.

### 1.6.6 Les inconvénients

Au contraire d'un véhicule personnel, un vélo ne peut transporter plusieurs personnes en même temps, de plus ; le risque d'accident mortel est plus élevé (par exemple : environ 300 cyclistes en France perdent la vie chaque année, 75% d'entre eux suite à un traumatisme crânien).

D'autre part, la météo pose un grand problème ; la pluie, le vent et le froid sont des raisons convaincantes pour ne pas se déplacer en vélo.

En plus, vu sa taille et poids rend le vélo altérable au vol

## 1.7 Motocyclette

### 1.7.1 Définition

La motocyclette est l'un des véhicules à deux ou trois roues (vélos) qui est propulsé par un moteur à combustion interne, c'est donc ce qu'on appelle la moto, le moteur est souvent un petit moteur à essence installé à mi-chemin entre les deux roues et a un ou deux sièges ; c'est un corps plus durable que le vélo ordinaire. [3][4]

### 1.7.2 Historique

Le premier à fabriquer une moto a été l'ingénieur allemand Gottlieb Daimler en 1885, lorsqu'il a installé un moteur à pistons à quatre temps sur un cadre de vélo en bois. Le

développement des motos s'est poursuivi au début du XX<sup>e</sup> siècle, car elles ont été transformées en véhicules utiles.

L'assistant de Daimler dans la fabrication de ce vélo était Wilhelm Maybach, qui a ensuite participé à l'invention du pulvérisateur à carburateur, et Daimler a fourni à la moto un moteur monocylindre et fonctionne avec de l'huile, qui est le premier véhicule à moteur au monde, après quoi les constructeurs britanniques ont dominé les marchés des motos pour que les Japonais, menés par Honda, sont venus dominer la scène à la fin des années 1960 et au début des années 1970 avec leur production rapide et bon marché.

Mais si le véhicule à deux roues à vapeur est décrit comme une moto, cela signifie que la première moto au monde est apparue aux États-Unis d'Amérique en 1867 dans des expositions et des circuits de cirque, et son fabricant est Sylvester Howardrober.

Le premier vrai succès dans la production de motos a été en 1894 grâce à un vélo Highlander et Walgmoor à Munich, en Allemagne, et ce vélo transportait un moteur parallèle à deux cylindres qui a été installé sous le châssis et fourni avec un refroidisseur d'eau et un réservoir d'eau en haut du garde-boue arrière. [3][4]

### 1.7.3 Pièces de moto

Les motos actuelles ont une forme similaire aux premiers types, mais sont plus faciles à utiliser et ont des structures plus durables, des moteurs plus puissants et des freins plus efficaces, elles se composent principalement de :

- **Moteur à combustion interne** : Il fonctionne avec un mélange d'air et d'essence, qui est brûlé par une étincelle électrique pour libérer l'énergie thermique de l'essence. La société française Dodion Bouton qui fabriquait des motos produites en quantités commerciales, a pu en 1895 inventer un moteur petit et léger caractérisé par une grande vitesse de rotation, ce moteur était un monocylindre d'une capacité de 138 centimètres cubes alors que sa puissance était d'un demi-cheval, et après cela, il était courant d'utiliser ces spécifications partout, de l'Inde aux États-Unis d'Amérique
- **Groupe motopropulseur** : L'énergie cinétique est transmise du moteur à la roue arrière de la moto qui tourne et se déplace.
- **Groupe de freinage** : Il fonctionne pour arrêter le vélo ou ralentir sa vitesse selon le désir de son conducteur.

- **Groupe de pilotage** : Aidez le cycliste à tourner à gauche ou à droite comme bon lui semble.
- **Groupe de commentaires** : Il fonctionne pour prévenir ou réduire l'impact des tremblements et des chocs causés par un terrain accidenté. [3][4]

### 1.7.4 Outils spéciaux pour le conducteur

Les conducteurs de vélos sont tenus d'obtenir leur propre permis de conduire car leur titulaire doit passer un test spécial pour s'assurer que les compétences nécessaires sont disponibles pour les utiliser, et les outils suivants peuvent être nécessaires :

- **Casque** : protège et protège la tête et réduit les dommages à la tête.
- **Pare-brise** : pour protéger le conducteur contre les accidents, les fluctuations météorologiques, la poussière et la boue.
- **Gants** : Les gants gagnent en confort et en contrôle pendant la conduite et la protection des mains.
- **Vêtements spéciaux** : cuir pour protéger grandement le corps en cas de chute d'un vélo.

### 1.7.5 Avantages et inconvénients

Une moto donne une sensation de liberté énorme, c'est fun à conduire et facile à garer, mais essentiellement, elle réduit le temps passé dans les bouchons. En contre partie, elle polluante, et provoque des bruits nuisant.

De plus il y a le manque de sécurité ; c'est assez facile de se tuer ou se blesser avec, la pluie et le vent rendent la conduite très dangereuse.

## 1.8 VAE (Vélo à Assistance Electrique)

### 1.8.1 Définition

Un vélo à assistance électrique (VAE), appelé aussi vélo électrique [5], est un véhicule dérivé de la bicyclette, équipé d'un moteur électrique auxiliaire et d'une source d'énergie, généralement une batterie rechargeable. Contrairement aux cyclomoteurs ordinaires ou aux trottinettes électriques, il est nécessaire de pédaler pour que le moteur d'un vélo à assistance électrique entre en fonction.

L'Union européenne définit le cycle à pédalage assisté (CPA) comme un deux-roues équipé d'un moteur auxiliaire électrique d'une puissance nominale continue inférieure ou égale à 250 Watts, dont l'alimentation s'interrompt si le cycliste cesse de pédaler, et se réduit puis s'interrompt lorsque la vitesse du véhicule atteint 25 km/h. Dans plusieurs pays européens, les règles pour conduire un cycle à pédalage assisté sont les mêmes que pour un vélo ordinaire. En France, l'appellation « vélo à assistance électrique » est réservée aux cycles à pédalage assisté. Les VAE plus rapides, appelée parfois « Speedelec », sont considérés par le Code de la route comme des cyclomoteurs ; ils peuvent atteindre 45 km/h.

Au Canada, un véhicule à deux ou trois roues équipé d'un moteur électrique et d'un pédalier permettant de rouler comme avec un vélo ordinaire est appelé bicyclette assistée si sa puissance est inférieure à 500 Watts et si la vitesse maximale est de 32 km/h. La conduite d'une bicyclette assistée est autorisée à partir de 14 ans avec un permis, et à partir de 18 ans sans permis.

Les VAE existent depuis les années 1890 ; le premier modèle de série, le EMI/Philips, est commercialisé dans les années 1930. Ils réapparaissent à la fin des années 1970 et connaissent un regain d'intérêt depuis l'an 2000 avec l'amélioration des performances des batteries.

## 1.8.2 Fonctionnement

Sur un VAE, il y a des capteurs qui détectent la présence de pédalage, sa cadence, l'effort exercé sur les pédales. Un contrôleur intègre les paramètres qui qualifient le comportement du vélo en fonction du profil utilisateur. Il régule la consommation de courant et pilote le moteur dans ses différentes phases de fonctionnement : démarrage, régime continu, accélération, etc. à partir des informations transmises par les capteurs.

On peut résumer le fonctionnement par le graphique suivant :

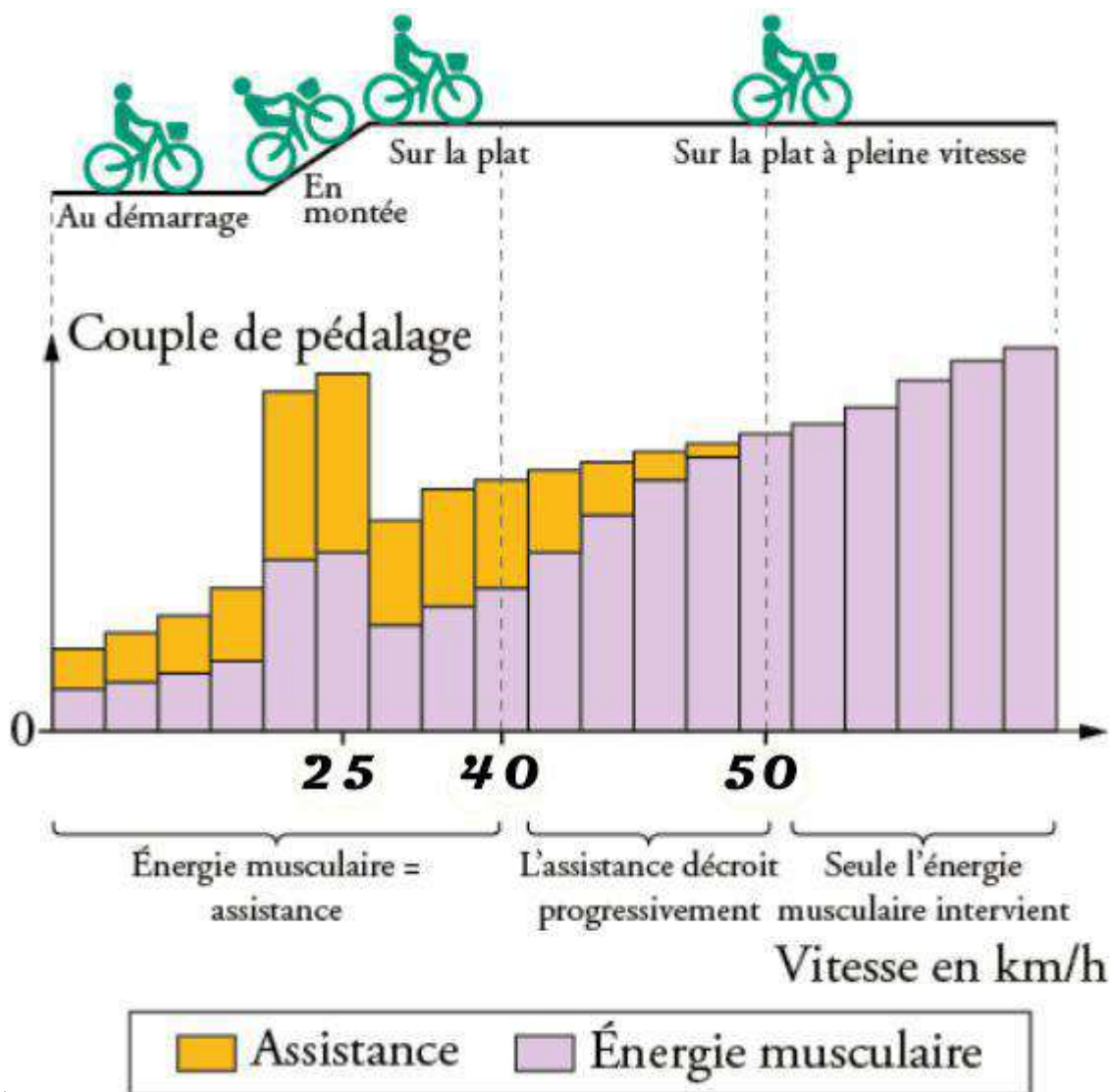


Figure I.4 : Différentes phases d'action du système d'aide au pédalage

L'aide au pédalage varie entre 0 et 50% de la valeur totale de l'effort à fournir en fonction des conditions d'utilisation ; le mécanisme n'agit pas en permanence, mais uniquement lorsque trois conditions sont réunies :

- le cycliste pédale,
- la vitesse du vélo est inférieure à 50 km/h,
- l'effort de pédalage exercé par le cycliste augmente, ce qui peut se produire au démarrage ou en phase d'accélération, dans les montées ou sur le plat par vent de face.

L'aide au pédalage n'est pas constante en intensité : en effet, elle est fonction de l'effort de pédalage. Ainsi, plus l'effort de pédalage exercé par le cycliste est important, plus l'assistance



augmente, jusqu'à une valeur maximale. L'assistance cesse donc automatiquement lorsque le cycliste arrête de pédaler.

### 1.8.3 Moteurs

On distingue plusieurs types :

- **Moteur moyen** : simple à installer, il s'insère en lieu et place d'un axe de roue avant ou arrière.
- **Moteur déporté** : la transmission se fait par une courroie ou une chaîne agissant sur un plateau de transmission placé sur l'axe d'une roue. La position du moteur est libre.
- **Moteur pédalier** : il agit directement sur l'axe du pédalier du vélo. Il est constitué d'un bloc comprenant tous les composants de la traction électrique : le moteur, les capteurs et l'électronique de commande. Il ne peut être installé que sur un cadre spécifique.
- **Moteur à friction** : moteur à friction par galet sur la bande de roulement du

### 1.8.4 Batterie

Pour les VAE, la batterie au lithium est essentiellement utilisée ; les autres technologies, plomb ou nickel, ont été progressivement abandonnées sur les VAE commercialisées en Europe.

Le poids de la batterie, longtemps problématique, bénéficie aujourd'hui des améliorations importantes liées au Lithium Ion et Lithium polymère. Ainsi, une batterie au plomb pèse environ 13 kg, alors qu'une batterie au lithium pèse environ 3 kg pour une tension et une capacité équivalentes.

La charge complète de la batterie demande de 3 à 8 heures selon la technologie de la batterie et du chargeur. Des recharges rapides sont possibles avec des chargeurs et des batteries appropriés. Ces types d'accumulateurs supportent mal les décharges profondes, il est donc conseillé de les recharger le plus souvent possible, voire de rester en charge lors des phases d'inutilisation, les chargeurs modernes étant particulièrement bien étudiés pour ces cas de figures.

Sous la dénomination « Lithium » existent plusieurs technologies aux caractéristiques sensiblement différentes. En 2015, on trouve essentiellement sur les VAE des accumulateurs lithium-ion, au lithium polymère (Li-Po) et au lithium-fer-phosphate (LiFePO<sub>4</sub>). Les deux premières technologies permettent d'obtenir des batteries très légères mais sensibles au froid et aux fortes charges/décharges. Le LiFePO<sub>4</sub> est considéré comme plus sûr, il accepte des courants

de charge plus importants (temps de recharge plus réduit) et surtout il a une durée de vie plus importante (mille cycles et plus).

La batterie reste un des points faibles du vélo électrique, comme pour les automobiles électriques. En dehors même de sa durée de vie théorique, il n'est pas facile de gérer convenablement cet élément, et le prix de rechange est très important.

La batterie d'un vélo électrique est sensible aux différences de température : les fabricants donnent une plage de température idéale afin d'avoir la meilleure autonomie possible [6].

Les batteries sont sensibles aux chocs : les produits chimiques sont contenus dans des enveloppes fragiles qui peuvent se percer et même s'enflammer.

### **1.8.5 Pile à combustible**

Le vélo électrique à pile à combustible hydrogène (dihydrogène sous la forme gazeuse) est un vélo qui produit l'électricité nécessaire à sa locomotion grâce à une pile à combustible utilisant le gaz dihydrogène ; il ne peut être utilisé que dans les villes équipées de bornes de recharge à hydrogène. Inventé à Biarritz et produit par Pragma Industries, l'Alpha 2.0 est le premier vélo au monde utilisant cette technologie [7].

### **1.8.6 Super condensateur**

Le groupe français Veloci Industries développe un vélo avec assistance électrique équipé d'un super condensateur au lieu d'une batterie [8]. Le super condensateur se recharge en pédalant, transformant l'énergie mécanique en énergie électrique [9],[10].Le super condensateur est fabriqué à partir d'aluminium et de carbone, pour limiter l'emploi de métaux rares.

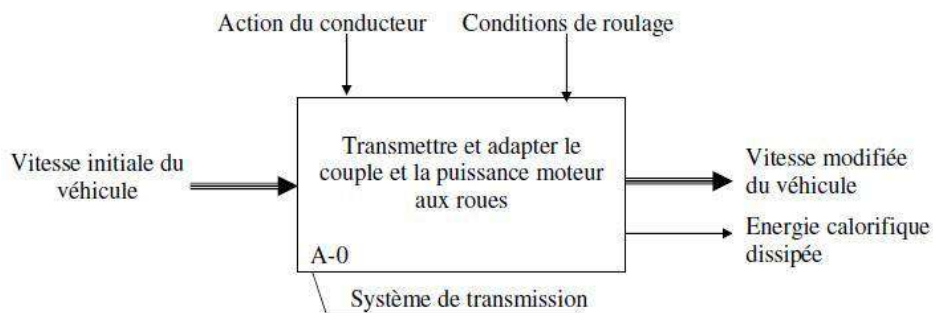
# Chapitre II

## TRANSMISSION DE PUISSANCE

### II.1 Introduction

Notre travail envisager consiste en générale à concevoir un système qui transmet l'effort d'un conducteur vers les roues de son véhicule, c'est pourquoi nous allons consacrer le présent chapitre à l'étude des différents types et modes de transmission de puissance.

Un système de transmission comprend l'ensemble des mécanismes situés entre le moteur et les roues motrices, sa fonction globale est schématisée à la figure suivante.



*Figure II.1 : Fonction globale d'un système de transmission*

### II.2 Courroies

#### II.2.1 Définition

La courroie est une pièce utilisée pour la transmission du mouvement qui est construite dans un matériau souple. Par rapport à d'autres systèmes, elle présente l'avantage d'une grande souplesse de conception, le concepteur a une grande liberté pour placer les organes moteur et récepteur, d'être économique, silencieuse et d'amortir les vibrations, chocs et à-coups de transmission. Cependant, elle présente une durée de vie limitée, aussi bien en termes de cycles que de temps, et doit être changée régulièrement. Par ailleurs la puissance transmissible est

limitée, ce qui est parfois un avantage (par exemple comme limiteur de couple), et sa souplesse lui permet d'alimenter des accessoires placés dans des endroits exigus [12][13].

## II.2.2 Types de courroies

On distingue les courroies selon la forme de leur section :

### II.2.2.1 Courroie plate

Les courroies plates ont été largement utilisées au XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle dans les arbres de transmission pour transmettre de la puissance dans les usines. Elles ont également été utilisées dans d'innombrables applications agricoles, minières et forestières telles que les scies, les scieries, les batteuses, les souffleuses de silo, les convoyeurs pour le remplissage des lits de maïs, les presses à balles, les pompes à eau et générateurs électriques. La courroie plate est un système simple de transmission de puissance qui convenait bien à son époque. Elle peut fournir une puissance élevée à des vitesses élevées (373 kW à 51 m/s), dans le cas de courroies larges et de grandes poulies.

Les courroies plates étaient traditionnellement faites de cuir ou de tissu. Aujourd'hui, la plupart sont en caoutchouc ou en polymères synthétiques. Les extrémités des ceintures sont assemblées par un laçage des extrémités avec la lanière en cuir (la plus ancienne des méthodes) attaches en acier ou laçage ou par collage ou soudage (polyuréthane ou polyester)). Les courroies plates étaient traditionnellement assemblées et le sont toujours, mais elles peuvent aussi être fabriquées en une bande continue. [12][13]



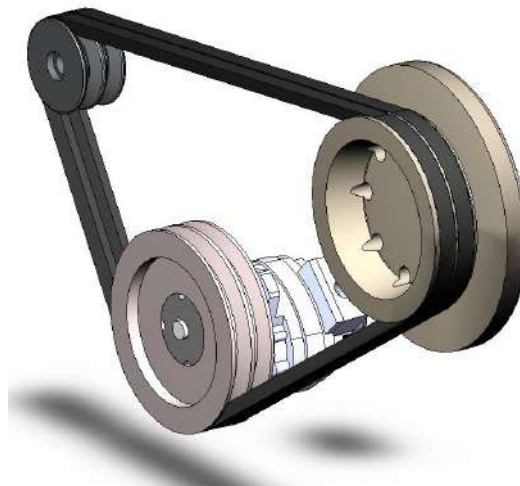
*Figure II.2 : Courroie plate*

### II.2.2.2 Courroie trapézoïdale

Les courroies trapézoïdales sont les plus utilisées. À tension égale, elles transmettent une puissance plus élevée que les courroies plates. Elles sont utilisées, par exemple, dans les variateurs de vitesse.

Les courroies trapézoïdales ont résolu le problème du glissement et de l'alignement. C'est maintenant la courroie de base pour la transmission de puissance sans glissement (synchrone). Elles sont généralement fabriquées d'une bande sans joint et leur forme générale en coupe est approximativement trapézoïdale. La forme en "V" de la courroie suit une rainure dans la poulie, ce qui fait que la courroie ne peut pas glisser. La courroie a tendance à se coincer dans la rainure lorsque la charge augmente - plus la charge est grande, plus l'action de coincement est importante - améliorant la transmission du couple et faisant de la courroie une solution efficace nécessitant moins de largeur et de tension que les courroies plates.

Les courroies trapézoïdales peuvent être fabriquées en caoutchouc ou en polymère sans renfort. Sinon, il peut y avoir des fibres incorporées dans le caoutchouc ou le polymère pour augmenter la résistance. Les fibres peuvent être en matières textiles telles que le coton, le polyamide (tel que le nylon) ou le polyester ou, pour la plus grande résistance, de l'acier ou de l'aramide. [12][13]



**Figure II.3 :** Courroie trapézoïdale

Il existe par ailleurs deux types de courroies selon leur mode d'installation :

- Les courroies fermées,
- Les courroies ouvertes: elles sont conçues pour des systèmes d'entraînement d'accès difficile, les extrémités étant connectées après mise en place.

### II.2.3 Fonctionnement

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 qui sont qualifiées d'asynchrones, car le patiemment ne permet pas de garantir la vitesse de sortie ;
- Par obstacle pour les courroies dentées, qui sont également qualifiées de synchrones. Ces dernières permettent une transmission de mouvement sans déphasage.

Ce type de transmission a un rendement de l'ordre de 98 %, à l'exception des courroies trapézoïdales dont le rendement est plus faible (de 70 à 96 %) mais le risque de glissement nul.

Habituellement, les moteurs de voitures comportent une courroie crantée pour entraîner la distribution et une courroie rainurée pour entraîner un certain nombre de composants périphériques : alternateur, pompe à eau, pompe de direction assistée, etc. [12][13]

## II.3 Chaînes

Les chaînes sont utilisées en transmission de puissance mais aussi en manutention et convoyage et dans de nombreuses réalisations. La configuration usuelle est une chaîne et des roues dans un même plan vertical (dans un plan horizontal la chaîne « saute »). [12][13]

Leurs principales caractéristiques sont :

- Un rapport de transmission constant (pas de glissement).
- Une longue durée de vie.
- Un montage et entretien plus simples que celui des engrenages et prix de revient moins élevé.
- Une aptitude à entraîner plusieurs arbres récepteurs en même temps à partir d'une même source.
- Supportent des forces de tension plus élevées et des conditions de travail plus rudes (températures plus élevées... ).
- Sont essentiellement utilisées aux « basses » vitesses (moins de 13 m/s pour les chaînes à rouleaux, moins de 20 m/s pour les chaînes silencieuses).
- Elles sont plus bruyantes en comparaison avec d'autre type de transmission.
- Nécessitent une lubrification.

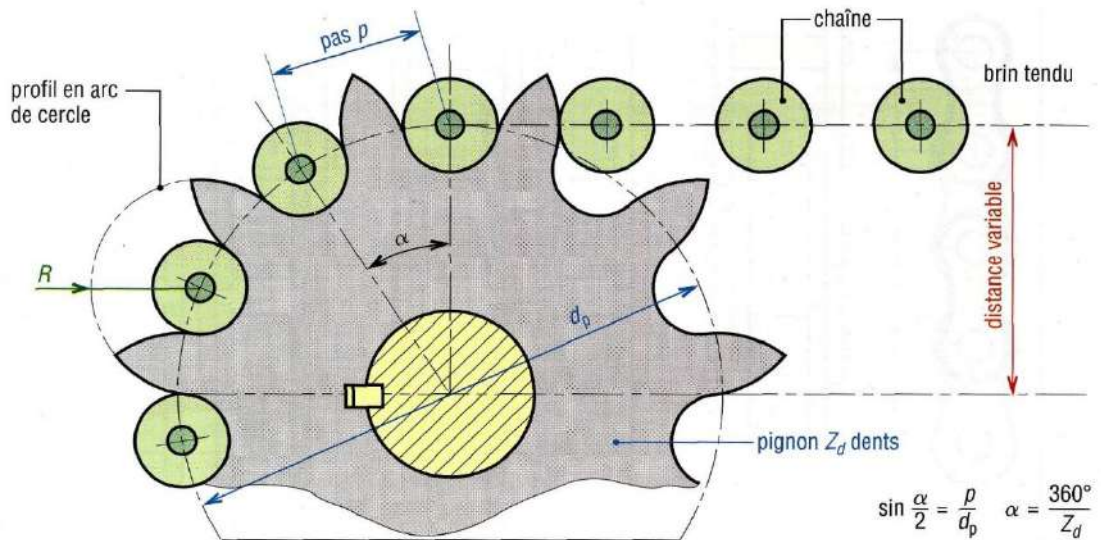


Figure II.4 : Engrenement chaîne - pignon

### II.3.1 Calcul des chaînes à rouleaux

Le calcul des chaînes à rouleaux est analogue à celui des courroies crantées (principe retenu par la norme NF ISO 10823), leurs principales dimensions sont présentées à la figure ci-dessous.

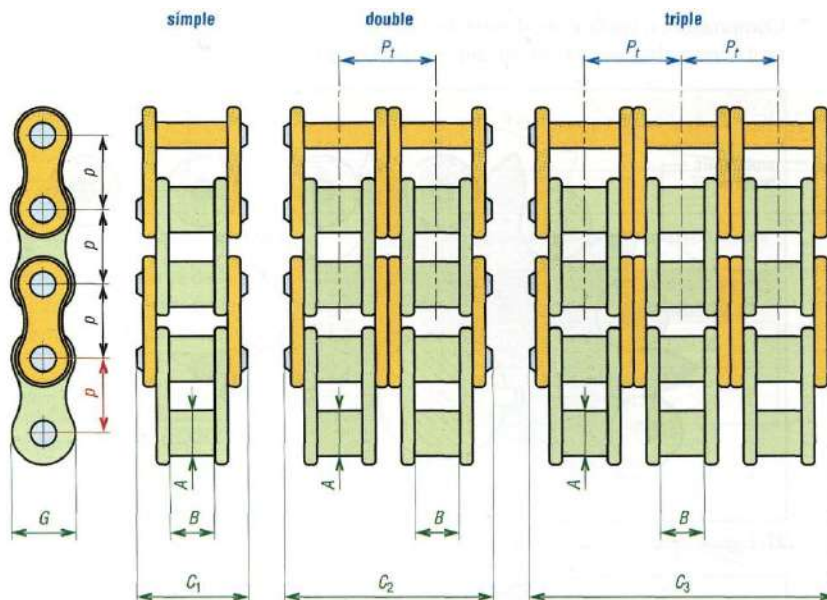


Figure II.5 : Dimensions des chaînes à rouleaux

Cet élément de transmission est normalisé, le tableau suivant présente les caractéristiques des principales selon la norme NF ISO 606.



Tableau II.1 : Caractéristiques des principales chaînes à rouleaux

Caractéristiques des principales chaînes à rouleaux (NF ISO 606)											
symbole	pas $p$ mm	A mm	B mm	$P_t$ mm	G mm	$C_1$ mm	$C_2$ mm	$C_3$ mm	rupture en traction (daN)		
									simple	double	triple
05B	8	5,00	3,00	5,64	7,11	8,6	14,3	19,9	440	785	1 110
06B	9,52	6,35	5,72	10,24	8,26	13,5	23,8	34,0	895	1 690	2 490
08B	12,7	8,51	7,75	13,92	11,81	17,0	31,0	44,9	1 780	3 110	4 450
10B	15,87	10,16	9,65	16,59	14,73	19,6	36,2	52,8	2 220	4 450	6 670
12B	19,05	12,07	11,68	19,46	16,13	22,7	42,2	61,7	2 890	5 780	8 670
16B	25,40	15,88	17,02	31,88	21,08	36,1	68,0	99,9	6 000	10 600	16 000
20B	31,75	19,05	19,56	36,45	26,42	43,2	79,7	116,1	9 500	17 000	25 000
N° 40 ou 08A	12,7	7,92	7,85	14,38	12,07	17,8	32,3	46,7	1 380	2 760	4 140
N° 50 ou 10A	15,87	10,16	9,40	18,11	15,09	21,8	39,9	57,9	2 180	4 360	6 540
N° 60 ou 12A	19,05	11,91	12,57	22,78	18,08	26,9	49,8	72,6	3 110	6 230	9 340
N° 80 ou 16A	25,4	15,88	15,75	29,29	24,13	33,5	62,7	91,9	5 560	11 120	16 680
N°100 ou 20A	31,75	19,05	18,90	35,76	30,2	41,1	77,0	113,0	8 670	17 350	26 020
N°120 ou 24A	38,1	22,23	25,22	45,44	36,2	50,8	96,3	141,7	12 460	24 910	37 370

Le rapport de transmission est calculé selon la formule :

$$\frac{N_D}{N_d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_D}{Z_d}$$

Avec  $Z$  : le nombre de dents et les indice  $p$  pour primitif,  $d$  pour la petite roue (pignon) et  $D$  pour la grande roue.

Les rapports usuels sont compris entre le tiers et 3.avec un entraxe compris entre 30 et 50 fois le pas. En application normale, le nombre de dents du pignon est pris égale ou supérieur à 17 dents, mais dans le cas de grandes vitesses ou des surcharges, la valeur minimale est de 25 dents. Tandis que pour la grande roue un nombre maximale est imposé équivalent à 114 dents. De plus, un angle d'enroulement minimal égal à  $120^\circ$  est exigé. [12][13]

### II.3.2 L'effet de corde

Il se fait sentir aux vitesses élevées avec des roues ayant un faible nombre de dents. Suivant l'angle de rotation, la distance entre la chaîne et le centre de la roue varie, ce qui provoque des irrégularités de transmission et des vibrations. [12][13]



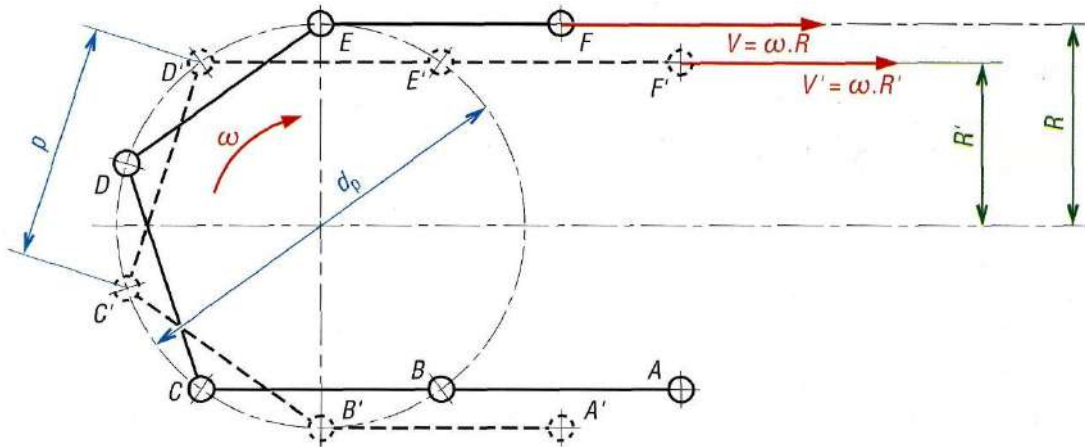


Figure II.6 : Principe de l'effet de corde

## II.4 Les engrenages

### II.4.1 Définition

L'engrenage est un mécanisme élémentaire constitué de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable, et dont l'une entraîne l'autre par l'action de dents successivement en contact. [14][15]

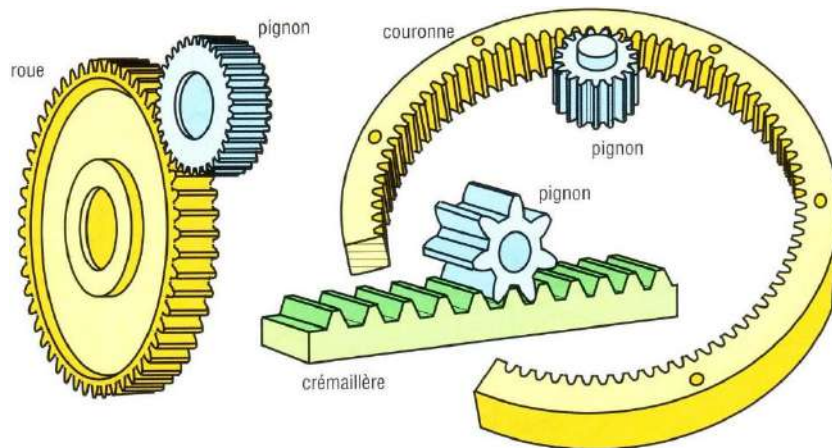


Figure II.7 : Engrenages

Les deux roues sont conjuguées : la plus petite est le pignon, la plus grande la roue (appelée crémaillère si son rayon est infini). [14][15]

## 11.4.2 Applications

On utilise les engrenages pour transmettre un mouvement et une puissance entre deux arbres parallèles ou non, concourants ou non et perpendiculaires ou non. Pour un prix de revient modéré, ils ont pour avantage un excellent rendement et un encombrement plutôt faible. Ils sont dans certains cas irréversibles. [14][15]

Les engrenages peuvent avoir diverses utilités :

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

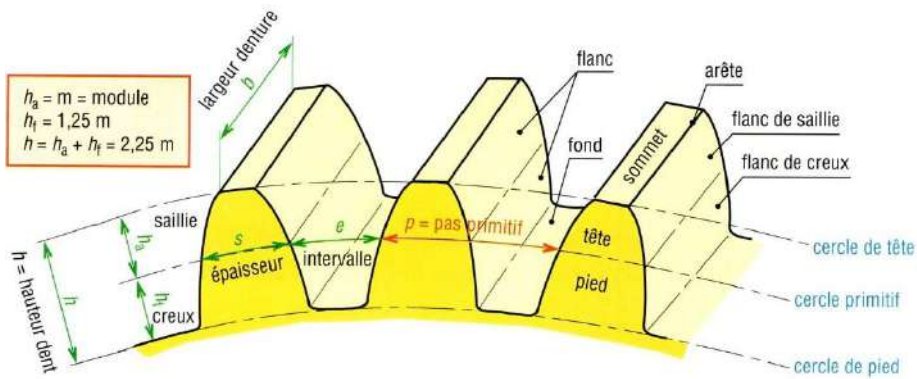
## 11.4.3 Types d'engrenages

Suivant la fonction qu'ils ont à réaliser, les engrenages peuvent avoir différentes formes et différentes caractéristiques de denture. Il y a trois catégories d'engrenages [14][15]:

- Les engrenages droits (à axes parallèles)
- Les engrenages coniques (à axes concourants)
- Les engrenages gauches

### 11.4.3.1 Engrenages droits à denture droite

Les plus simples et les plus économiques, ils sont utilisés pour transmettre la puissance et le mouvement entre deux arbres parallèles. Les dents des roues de l'engrenage sont parallèles à l'axe de rotation des arbres. Il y a engrènement "couple de dents" par "couple de dents" ce qui entraîne des chocs d'engrènement. Leur utilisation est généralement bruyante et génère des vibrations. Les caractéristiques des dentures sont présentées à la figure suivante. [14][15]



**Figure II.8 :** Caractéristiques des dents d'engrenages à denture droite

**Tableau II.2 :** Critères sur les caractéristiques des dents à denture droite

Désignation	Symbole	Proportion
Nombre de dents	Z	13 mini
Module	m	RDM
Diamètre primitif	d ou $d_p$	$d = m.Z$
Diamètre de tête	$d_a$	$d_a = d + 2.m$
Diamètre de pied	$d_f$	$d_f = d - 2.5m$
Pas primitif	p	$p = \pi.m$
Largeur de denture	b	$b = k(1).m$
Hauteur de denture	h	$h = 2.25m$
Hauteur de saillie	$h_a$	$h_a = m$
Hauteur de creux	$h_f$	$h_f = 1.25m$

Avec  $k$  : coefficient de largeur de denture

#### 11.4.3.2 Engrenages droits à denture hélicoïdale

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

Plus complexes, à taille égale, ils sont plus performants que les précédents pour transmettre puissance et couple. Du fait d'une meilleure progressivité et continuité de l'engrènement (2, 3, ou 4 dents toujours en prise), ils sont aussi plus souples et silencieux. L'inclinaison de la denture engendre des efforts axiaux suivant l'axe de l'arbre qui doivent être supportés par les paliers. [14][15]

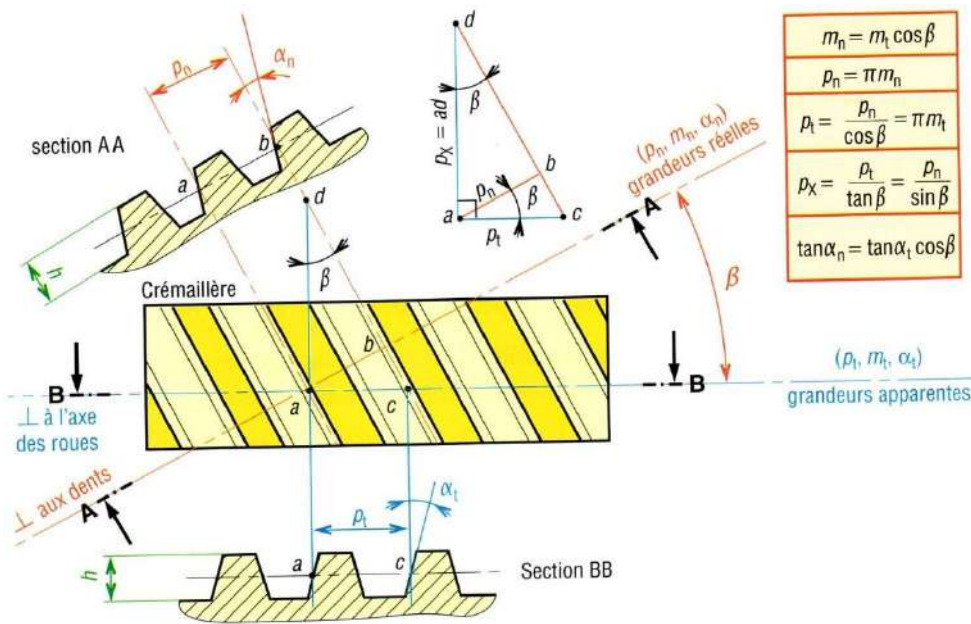


Figure II.9 : Caractéristiques des dents d'engrenages à denture hélicoïdale:

Tableau II.3 : Calcul de caractéristiques des dents hélicoïdales

Désignation	Paramètres	Observations
Module réel	$m_n$	calcul de R.D.M.
Module apparent	$m_t$	$m_t = p_t / \pi$
Angle d'hélice	$\beta$	$15^\circ < \beta < 30^\circ$
Pas primitif réel	$p_n$	$p_n = \pi \cdot m_n$ $p_n = p_t \cdot \cos \beta$
Diamètre primitif	$d$	$d = m_t \cdot Z = m_n \cdot Z / \cos \beta$
Angle de pression réel	$\alpha_n$	généralement $20^\circ$
Largeur de la dent	$b$	$b = k \cdot m_n$

### II.4.3.3 Engrenages coniques

C'est un groupe important utilisé pour transmettre un mouvement entre deux axes non parallèles dont les axes sont concourants. Les axes à  $90^\circ$  sont les plus courants. [14][15]

Les surfaces primitives ne sont plus des cylindres mais des cônes (cônes primitifs). Les cônes sont tangents sur une ligne MM' et leur sommet commun est le point S. C'est aussi le point d'intersection des axes de rotation des deux roues. On distingue :

- **Les engrenages coniques à denture droite :** Les plus simples et les plus utilisés. Pour des fréquences de rotation élevées, ils présentent les mêmes inconvénients que les engrenages à denture droite.

- **Les engrenages coniques à denture spirale :** Ils permettent de diminuer les bruits à très grande vitesse et assurent une plus grande progressivité de transmission.
- **Les engrenages hypoides :** Les axes de roues sont orthogonaux mais non concourants. Ils constituent une variante complexe des précédents avec les mêmes qualités générales.

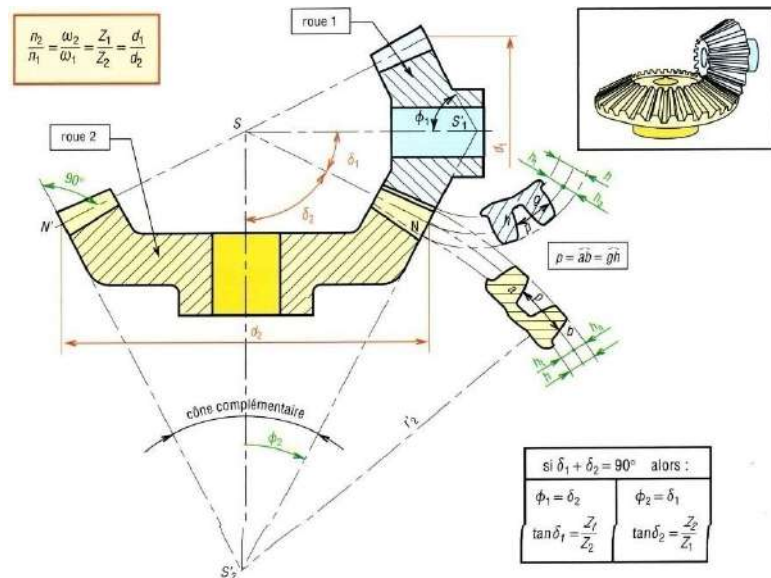


Figure II.10 : Caractéristiques des engrenages coniques

#### II.4.3.4 Engrenages gauches

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

[14][15]

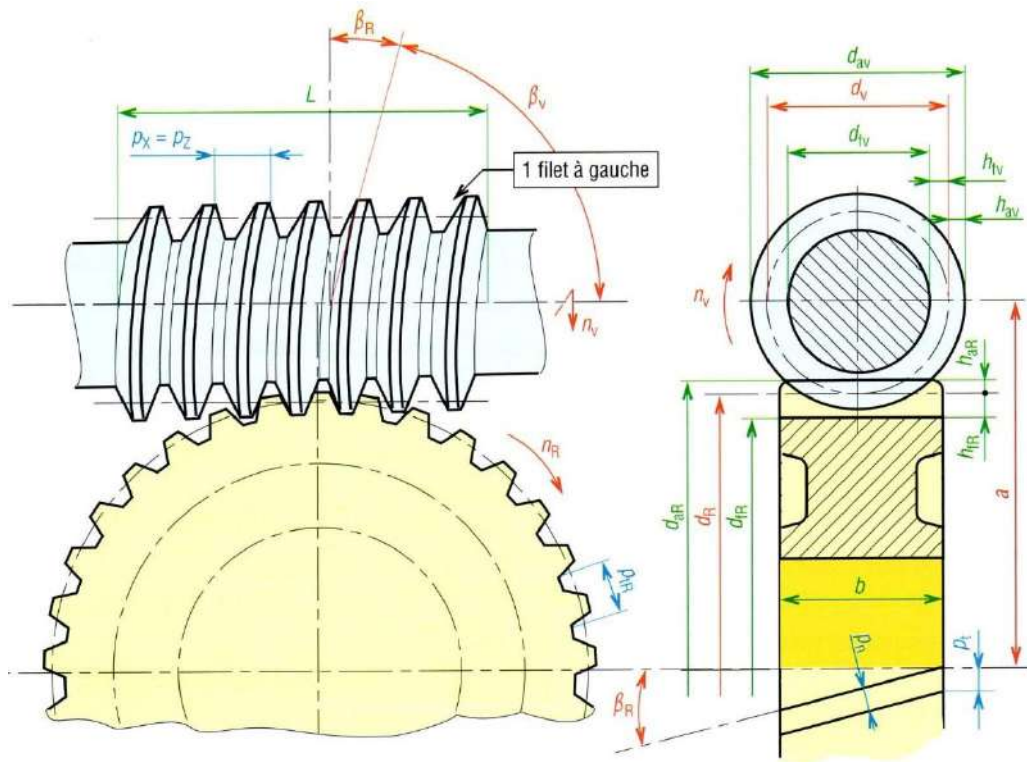


Figure II.11 : Caractéristiques des engrenages à gauche

## 11.5 Boîte des vitesses

### 11.5.1 Définition

Une boîte de vitesses est un élément mécanique proposant plusieurs rapports de transmission entre un arbre moteur et arbre de sortie, son cas d'utilisation le plus fréquent est la transmission du couple d'un moteur thermique aux roues motrices d'un véhicule, elle est aussi utilisée dans de multiples autres contextes tels que les machines-outils, machines agricoles...

La boîte de vitesses est l'élément qui adapte le couple moteur disponible, souvent constant, au couple souvent très variable et nécessaire au fonctionnement d'un dispositif mécanique : pour un véhicule, il s'agit de la résistance inertielle au démarrage ou celle à l'avancement variant suivant les conditions de roulage (plat, montées, descente, virages..).

### 11.5.2 Fonction d'une boîte de vitesse

La fonction d'une boîte de vitesses est de réduire (démultiplier) et de multiplier les efforts du moteur avant leur transmission aux roues via un certain nombre de rapports avant et une marche arrière. Ainsi le rapport de démultiplication correspond-il à la différence de vitesse de



rotation à l'entrée de la boîte (coté moteur) et la sortie (coté roues). Ces rapports sont engendrés par des engrenages.

### II.5.3 Nécessité d'une boîte de vitesse

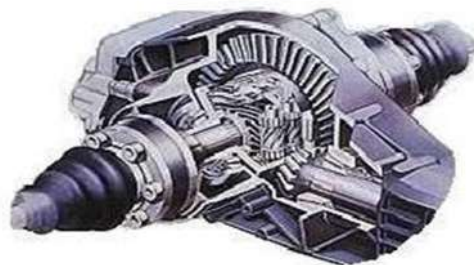
Pour adapter la vitesse de rotation et le couple (effort tournant) d'un moteur à un récepteur, on interpose un réducteur ou un multiplicateur à un seul rapport. Or, un rapport ne suffit pas lorsque l'on doit faire face à des conditions de travail variées.

Par exemple, pour une voiture, à l'arrêt ou en côte, nous avons besoins d'un couple important et d'une vitesse plus faible au niveau des roues. En revanche sur le plat lorsque la voiture est élancée, nous avons besoin de plus de vitesse et d'un couple plus faible (puisque'il y a moins de résistance) au niveau des roues. Ainsi, on voit bien que le véhicule n'a pas toujours la même demande alors que le régime de rotation de son moteur doit rester le plus près possible de son point de rendement le plus favorable (entre 2000 et 6000 tr/min) point qui se déplace en fonction de la puissance requis.

## II.6 Le différentiel

### II.6.1 Définition

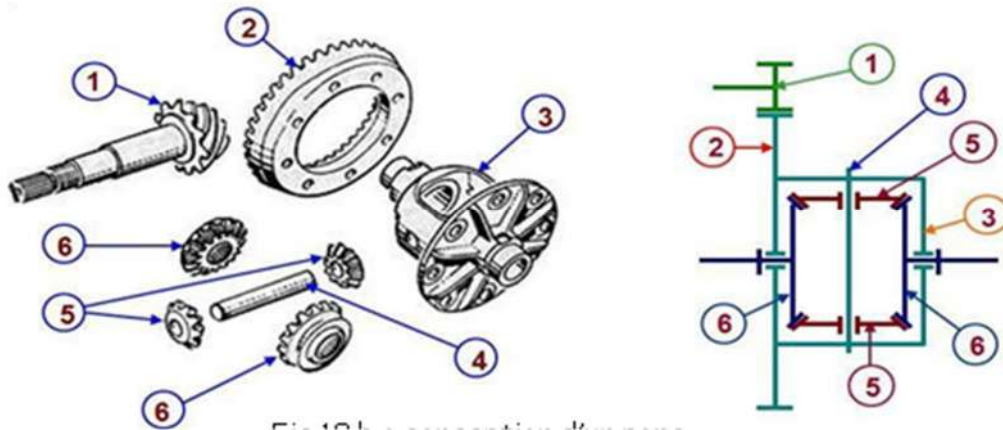
Appelé aussi pont, il sert à transférer le mouvement issu de la boîte de vitesses dans l'axe de rotation des roues motrice. En même temps il permet de « gérer » la différence de vitesse des roues motrices dans les virages (les roues extérieures faisant plus de distance que celles intérieures). [16]



*Figure II.12 : Différentiel*

## II.6.2 Composantes:

La figure suivante présente une vue éclatée d'un différentiel.



**Figure II.13 :** Composition d'un pont

- |                          |                |                            |
|--------------------------|----------------|----------------------------|
| 1 - Pignon d'attaque     | 2 – Couronne   | 3- Boîtier de différentiel |
| 4 - Axe porte-satellites | 5 – Satellites | 6 - Planétaires            |

Le différentiel se compose d'un boîtier « 3 » solidaire de la couronne du pont « 2 », de deux planétaire « 6 » liés aux arbres de roues et d'un axe porte satellites « 4 ». les deux satellites « 5 » sont montés fous sur leur axe « 4 », en contact par leur denture avec les planétaire.

## II.6.3 Fonctionnement

Le fonctionnement repose sur l'interaction des trois éléments suivants:

- l'élément moteur (le porte-satellites), solidaire de la couronne, qui reçoit la puissance transmise par la BV.
- l'élément de réaction (composé des 2 satellites)
- l'élément récepteur (constitué des 2 planétaires), répartit la puissance sur chaque arbre de transmission.

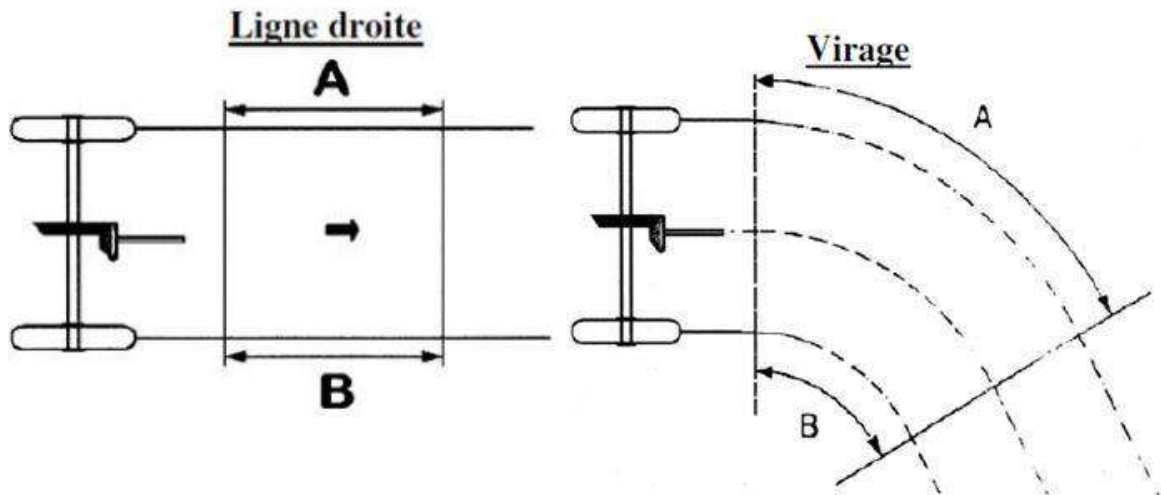
Soit les variables suivantes :

- $\omega_{PS}$  : vitesse du porte satellites = vitesse de la couronne = vitesse du boîtier.
- $\omega_S$  : vitesse satellite.
- $\omega_{P1}$  : vitesse du planétaire 1 = vitesse de l'arbre de transmission gauche.



- $\omega_{P2}$  : vitesse du planétaire 2 = vitesse de l'arbre de transmission droite.

En ligne droite : La couronne entraîne le boîtier de différentiel qui entraîne à son tour les satellites par leur axe. Les satellites étant engrainés dans les planétaires, ils tournent et entraînent les arbres de transmission donc les roues.



*Figure II.14 : Parcours des roues en ligne droite et en virage*

Dans ce cas, les roues parcourent la même distance  $A = B$ , et les planétaires tournent à la même vitesse  $\omega_{P2} = \omega_{P1} = \omega_{PS}$ .

En virage : les roues ne tournent pas à la même vitesse, le boîtier entraîne toujours les satellites, mais ceux-ci tournent sur leur axe et donc sur les planétaires, permettant d'isoler les planétaires et donc les roues.

La roue extérieure au virage doit parcourir une distance supérieure à la roue intérieure  $A > B$ , et les planétaires tournent à des vitesses différentes :

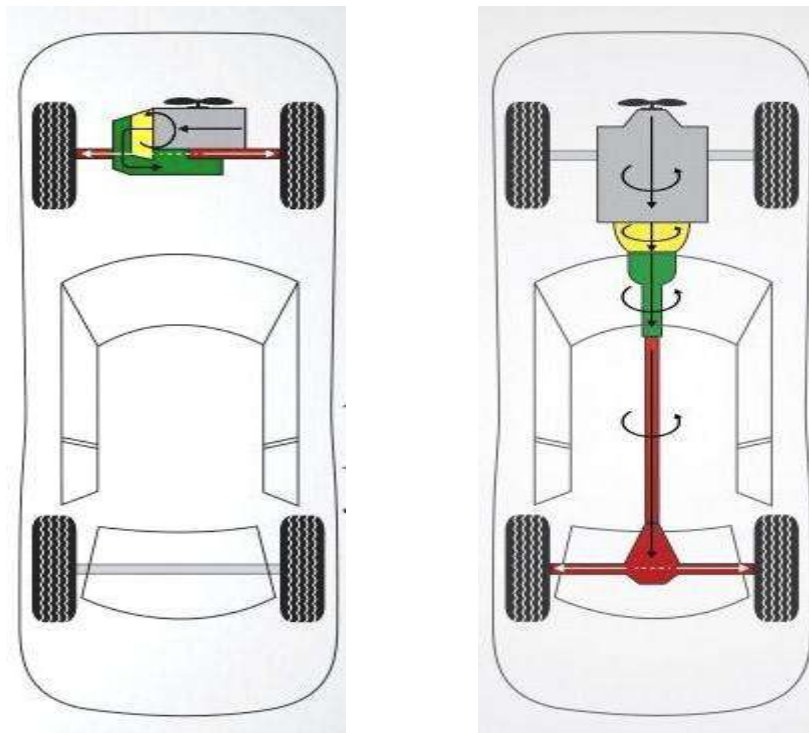
- $\omega_{P1} = \omega_{PS} - \omega_S$
- $\omega_{P2} = \omega_{PS} + \omega_S$

## II.7 Traction / Propulsion

### II.7.1 Définition

Dans le monde automobile une transmission de type traction désigne une transmission secondaire de véhicule par laquelle la puissance moteur est transmise uniquement aux roues avant, qui tirent le véhicule, contrairement à ceux à propulsion tels les autobus, camions, motos et quads dont seules les roues arrière sont motrices. Cette appellation (propulsion) est

principalement basée sur un abus de langage puisque rien ne pousse l'arrière du véhicule pour qu'il avance. [17]



*Figure II.15 : Schéma de principe d'une traction (à gauche) et d'une propulsion (à droite)*

Du fait des règles actuelles de sécurité, la plupart des véhicules de faible puissance (moins de 150 chevaux) emploie le mode traction avec un moteur transversal placé sur l'essieu avant.

### II.7.2 Avantages/inconvénients d'une traction

Le principal avantage de la traction est de regrouper tous les éléments de la propulsion du véhicule à l'avant, avec comme principal effet la suppression du tunnel de l'arbre de transmission qui crée, généralement, une excroissance sur le plancher arrière des véhicules à propulsion. L'absence de pièces mécanique en mouvement sous la partie centrale de la caisse diminue les sources de bruits parasites dans l'habitacle, ce qui rend la conduite plus agréable et améliore le confort des passagers.

Cependant, lorsque la puissance du moteur dépasse un certain niveau l'effort sur les cardans devient important et l'adhérence plus délicate à maîtriser. Pour maîtriser l'adhérence, la

plupart des tractions à forte puissance se voient équipées de différentiels pilotés ou à glissement limité pour pouvoir maîtriser leur puissance de manière convenable.

### 11.7.3 Avantages/inconvénients d'une propulsion

Une propulsion présente les avantages :

- D'une simplicité architecturale;
- Une économie sur les joints de transmission;
- Une efficacité accrue dans le cas de véhicule puissant, le couple aux roues produisant en réaction un transfert de masse sur l'essieu arrière, générant une meilleure adhérence du train arrière,

De l'autre côté :

- Il y a nécessité d'un tunnel si le moteur est situé à l'avant, générant un encombrement supplémentaire et pouvant générer des bruits parasites liés aux paliers,
- Dans le cas des véhicules de tourisme à moteur avant, la répartition des masses est défavorable aux roues motrices ;
- Tendance au survirage si le moteur est situé à l'arrière.

## 11.8 Système de transmission d'un vélo

La transmission du vélo est l'ensemble des pièces qui permettent de faire avancer le vélo grâce aux pédales dont les composants principaux sont : les pédales, le pédalier, le boîtier de pédalier, la chaîne, les pignons, les dérailleurs, les leviers de vitesses et finalement les câbles qui permettent de relier ces pièces. [18]

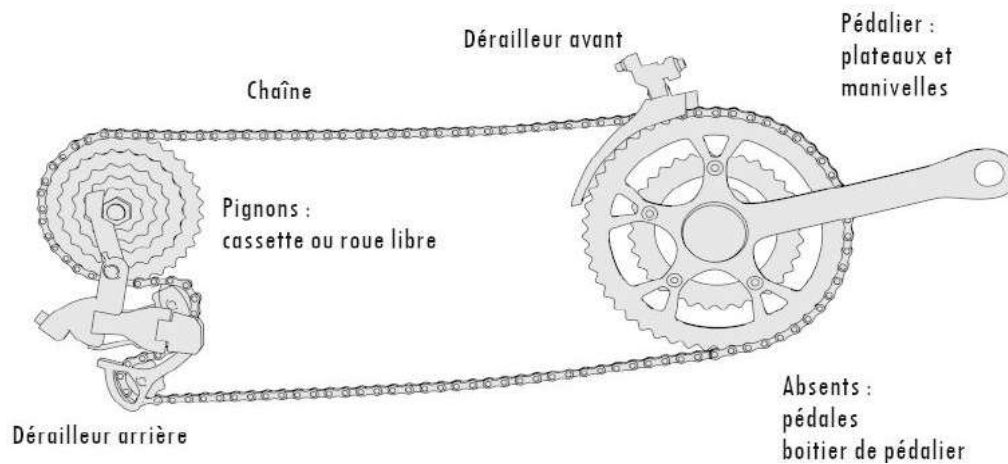


Figure II.16 : Eléments de transmission vélo

### II.8.1 Principales pièces

- **Les pédales :** servent comme appui aux pieds pour faire bouger les manivelles, qui entraînent le pédalier et donc, la chaîne.
- **Le pédalier :** se compose d'un ou plusieurs plateaux et des manivelles. Les manivelles sont ce qui relie les pédales au plateau, elles sont de longueur variable selon la taille du vélo, mais surtout selon la taille du ou de la cycliste.
- **Le boîtier du pédalier :** presque entièrement dans le cadre du vélo ; elle fixe le pédalier dans le cadre du vélo.
- **La chaîne du vélo :** élément le plus évident de la transmission, elle est parfois remplacée par une courroie ou un système d'engrenage à cardan pour les vélos sans chaîne, mais le principe demeure : il y a un élément qui permet de relier le pédalier à la roue arrière.
- **Les pignons de vitesses :** sont montés sur une cassette ou sur une roue libre, ou plus rarement directement vissés sur le moyeu de la roue arrière pour un vélo fixe.
- **Les dérailleurs avant et arrière :** La plupart des vélos possèdent un dérailleur arrière, il permet de déplacer la chaîne d'un pignon à l'autre. Si le vélo est pourvu d'un pédalier avec plusieurs plateaux, il possède un dérailleur avant permettant de faire glisser la chaîne d'un plateau à l'autre.
- **Les leviers de commandes de vitesses :** prennent différentes formes selon les modèles de vélo. En général, il est d'usage de placer le levier des vitesses arrière à la droite du guidon, et donc d'utiliser le levier de gauche pour le dérailleur avant.

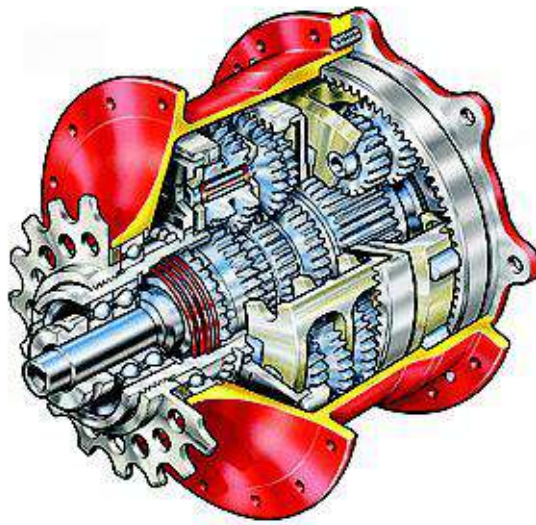
- **Les câbles et les gaines de vitesses :** les commandes envoyées par les leviers de vitesses sont relayées aux dérailleurs par un jeu de câbles de vitesses, qui sont protégés par de la gaine spécifique.

## II.8.2 Type de transmission vélo

Les principaux types de transmission de vélo sont : le vélo fixe, le vélo à transmission intégrée et la transmission vélo « ordinaire ». Cette dernière désigne simplement les vélos avec des transmissions classiques comme nous venons de les décrire.

Le vélo fixe se reconnaît par l'absence d'une roue libre à la roue arrière. C'est un vélo sur lequel la chaîne est nécessairement entraînée par le mouvement de la roue arrière. Les pédales, la chaîne et la roue arrière sont donc solidaires.

Le vélo à transmission intégrée possède des vitesses « cachées » dans le moyeu de la roue arrière. Ces systèmes de transmission très résistants, comme sur la roue Nexus 7 vitesses, sont de plus en plus communs sur les vélos de ville et les vélos électriques. [18]



*Figure II.17 : Moyeu à vitesses intégrées*

# Chapitre III

## ETUDE ET CONCEPTION

### III.1 Introduction

On a vu au premier chapitre que même avec tout le développement qu'on connaît les moyens de transport, il y a toujours un besoin de les améliorer vu les problèmes qu'ils posent concernant l'environnement surtout, c'est pour cela qu'on s'est engagé à cette étude en proposant un nouveau moyen de transport écologique et répondant aux exigences en tenant compte de tous les avantages et en supprimant le plus d'inconvénients possibles.

### III.2 Objectifs du travail

Les objectifs de cette étude sont en général :

- Proposer un moyen de circulation écologique alternatif à la voiture ;
- Réduire la pollution de l'air et les émissions de CO<sub>2</sub> ;
- Se déplacer confortablement et facilement en ville ;
- Réduire le problème des embouteillages.

### III.3 Caractéristiques ciblées

Il est clair que le vélo est le moyen de transport le plus écologique c'est pourquoi, notre produit proposé dans ce travail sera un « Vélo » destiné pour une utilisation urbaine en ville donc d'une vitesse maximale de 60 km/h. mais ; un vélo pose problème de météo c'est pourquoi notre vélo aura un habitacle comme un véhicule personnel.

Cependant, l'habitacle va poser problème de stabilité, pour palier ce problème notre vélo doit être équipé de quatre roues améliorant ainsi en même temps la sécurité de ses utilisateurs. Pour avoir un plus pour notre véhicule, il doit être biplace, donc une place pour un conducteur et une autre à l'arrière pour un passager. Rappelons que les utilisateurs de véhicules personnels

l'utilisent la plupart du temps pour se déplacer seul ou avec seulement une autre personne et c'est rarement où un véhicule cinq places est utiliser en plein capacité.

Cette structure proposée avec toute la charge transportée (conducteur, passager et un bagage éventuellement) aura un poids considérable nécessitant un effort musculaire important, c'est pourquoi en envisage une assistance électrique au conducteur.

Si l'on résume ces caractéristiques en puces en aura :

- Un véhicule biplace,
- Avec habitacle,
- Ayant une suspension de quatre roues,
- D'une vitesse max allant jusqu'à 60 km/h,
- Ecologique ; propulsé avec effort musculaire,
- Assisté électriquement.

Ces caractéristiques présentent pour nous un cahier de charge pour le produit qu'on va étudier et concevoir dans la suite de ce chapitre.

### III.4 Esquisses et idées primaires

Dans le cadre des caractéristiques ciblées, l'architecture proposée pour notre véhicule est représentée à la figure suivante.

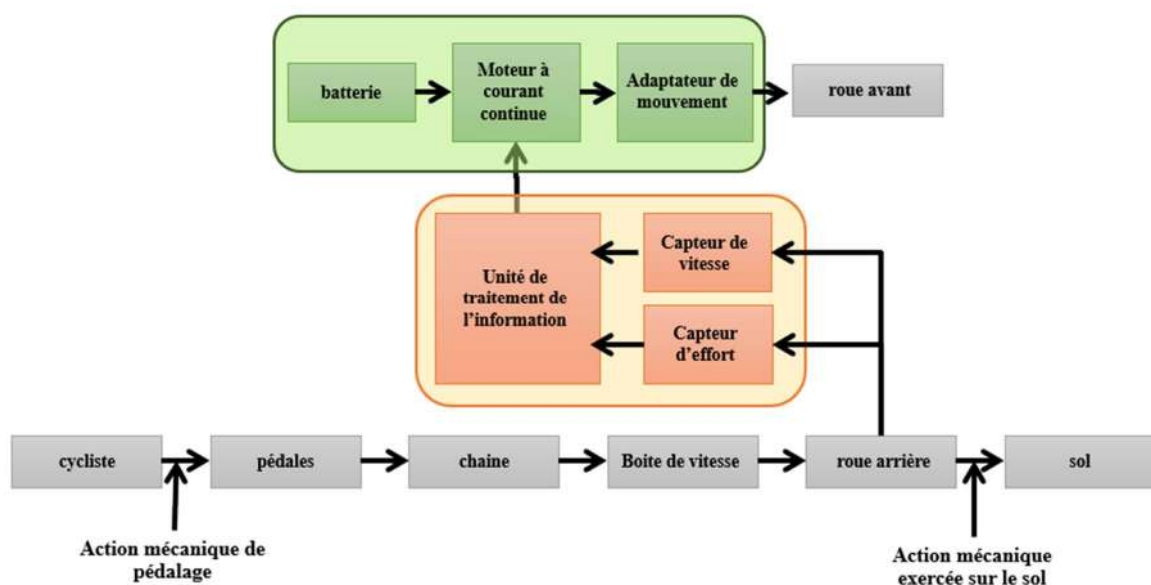


Figure III.1 : Architecture du véhicule

En résumé, on prévoit une propulsion (entraînement par les deux roues arrière) du véhicule par effort musculaire selon les systèmes de vélo conventionnels, en plus d'une assistance électrique agissant sur les deux roues avant.

Pour l'assistance électrique, le relèvement des données nécessaires au contrôle des moteurs se fait sur les roues arrière.

Sur la base des données précédentes, nous avons réalisé une conception préliminaire du véhicule à concevoir comme dans la figure ci-dessous:

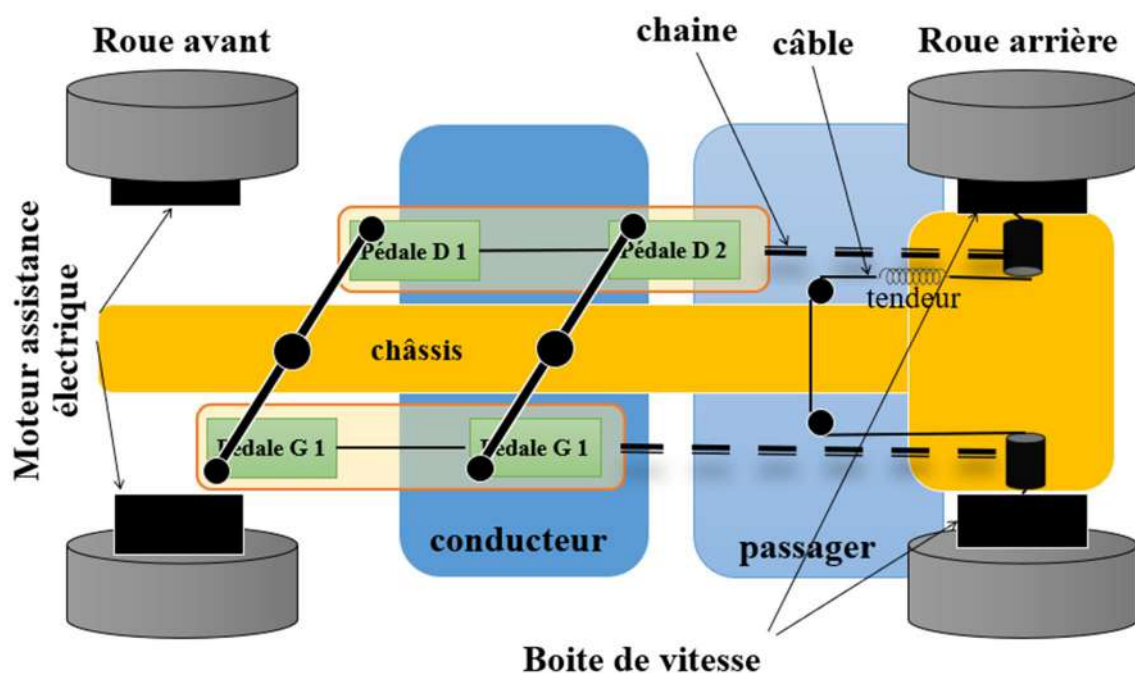


Figure III.2 : Esquisse du véhicule (vue de dessous)

### III.4.1 Principe de fonctionnement

La propulsion dans ce véhicule est assurée par un système qui se compose de deux pédales à droite et à gauche, sur chaque pédale existe un appui pour le conducteur et un autre pour un passager. Les pédales sont en mouvement de translation sur un parcours arc de cercle et sont soutenues en position par deux pivots assurant en même temps la synchronisation entre les deux pédales (quand une pédale avance l'autre doit reculer).

Les deux pédales sont reliées aux roues arrière par une chaîne, et entre elles se trouve une boîte de vitesse de deux rapports formée d'un réducteur planétaire pour assurer un plus de contrôle du couple et de la vitesse.



Pour assurer une tension en continu sur les deux chaînes, un câble et relier à une des chaînes, passe par deux poulies et s'attache à l'autre chaîne au moyen d'un ressort.

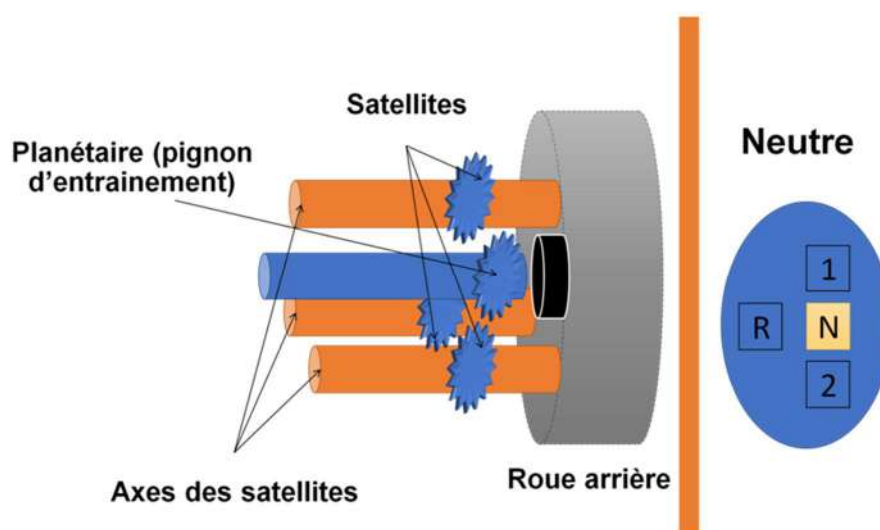
### III.4.2 Boîte de vitesses

Pour un mieux contrôle du couple et de la vitesse, une boîte formée d'un réducteur planétaire est placée avant la roue entre celle-ci et le pignon entraîné par la chaîne. Trois positions d'un levier de vitesses, permet de choisir entre le Neutre le premier rapport ou le deuxième. Le choix s'effectue par le déplacement du planétaire (pignon d'entraînement).

#### III.4.2.1 Neutre et marche en ARRIERE

Comme le nom l'indique, cette option est un point mort pour la boîte, aucun rapport n'est engager. Le passage d'un rapport à un autre nécessite le désengagement du rapport engagé avant de passer à l'autre, d'où il doit y avoir une position Neutre.

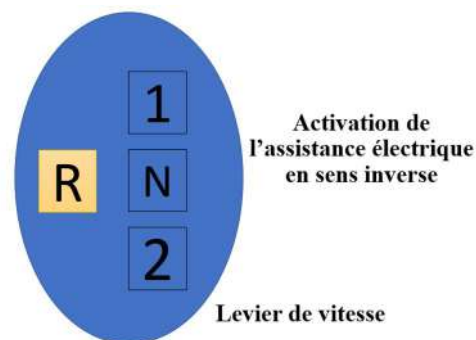
Au niveau du réducteur planétaire, le pignon d'entraînement va se situer à l'aide du levier de commande en position entre les satellites du réducteur et la roue et ne soit engager avec aucun de ces deux-la, la roue se trouve ainsi en situation libre.



*Figure III.3 : Illustration de la position Neutre*

D'autre part, et pour ne pas compliquer la boîte, en vise à assurer la marche en arrière à l'aide des moteurs d'assistance électrique uniquement (placés sur les roues avant), cela nous oblige à libérer les roues arrières. Le déplacement du levier de commande (ou levier de vitesse) vers le coté sera active uniquement si le levier est en position Neutre, et l'installation d'un

régulateur de tension permettra de contrôler la vitesse de rotation des moteurs électrique et ainsi la vitesse de recule.

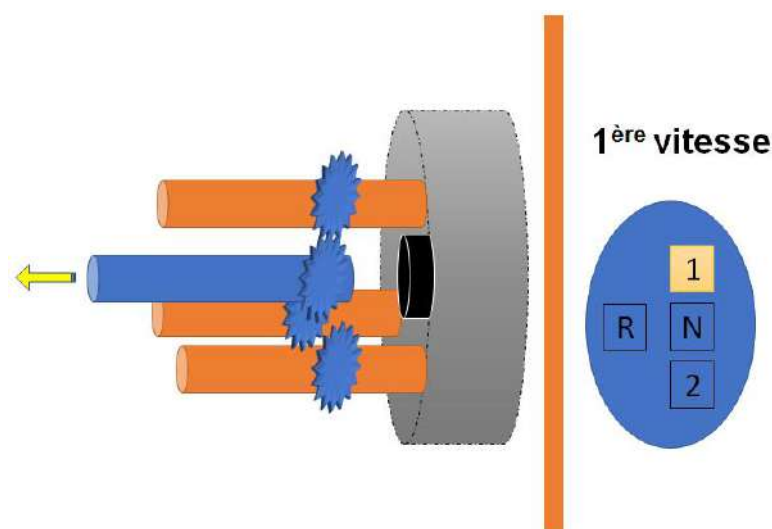


*Figure III.4 : Activation l'assistance électrique en sens inverse*

#### III.4.2.2 Marche en AVANT

L'implantation d'un réducteur planétaire entre la roue et le pignon d'entraînement nous permet d'avoir deux rapports de réduction ; plus précisément une réduction de la vitesse (avec bien sur une augmentation du couple) lors du choix du rapport « 1 » ; et dans le cas du choix du deuxième rapport le pignon d'entraînement se trouve accouplé directement à la roue d'où un rapport 1:1.

Par le déplacement du levier au N° 1, la première vitesse est engagée, le planétaire serait déplacé en position d'engrainement avec les satellites. De même, le déplacement vers le N° 2 en passant par le Neutre va désengager la première vitesse puis accoupler le pignon d'entraînement en direct sue la roue comme illustrer sur les deux figures suivantes.



*Figure III.5 : Illustration de la 1<sup>ère</sup> vitesse*

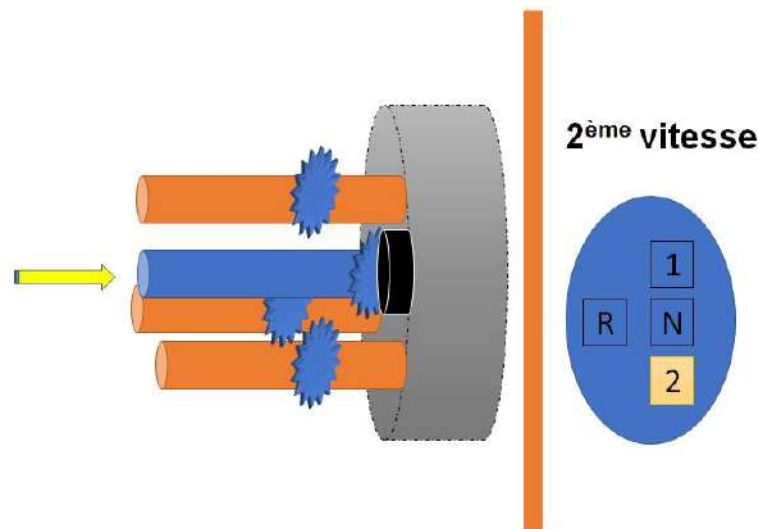


Figure III.6 : Illustration de la 2<sup>ème</sup> vitesse

### III.4.2.3 Le calcul

Ayant deux rapport ; la boîte des vitesses doit permettre au conducteur d'arriver à la vitesse maximale souhaitée au départ de notre travail c'est-à-dire 60km/h (adéquante au déplacement en ville).

Le conducteur en position assise, peut faire des course de va et vient sur les pédale de l'ordre de 40cm, par expérimentation nous avons trouvé qu'un cycliste peut faire quatre course par seconde sur les pédale, ainsi la vitesse linéaire de la chaîne fixée sur la pédale est  $40\text{cm} \times 4\text{fois/s}$  donc 160cm/s.

D'autre part, les grande roues sur les vélos permettent de rouler à des vitesses élevées, cependant nous avons opté pour des pneus de diamètre 20 pouce (508mm) et cela pour des raisons d'encombrement ; le périmètre de tels pneus est égal à :

$$P = 2\pi r = 2\pi \left(\frac{508}{2}\right) = 1.595 \text{ m}$$

Ainsi, pour pouvoir atteindre la vitesse de 60 km/h, les pneus doivent tourner à une vitesse angulaire égale à :

$$\omega_{r\max} = f(60 \text{ km/h} = V_{\max}/R = (60 \text{ km/h})/R = (166.66 \text{ m/s})/R$$

$$\omega_{r\max} = \frac{16.666}{0.254} = 65.617 \text{ s}^{-1}$$

Pour assurer un maximum de rotation du pignon d'entraînement de la roue se dernier aura le nombre minimum de dents c'est-à-dire 17 dents, en plus en utilisera une chaîne à rouleaux standard de pas  $p=8\text{mm}$ , ainsi : 1 tour du pignon est équivalent  $8\text{mm} \times 17\text{dents}=136\text{mm/s}$  sur la

chaîne, donc pour une course de 160cm dans chaque seconde ; la roue va tournée (si accoupler directement à la roue par le deuxième rapport) un nombre de tours égale à :

$$136 \text{ mm/s} \rightarrow 1 \text{ tour}$$

$$1600 \text{ mm/s} \rightarrow N \text{ tour}$$

$$\text{Alors } N = 11.764 \text{ tour/s alors } V_{\max} = N \times P = 18.735 \text{ m/s} = \mathbf{67.446 \text{ km/h}}$$

Le premier rapport sera efficace au départ et aux montées et couvrira la moitié de l'intervalle de vitesse c'est-à-dire entre 0 et 30km/h.

### III.4.3 L'entraînement

Il se fait à effort musculaire sur les roues arrière par alternance, chaque pédale est reliée la roue arrière de son côté par une chaîne engrenée à un pignon d'entraînement sur une roue libre. Pour en détailler plus, lorsque le conducteur pousse la pédale de droite, celle-ci tire avec elle la chaîne entraînant ainsi le pignon en rotation ; sur l'autre côté (celui de gauche), la pédale recule systématiquement par le fait du système de synchronisation, permettant à la chaîne de reculée vers l'arrière et entraînant le pignon en sens inverse d'où l'intérêt d'emplacement d'une roue libre, celle-ci permettra à la roue de gauche de continuer sa rotation dans le même sens même si le pignon d'entraînement de son côté tourne en sens inverse. En fin de course de la pédale de droite, le conducteur va pousser maintenant la pédale de gauche assurant ainsi une propulsion par la roue de gauche et ainsi de suite.

Un autre intérêt de la roue libre se présente en l'élimination du problème de différence entre les vitesses de rotation des roues en virage, il n'y a pas nécessité de placé un différentiel.

Sur les roues avant, où sont placés des moteurs électriques, l'entraînement est assuré par une énergie électrique provenant de la batterie et gérer par un contrôleur adéquat.

### III.4.4 L'assistance électrique

Comme tout système d'assistance au pédalage, notre véhicule doit contenir :

- Une chaîne de contrôle et de traitement des informations munie d'un microcontrôleur,
- Une chaîne de transmission de puissance assurant l'assistance et munie d'un moteur électrique à courant continu.

Dans notre véhicule, un moteur électrique sera accouplé à chaque roue avant, prenant en charge une partie de l'effort à fournir selon l'état de conduite : la moitié de l'effort sera fournie

puis l'alimentation des deux moteurs électriques est réduite progressivement et finalement interrompue lorsque le véhicule atteint une vitesse de 50 km/h, ou plus tôt, si le conducteur (et le passager éventuellement) arrête de pédaler.

#### III.4.4.1 Les capteurs et leurs emplacements

Les capteurs sont les éléments essentiels par lesquels l'assistance sera mise en route et adaptée au pédalage. Pour cela en aura besoin :

- **D'un capteur d'effort** : qu'on va placer sur chaque roue arrière car l'effort est fournie en alternance au droite puis gauche et ainsi de suite. Les pédales sont eux aussi un emplacement possible pour ce capteur.
- **D'un capteur de vitesse** : de mieux placer un pour chacune des quatre roues pour un contrôle idéal de l'assistance.
- **D'un capteur de position du levier de vitesse** : pour bien gérer l'assistance et faire reculer le véhicule si nécessaire.

#### III.4.4.2 Le contrôleur

Le contrôleur, ainsi que la configuration du logiciel intégré, constituent l'électronique d'un vélo électrique. C'est la « carte-mère », il peut être situé dans le châssis d'où il gère :

- Le couple développé par les moteurs,
- La réactivité de l'assistance,
- Les niveaux d'assistance,
- L'affichage de situation actuelle : vitesse, distance parcourue, rapport engagé, autonomie de la batterie ...,

Il peut aussi servir d'éventuels diagnostics (à effectuer par le conducteur) ainsi que :

- GPS,
- Connectivité Smartphone,
- Chargement via USB ...

Comme pour la plupart des fabricants, on peut assurer trois niveaux d'assistance :

- Un mode économique : où l'assistance serait minimale offrant environ 50% de l'effort de pédalage,
- Un autre intermédiaire : avec 100% de force en plus de l'effort de pédalage,
- Un dernier élevé : avec une assistance allant jusqu'à 200% de force en plus.

Chaque niveau d'assistance choisi influe différemment sur la puissance d'aide et donc sur l'autonomie de la batterie.

#### III.4.4.3 Batterie

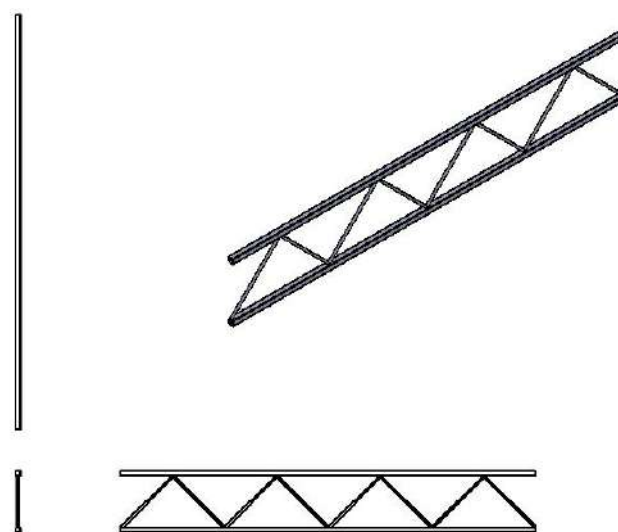
La capacité de la batterie est calculée en ampère-heure (Ah), allant de 8 à 17.5 Ah pour la plupart des modèles disponible sur le marché, parcourant entre 20 et 60 km selon les conditions.

Puisque notre véhicule est biplace avec double moteur, il va nécessiter une batterie à double capacité pour pouvoir parcourir une distance équivalent (à calculé), cependant, et puisque notre véhicule possède un habitacle, on peut place sur le toit un panneau solaire photovoltaïque pour rechargé la batterie à l'énergie solaire en stationnement et même en roulant.

### III.5 Conception des pièces par assistance d'ordinateur

En utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur SolidWorks, et sur la base des idées et esquisses indiquées précédemment, nous avons conçu les pièces suivantes entrant dans l'assemblage de notre véhicule biplace. La majorité des pièces et assemblages sont présentés dans les figures qui suivent en 3D avec trois autres vues pour les présentées bien.

Le châssis est formé de deux pièces essentielles : deux corps latéraux et huit pièces servant de support pour les triangles. Toutes ces pièces sont assemblées entre eux par soudage et avec des plaques en avant et en arrière et d'autres plaques trouées pour maintenir en place les pivots.



*Figure III.7 : Corps latéral*

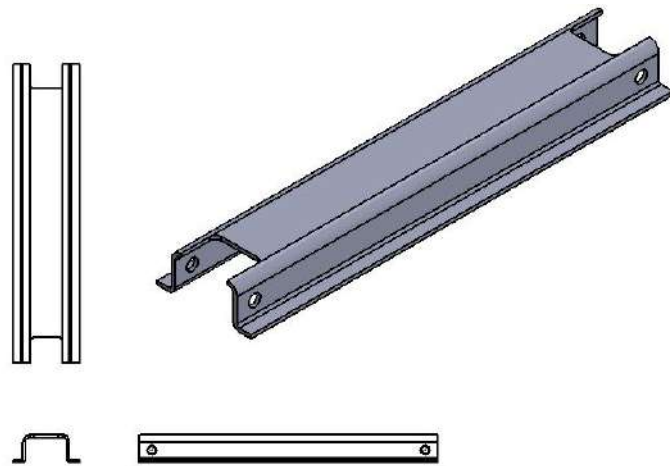


Figure III.8 : Support triangle

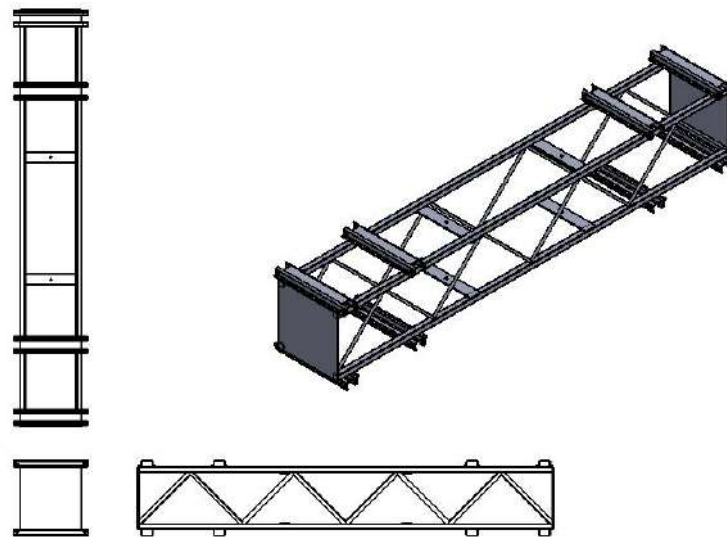


Figure III.9 : Châssis

Les pédales sont présentées aux trois figures suivantes. Deux plaques en translation en toujours parallèles entre elles sont maintenues en place à l'aide de deux pivots.

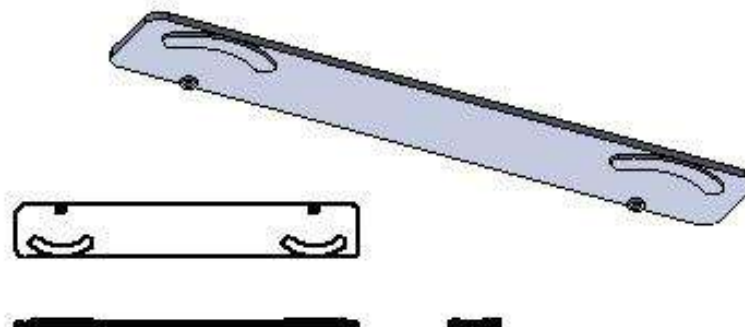
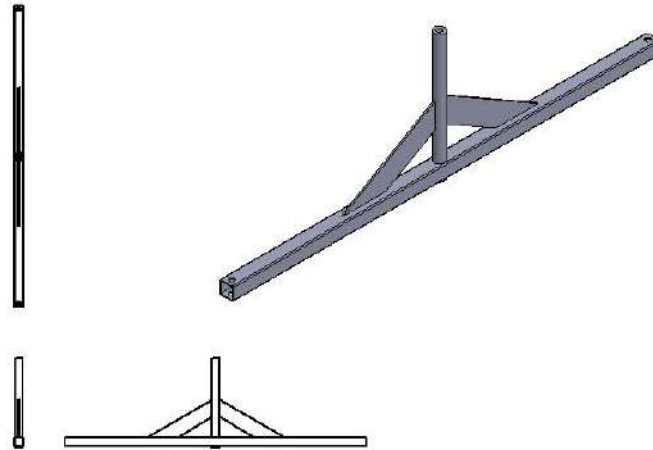
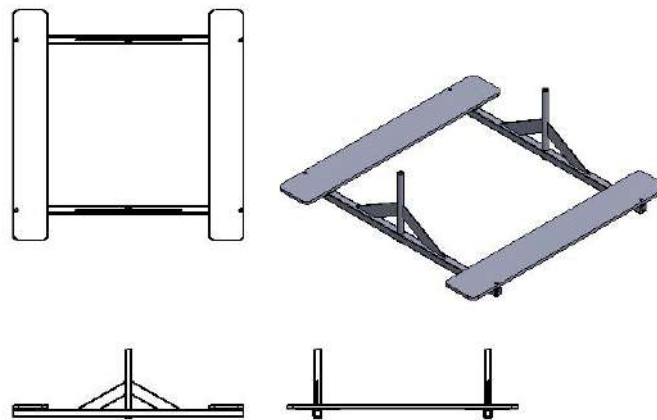


Figure III.10 : Pédale



*Figure III.11 : Pivot*



*Figure III.12 : Assemblage des pédales*

Pour le maintien des roues par rapport au châssis, des triangles fixés sur le châssis, un supérieur et un autre inférieur permettent une fusée de pivoter par rapport à un axe vertical.

Ces trois assemblages sont groupés dans un assemblage pour donner une vue plus illustrative de notre véhicule, malheureusement nos efforts et par manque de temps, vont s'arrêter là malgré qu'il reste d'autres pièces concevoir ainsi que l'estimation des charges et la simulation de leurs effets sur la structure (contraintes et déformations).



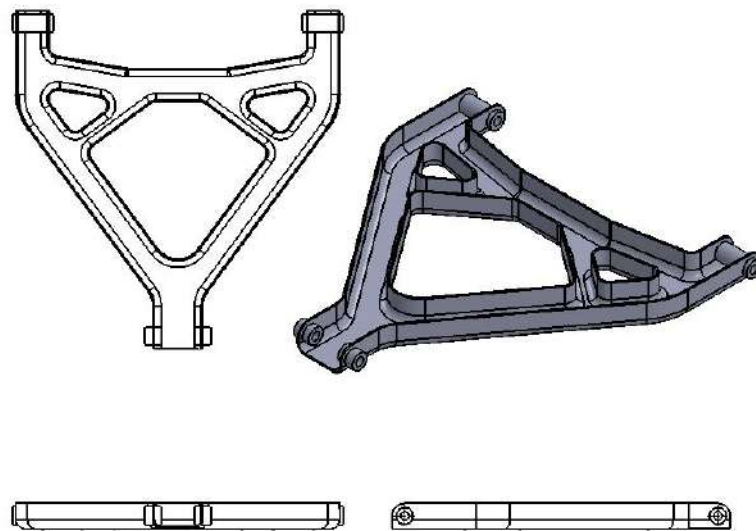


Figure III.13 : Triangle

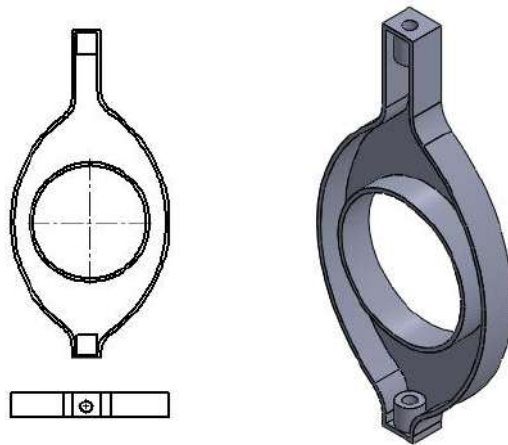


Figure III.14 : Fusée

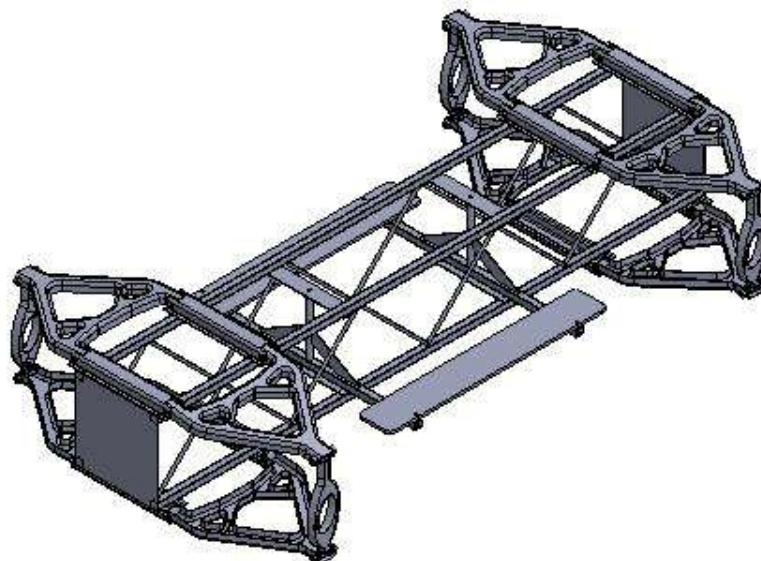


Figure III.15 : Assemblage global

Il est indispensable de rappeler que nous sommes de spécialité Maintenance Industrielle le temps que le présent travail été proposé en premier temps comme projet de fin de cycle pour les étudiants de Fabrication Mécanique et Productique, par conséquent nous avons eu de grandes difficultés dans cette étude, à titre d'exemple : se former dans un logiciel de CAO...

### **III.6 Prototype**

Au départ de ce travail, la réalisation d'un prototype était prévue ; mais, malheureusement, par manque de temps et vu le confinement et l'éloignement social imposée par la pandémie COVID'19, celle-ci est devenue impossible. Ainsi nous recommandant aux prochains étudiants de s'engager la réalisation d'un prototype sur la base de ce travail et celui élaboré par les étudiants de fabrication mécanique et productique signaler à l'introduction générale et dont le but est d'étudier la direction du biplace.

# Conclusion Générale

À travers ce travail, nous avons vu les différents problèmes que provoquent les moyens de transport surtout en ville : le bruit, l'encombrement, les odeurs, les polluants... sont des raisons suffisantes pour penser à l'amélioration de ces moyens de transports malgré le développement qui ont connus ces dernières décennies

Vu l'importance du transport et l'étendue de son impact sur la civilisation et l'avancement de la société, ce domaine n'a cessé d'avancer, les entreprises et les usines sont en concurrence pour fournir le meilleur service au prix le plus bas et avec moins de négatifs en termes de durée de vie, de vitesse, de mobilité et d'impact sur l'environnement.

Après l'étude des solutions existantes mises sur le marché et dans notre vie quotidienne, nous avons contribué en ce sens par l'étude et la conception d'un véhicule biplace à quatre roues avec une source d'énergie respectueuse de l'environnement et avec des spécifications et des caractéristiques qui rivalisent les autres produits du marché.

Les spécifications de ce véhicule sont appréciées à savoir qu'il est de petite taille, donnant la possibilité de transporter de personnes. En plus, il est écologique car se déplace avec l'effort musculaire de son conducteur et éventuellement du passager, d'ailleurs c'est bon pour la santé humaine, cependant une assistance électrique est disponible si nécessaire pour éviter que sa conduite soit pénible.

L'équipement de ce biplace par une boîte à deux rapports permet de réduire les efforts nécessaires en démarrage et en montés, et puisque le véhicule a un habitacle permettant de l'utiliser quelque soit l'état du climat, on a assuré la marche en arrière au moyen des moteurs électriques déjà placés sur les roues avant pour une finalité d'assistance électrique.

Notre solution proposée est parfaite en question d'intimité, en plus son mouvement est souple dans les endroits étroites et dans les embouteillages de part ses dimensions réduites par rapport aux autres véhicules personnels.

Cette conception n'est certainement pas parfaite, mais peut être développée par la suite comme tout autre produit ; en effet, un travail dans ce sens a été lancé par une équipe

d'étudiants de deuxième année master fabrication mécanique est productique en parallèle avec le notre et dont le but est d'étudier le système de direction d'un véhicule biplace en optant pour la technique 4RD (quatre roues directrices). Dommage que nous n'avons pas eu l'occasion à collaboré avec cette équipe, les choses nous dépassent car un confinement et un éloignement sociale est imposée pour confronté la pandémie COVID'19.

Au final, nous somme heureux d'avoir eu l'occasion de traiter une telle problématique et d'essayer de contribuer à sa résolution ; c'était une bonne occasion pour se familiariser avec un outil de CAO très répondu, SolidWorks. En plus, la recherche qu'on a élaboré dans le cadre de ce travail nous à ouvert les yeux sur de nouvelles informations et techniques que nous ne connaissons pas au paravent, et le plus important est que cette expérience nous a mis sur un chemin de recherche qui nous aidera à résoudre les problèmes qu'on rencontrera à l'avenir soit en vie académique ou professionnelle.

## Bibliographie

Définitions lexicographiques et étymologiques de « Différentiel » (sens Bb) du Trésor de la langue française informatisé. (2016, 02 19). *sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales* .

"Eco-Logiques", L. R. (2016). L'Énergie fossile. Grenoble.

Adrien SALOMÉ. (2007). Développement d'un outil de contrôle de la répartition du flux solaire concentré sur un récepteur de centrale à tour : Application à la centrale de. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan.

Al, W. 2. (2013). Héliostat pourvu d'un dispositif pour l'actionner selon deux axes avec un seul moteur''.

association, L. m. (s.d.).

batterie, «. U.-u. (2019, 04 24). RTL.

Bender W, C. B. (2011). Suspension heliostat material efficiency. In: 2011 annual SolarPACES symposium. Granada.

bicuclette,i.p.(2019,06,16).universalis.fr.

<https://web.archive.org/web/20190616220611/https://www.universalis.fr/encyclopedie/velo-bicyclette/>.

Capderou, M. (1988). Atlas solaire de l'Algérie, Modèles théoriques et expérimentaux. Alger.

Christine TRAVERS, E. T. (2008). Technique de l'ingénieur. [BE 8520] .

CLERC, E. (2011). Optimisation multi-échelles d'un champ d'héliostat pour centrale à concentration de petite puissance. institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.

commercialisé, U. v. (2019, 03 19). 20minutes.fr.

Coventry, J. C. (2016). Heliostat Cost Down Scoping Study – Final Report. ANU Document Reference:.. *STG-3261 Rev 01, ASTRI* .

CSIRO, C. (2017). <https://www.csiro.au/en/Research/EF/Areas/Solar/Solar-thermal/China-solar>. Récupéré sur <https://www.csiro.au/en/Research/EF/Areas/Solar/Solar-thermal/China-solar>

Daguenet, M. (1985). Les séchoirs solaires, théorie et pratique Unesco. Paris.

Définitions lexicographiques et étymologiques de « Traction et de propulsion » (sens B2a) du Trésor de la langue française informatisé. (2016, 02 19). *sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales* .

- Déterminer la précision des engrenages - Sarl Dassonville. (2020, 08 25). *Sarl Dassonville* .
- Djamila, F. n. (s.d.). Contribution à la valorisation énergétique de la biomasse. mémoire de DOCTORAT. Univ Abu Bakr Belkaid Tlemcen.
- e-bike, L. (s.d.). abréviation anglaise pour electric bicycle (bicyclette électrique). *est parfois employée dans le réseau de vente des 2 roues* .
- électrique, G. d. (2016, 02 15). cyclable.com .
- Fanchon, J.-L. (2007). Guide de mécanique. *ISBN 978-2-09-178965-1* , p. 543 .
- Fanchon, J.-L. (2011). Guide des sciences et technologies industrielles. *La Plaine-Saint-Denis/Paris, Nathan/Afnor* , pp. 373-386.
- Fannie. (2020, 07 08). Tout savoir sur la transmission d'un vélo. <https://www.citycle.com/60530-tout-savoir-transmission-velo/> .
- français, L. p. (2018, 12 10). sur Détours.
- Gregory J. Kolb, C. K. (2012). Power Tower Technology Roadmap and Cost Reduction Plan. SANDIA Report.
- <http://www.tpepanneauxsolaires.fr/fonctionnement.html>. (s.d.).
- [http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien\\_site/Nouvprog/prem\\_L/docs/enjeux\\_planet/Energies-fossiles&pollution-CH.pdf](http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/Nouvprog/prem_L/docs/enjeux_planet/Energies-fossiles&pollution-CH.pdf). (s.d.). LES ENERGIES FOSSILES ET LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE. Metz-france.
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport\\_en\\_commun](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_en_commun). (s.d.).
- Jean-Louis Bascdevant, J.R. (janvier 2002). Energie Nucléaire. les éditions de L'école polytechnique.
- Laplaze, D. (1990). Le rayonnement solaire estimation et mesures, . La Garenne-colombes, France.
- Le premier engrenage biologique. (s.d.). *Sciences et Avenir* .
- Malek, D. B. (2011/2012). étude d'un système de commande d'un héliostat d'une tour solaire. diplôme de MASTER Université Kasdi Merbah–Ouargla.
- Memorial, M. (2008, 04, 03).
- <https://web.archive.org/web/20190119053014/http://www.motorsportmemorial.org/focus.php?db=m&n=1418>.
- Montenon, A. (21/05/2013). Analyse, mutualisation et optimisation par la commande de la consommation énergétique des héliostats autonomes des centrales à concentration solaire''. TOULOUSE.: Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse) ;Thèse Doctorat .

Nijmeh, S. A. (2004). Two Axes Sun Tracking System with PLC Control. *Energy Conversion and Management*, Vol. 45, N°11-12, pp. 1931 – 1939,.

Noureddine, Y. (2017). Comparative study of receiver performance in solar power tower. UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES: Thèse de Doctorat.

renouvelables, S. d. (s.d.). Principe de fonctionnement du solaire thermodynamique.

Report, I. p. (2012). [http://www.abengoa.com/export/sites/abengoa\\_corp/resources/pdf/en/gobierno\\_corporativo/informes\\_anuales/2012/2012\\_Volume1\\_AR\\_8.pdf](http://www.abengoa.com/export/sites/abengoa_corp/resources/pdf/en/gobierno_corporativo/informes_anuales/2012/2012_Volume1_AR_8.pdf).

Ricklin, P. S. (2014). Commercial readiness of esolar next generation heliostat. *Energy Procedia*.

Sanière, G. B.-A. (2007). Charbon : ressources, réserves et production. Manuscrit: Innovation Energie Environnement.

SENER. (s.d.). *Central receiver plant NOORo III*. Récupéré sur <http://www.poweroilandgas.sener/projects/central-receiver-plant-nooro-iii>: <http://www.poweroilandgas.sener/projects/central-receiver-plant-nooro-iii>

Sonelgaz, S.d. (Mars 2011). Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Le ministère de l'énergie et des mines.

Station Météo Ouargla. (2004-2015). l'ONM.

Study, S. V. (February 2012). Concentrating Solar Power: Technologies, Cost, and Performance.

Teufel, E. B. (2008). Dimensioning of heliostat components under wind and gravity load: the map approach. In: Proc. SolarPACES 2008 Conference, Las Vegas, Nevada.

U-feel, I. v. (2019, 03 19). *Le Figaro*.

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables. (13 et 14 Octobre 2014). 1'Influence des angles d'attaques du vent sur un héliostat installé dans le Sud Algérien. Ghardaïa – Algérie: URAER.

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables. (24 - 25 Octobre 2018). DEVELOPPEMENT DES HELIOSTATS DANS LES CENTRALES SOLAIRES A TOUR AU COURS DES DERNIERES ANNEES. Ghardaïa – Algeria: URAER.

Website, M. (2008, 0613).

<https://web.archive.org/web/20180722084850/http://motorcyclefuelconsumption.com/>. *Motorcycle Fuel Consumption & Real World Performance Guide*.

Zang, C. e. (2012). Experimental wind load model for heliostats. *Applied energy*.

- 
- [1] L m d. l. r r. association.
- [2] «[https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport\\_en\\_commun](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_en_commun)».
- [3] i. p. bicyclette, «[universalis.fr](http://universalis.fr),»  
*<https://web.archive.org/web/20190616220611/https://www.universalis.fr/encyclopedie/velo-bicyclette/>*, 16 06 2019.
- [4] M. Website,  
«<https://web.archive.org/web/20180722084850/http://motorcyclefuelconsumption.com/>,»  
*Motorcycle Fuel Consumption & Real World Performance Guide*, 13 06 2008.
- [5] M. Memorial,  
«<https://web.archive.org/web/20190119053014/http://www.motorsportmemorial.org/focus.php?db=ms&n=1418>,» 03 04 2008.
- [6] L. e-bike, «abréviation anglaise pour electric bicycle (bicyclette électrique)». *est parfois employée dans le réseau de vente des 2 roues*.
- [7] G. d. b. d. v. électrique, «[cyclable.com](http://cyclable.com),» 15 02 2016.
- [8] L. p. v. q. c. à. l. e. français, «sur Détours,» 10 12 2018.
- [9] I. v. é. q. r. s. b. U-feel, *Le Figaro*, 19 03 2019.
- [10] U. v. é. q. s. r. e. p. s. b. commercialisé, «[20minutes.fr](http://20minutes.fr),» 19 03 2019.
- [11] «. U. s.-u. f. c. u. v. é. s. batterie, «[RTL](http://rtl.fr),» 24 04 2019.
- [12] J.-L. Fanchon, «Guide de mécanique,» *ISBN 978-2-09-178965-1*, p. 543 , 2007.
- [13] J.-L. Fanchon, «Guide des sciences et technologies industrielles,» *La Plaine-Saint-Denis/Paris, Nathan/Afnor*, pp. 373-386, 2011.
- [14] «Déterminer la précision des engrenages - Sarl Dassonville,» *Sarl Dassonville*, 25 08 2020.
- [15] «Le premier engrenage biologique». *Sciences et Avenir*.
- [16] « Définitions lexicographiques et étymologiques de « Différentiel » (sens Bb) du Trésor de la langue française informatisé,» *sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales*, 19 02 2016.
- [17] «Définitions lexicographiques et étymologiques de « Traction et de propulsion » (sens B2a) du Trésor de la langue française informatisé,» *sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales*, 19 02 2016.
-



[18] Fannie, «Tout savoir sur la transmission d'un vélo,» <https://www.citycycle.com/60530-tout-savoir-transmission-velo/>, 08 07 2020.

## دراسة وتصميم نظام سحب مع ميزة المساعدة الكهربائية

---

**ملخص:** في هذا العمل حاولنا إيجاد حل لمشكلة التنقل داخل المدينة دون اكتظاظ وضوضاء وبأقل ضرر على البيئة وكذا تقليل الانبعاثات، حيث أدت دراستنا إلى تصميم دراجة رباعية العجلات وجعلها ملائمة للظروف المناخية المحيطة وأكثر سلاسة في التحرك. تصميم هذه المركبة أوجب علينا دراسة أنظمة السحب والدفع وأنظمة المساعدة الكهربائية للتمكن من اختيار الأمثل. الخصائص التي أردنا الحصول عليها في مركبتنا فرضت علينا الكثير من التعديلات خاصة أن نظام التوجيه الأولي كان معقدا عند احترام شروط اكرمان جيانتو وإدخال خاصية الميلان في الآلية. تم تصميم ورسم هذه المركبة بالاستعانة ببرنامج صوليدوروكس المعروف في مجال التصميم بالاستعانة بالحاسوب حيث كانت النتائج جد واقعية في ظل عدم التمكن من تصنيع نموذج أولي بسبب ما فرضته جائحة كورونا.

**الكلمات المفتاحية:** دراجة رباعية ، مساعدة كهربائية، حماية البيئة، عربة ثنائية المقاعد.

## Study and design of a 4WS system with tilt option

---

**Abstract:** In this work, we tried to find a solution to the problem of moving within the city without congestion and noise and with the least damage to the environment, as well as reducing emissions, as our study led to the design of a four-wheeled bicycle and made it suitable for the surrounding climatic conditions and smoother to move. This vehicle was designed and drawn with the help of Solidworks, a program known in the field of design with the help of computers, where the results were very realistic in light of the inability to manufacture a prototype due to what was imposed by the Corona pandemic.

**Keywords:** 4 wheels vehicle, electrical assistance, environmental protection, bi-place vehicle.

## Etude et conception d'un système de traction avec assistance électrique

---

**Résumé :** dans ce travail, nous avons essayé de trouver une solution au problème de se déplacer dans la ville sans encombrement ni bruit et avec le moins de dommages à l'environnement, ainsi que de réduire les émissions, notre étude a conduit à la conception d'un vélo à quatre roues, et l'a rendu adapté aux conditions climatiques environnantes et plus fluide à déplacer. La conception de ce véhicule nous a obligés à étudier les systèmes de traction et de propulsion et ceux d'assistance électrique afin de pouvoir choisir le meilleur. Ce véhicule a été conçu et dessiné avec l'aide de Solidworks, un programme connu dans le domaine de la conception à l'aide d'ordinateurs, où les résultats étaient très réalistes compte tenu de l'impossibilité de fabriquer un prototype en raison de ce qui a été imposé par la pandémie Corona.

**Mots clés:** Véhicule 4 roues, quatre roues directrices, protection de l'environnement, véhicule biplaces.