



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de master
En électromécanique industrielle

Réalisé par :

MOKRANI Mayas

CHERMALI Mohamed

CONCEPTION ET ADAPTATION D'UN VELO MECANIQUE EN VELO A ASSISTANCE ELECTRIQUE.

Membres du jury

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Y. S. REGUIEG	MAA	IMSI	Président
Y. AOUIMER	MAA	IMSI	Examineur
F. BELARIFI	Professeur	IMSI	Encadreur
S BENILHA	Docteur	TOSYALY	Co Encadreur

Remerciements

Nous tenons à remercier notre encadreur **Pr. BELARIFI Farid**, qui nous a suivis dans notre aventure. Il nous a assistés tout au long des étapes de ce présent projet. Nous avons beaucoup apprécié ses conseils avisés et sa disponibilité, ainsi que les conseils du **Dr BENILHA Samir** qui nous a beaucoup appris et nous a assistés lors de la réalisation de ce mémoire.

Nous saluons également nos professeurs de l'IMSI qui nous ont soutenus et conseillés tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier spécialement nos familles ; ces êtres chers qui savent bien nous entourer par leur amour et leur affection, prêts à faire tous les sacrifices pour nous venir en aide.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce modeste travail à ceux qui, quel qu'en soient les difficultés rencontrées, n'ont jamais cessé de croire en moi, je leur suis redevable et je ne les remercierais jamais assez

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

À l'homme qui a tout mon respect, mon père Amar, qui ne cesse de m'encourager à aller loin dans mes études ; et à la femme dont le nom veut dire fleur en Kabyle, celle qui n'as jamais épargné aucun effort et qui est notre source d'inspiration, Djedjiga ; ma chère mère.

À mes frères, Yaris et Nor qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille que dieu les protège et leur offre chance et bonheur.

À ma grand-mère Ouardia N'Belaid, ainsi qu'à la mémoire de ma grand-mère Tassadit.

À mes oncles et mes tantes ainsi que leurs enfants, Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

À tous mes cousins à mes amis que j'ai rencontrés en cours de route avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

Merci pour votre amour et vos encouragements.

Je tiens à témoigner ma gratitude à Mr Chabane Amar et Mr Arbouche Salah ; mes encadreurs pour tous leurs précieux conseils ainsi que leur soutien, leur présence et leur suivi ; Vous avez été une source d'inspiration pour moi votre éthique de travail et votre implication professionnel sont admirables.

Sans oublier mon binôme Mr Chermali Mohamed pour sa complicité tout au long de ce projet.

A tout ce beau monde qui fait partie de ma vie, je vous dis : merci

Dédicace

Je dédie ce mémoire à

À mes précieux parents, à ceux qui m'ont soutenu sans réserve, aimé sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui nos malheurs sont leurs. A celle et à celui qui ont attendu avec patience le fruit de leur bonne éducation et de leurs dévouements à Yemma Houria, à mon père Chabane

À l'âmes de mes grands-mères et mon grand père

À mon frère Brahim

À mes deux chères sœur Amina et Mouna

À toute la famille, Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie

À tous mes collègues, enseignants et amis sans exception

À ceux qui ont participé de près ou de loin

À vous cher lecteur

Je vous dédie ce modeste travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite

À toutes ces âmes ; sans toutes les citer ; je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect

Résumé :

Afin d'introduire ce moyen de locomotion à une plus grande communauté, notre projet s'intéressera au (VAE) vélo à assistance électrique. Depuis la suspension de l'importation de véhicules neufs en 2017, l'Algérie s'est dirigée vers le montage local qui à son tour fut suspendue définitivement en 2020, ce qui a engendré une pénurie et un déséquilibre entre l'offre et la demande.

Le VAE pourrait effectivement représenter une alternative intéressante à la voiture individuelle ou autre moyen de transport. Il garantit et sans effort excessif un trajet plus ou moins long et présente l'équilibre parfait entre efficacité énergétique et bienfaits sur la santé, sans oublier les enjeux environnementaux actuels.

Notre objectif est alors de transformer et de manière non invasive n'importe quel vélo mécanique bon marché en un vélo à assistance électrique (VAE) ; sans que ce dernier perde ses attributs primaires. Notre travail c'est focalisé sur deux points : allier autonomie maximale et confort ; le présenter à un prix raisonnable, ce qui permettra l'introduction de ce dernier sur le marché algérien dans le but de satisfaire une demande existante et à terme parvenir à créer un produit 100% Algérien.

A la fin de notre étude, nous sommes parvenus à une solution qui rallie l'utile à l'agréable.

C'est ainsi que la synthèse des modèles étudiés est présentée dans l'avant-projet est une conception des différents systèmes d'adaptation ; une large autonomie avec des batteries faites sur mesure, une bonne puissance moteur, un bon niveau de confort et des dispositifs de sécurité.

Abstract:

In order to introduce this means of transport to a larger community, our project will focus on the electrically assisted bicycle. Since the suspension of the import of new vehicles in 2017, Algeria has moved towards local assembly which in turn was permanently suspended in 2020 that lead to a shortage and an imbalance between supply and demand.

The VAE could indeed represent an interesting alternative to the car or other means of transport. It guarantees and without excessive effort a more or less long travel distance and presents the perfect balance between energy and efficiency and health benefits, without forgetting the current environmental challenges.

Our objective is then to transform and in a non-invasive way any cheap mechanical bicycle into an electrically assisted bicycle; without the latter losing its primary attributes. Our work is focused on two points; the first is to combine maximum autonomy and comfort, the second is to offer such a transformation at a reasonable price, which would allow the introduction of the latter on the Algerian market in order to satisfy an existing demand and ultimately create a 100% Algerian product.

At the end of our study we arrived at a solution which combines both worlds, the synthesis of the models studied and presents the preliminary draft with the modification and design of the various systems of adaptation, a large autonomy with custom-made batteries, good engine power, a good level of comfort and safety devices.

SOMMAIRE

Liste des figures	I
Liste des tableaux	II
Liste des sigles et abréviations	III
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Evolution du vélo	
1. Introduction.....	3
2. Les points clés de l’histoire du vélo.....	4
3. Conclusion	11
Chapitre 2 : Les différents systèmes de transmission du vélo	
1. Introduction.....	13
2. Transmission mécanique (Transmission sans chaîne)	14
a. Transmission à cardan	14
b. Mono vitesse (Single Speed).....	15
c. Transmission par courroie	15
d. Transmission par variation de vitesse (Dérailleur) :	17
3. Éléments de transmission dans un vélo	19
a. Les pédales	19
b. Le pédalier du vélo.....	19
c. Le boîtier du pédalier.....	20
d. La chaîne du vélo	20
e. Les pignons de vitesses	20
f. Les leviers de commandes de vitesses	20
g. Les câbles et les gaines de vitesses	20
h. Les dérailleurs avant et arrière	20
A. Le dérailleur arrière : Fonctionnement	22
B. Le dérailleur avant : Fonctionnement	23
4. Vitesse du vélo et distance parcourue	23
5. Transmission par assistance électrique :	27
a. Les transmissions par dérailleur	27
b. Transmissions par moyeu.....	29
6. Conclusion et Comparatif des transmissions usuelles	31

Chapitre 3 : Avant-projet de conception

1. Introduction.....	32
2. Définition de logiciel utilisé :	33
3. Présentation de la machine :	33
a. Les pièces constitutives du projet.....	34
b. Puissance du moteur.....	36
c. La Batterie	37
d. La vitesse de rotation.....	38
e. Conception du support moteur adapté au moteur utilisé	40
f. Chaîne de Fonctionnement du Vélo à assistance électrique	41
g. Chaînes de communication du VAE	42
4. Conclusion	44
Conclusion générale	45
Références Bibliographiques.....	46
Annexe.....	47

Liste des figures

Figure 1. 1. La Laufmaschine de Karl Drais von Sauerbronn [2]	4
Figure 1. 2. Illustration du pédalier de Transmission Draisienne Mac Millan ‘Cheval Dandy’ [3].	5
Figure 1. 3. Bicyclette à chaîne de Lawson.[4]	7
Figure 1. 4. Le VAE d'Odgen Bolton [6]	8
Figure 1. 5. Cycle Confortas ; vélo couché [7].....	9
Figure 2. 1. Vélo de ville a transmission à cardan.[9]	14
Figure 2. 2. Vue en Coupe transversale du cardan[10]	15
Figure 2. 3. Transmission par courroie.[12]	16
Figure 2. 4. Dérailleur simplex.[14]	18
Figure 2. 5. Éléments de transmission dans un vélo.[15]	19
Figure 2. 6. Anatomie d'une cassette.[16].....	21
Figure 2. 7. Les composants de dérailleur arrière . [17].....	22
Figure 2. 8. Les composants de dérailleur avant.[18].....	23
Figure 2. 9. Exemples de variation du développement en fonction des tailles des pignons et plateaux.[19].....	25
Figure 2. 10. Transmission par dérailleur (vélo électrique).[20].....	27
Figure 2. 11. Vue en écorché d'un moyeu à 14 vitesses [22]	29
Figure 3. 1. Illustration du VAE et de ses composants/ Ensembles	34
Figure 3. 2. Gamme des masses	37
Figure 3. 3. Illustration de la disposition des cellules dans une des quatre sous batteries	37
Figure 3. 4. Illustration des deux approches possibles pour la réalisation du projet	39
Figure 3. 5. Support moteur conçu sur Autodesk Inventor	40
Figure 3. 6. Chaîne de fonctionnement du vélo.....	41
Figure 3. 7. Illustration du schéma de communication interne du vélo.....	42
Figure 3. 8. Schéma logique de la sécurité.....	43

Figure A. 1. Éléments d'une bicyclette	47
Figure A. 2. Boîtier de pédalier	49
Figure A. 3. Différentes Pattes de cadre	49
Figure A. 4. Types d'étrier de frein	53
Figure A. 5. Frein à tirage latérale	54
Figure A. 6. Composants de la carte Arduino UNO	59
Figure A. 7. Illustration du signal de sortie d'un variateur de vitesse	63
Figure A. 8. Types de batteries disponibles.....	64
Figure A. 9. Composants du capteur pédalier	65
Figure A. 10. Gâchette et Poignée tournante respectivement.....	65

Liste des tableaux

Tableau 3. 1. Composants de la machine	35
Tableau A. 1. Composants de la carte Arduino UNO et leurs fonctions.....	60

Liste des sigles et abréviations

Pd	Puissance minimal requise du moteur
Fwf	Dérive et traînée de frottement
Vwf	Vitesse du vent de face
Fd	Force descendante de la gravité
⓪	Angle de la pente
Vb	Vitesse du vélo
FP	Force de propulsion
Dr	Diamètre de la roue
Pr	Distance parcourue en 1 tour
Dc	Distance parcourue en 1h
N	Rapport de transmission

Introduction générale

Le vélo est un moyen de transport à pédale qui a connu une histoire très mouvementée, à chaque étape de son évolution la subtile alliance du muscle et de la mécanique est rééquilibrée afin de procurer les meilleures sensations tout en usant au mieux les capacités physiques de son utilisateur.

D'abord considéré comme un moyen de déplacement de loisir réservé au Bourgeois à sa création, il connaît une histoire très riche durant le XX^{ème} siècle, il devient très vite le moyen de transport des ouvriers lors des années 30. La démocratisation de la voiture cependant va entraîner une baisse continue du transport en vélo. Seul les pratiques sportives, professionnel et amateurs parviennent à maintenir un engouement populaire.

Depuis la suspension de l'importation de véhicules neufs en 2017, l'Algérie s'est alors dirigée vers le montage local qui à son tour fut suspendue définitivement en 2020, ce qui a engendré une pénurie et un déséquilibre entre l'offre et la demande ce qui engendre une flambée des véhicules. En effet, le vélo pourrait représenter une alternative intéressante à la voiture individuelle. Il présente l'équilibre parfait entre efficacité énergétique et bienfaits sur la santé, sans oublier les enjeux environnementaux actuels.

Afin d'introduire ce moyen de locomotion à une plus grande communauté, notre projet s'intéressera au (VAE) vélo à assistance électrique qui pourrait assister dans l'allègement de la surcharge qui pèse sur les moyens de transports en commun urbain. En effet il garantit et sans effort excessif un trajet plus ou moins long, à une vitesse moyenne de 20mk/h et même sur un parcours accidenté, il peut donc se substituer à une voiture ou autre moyen de transport de façon efficace sur des distances allant jusqu'à 10km.

Le VAE est véhicule qui est propulsé par un moteur humain (musculaire) qui serait assisté par un moteur électrique. Ce véhicule hybride possède la capacité de joindre le meilleur des deux énergies, selon le bon vouloir du cycliste, qui peut donc pédaler quand bon lui semble, activer l'assistance sur des routes sinueuses ou bien rouler en Full électrique ; mode qui devrait être utiliser avec modération, on conviendra.

Notre objectif dans ce mémoire de fin d'étude est l'étude de la transformation non invasive d'un vélo mécanique lambda en vélos à assistance électrique (VAE) ; sans que ce dernier perde sa praticité. Notre travail consiste à satisfaire deux objectifs ; le premier étant de modéliser une bicyclette à assistance électrique qui parviendrait à allier autonomie maximale et confort du cycliste pour un prix abordable pour un citoyen Algérien moyen, ce qui pourrait éventuellement permettre l'introduction de ce dernier sur le marché algérien dans le but de satisfaire une demande de plus en plus croissante.

Notre mémoire est composé de trois chapitres distincts, d'une introduction et d'une conclusion

générale ainsi que d'une bibliographie traitant de ce sujet.

Le premier chapitre introduit la problématique et rappelle le contexte historique, la pratique du VAE dans le cadre législatif et la dimension sociaux économique de ce dernier. Une étude bibliographique résume les origines du vélo, les travaux d'amélioration ainsi qu'une brève analyse des différents composants d'un vélo à assistance électrique et les variantes de vélos disponible.

Le deuxième chapitre présente une étude des différentes composantes d'un modèle de VAE. Les modèles mécanique et électrique, la construction de la partie commande. Le modèle humain est traité en s'appuyant sur différentes études et calibré grâce à une expérimentation menée sur des amateurs de vélo.

Le troisième chapitre approfondis la synthèse des modèles étudié et présente l'avant-projet de modification avec la conception des différents systèmes d'adaptation.

Chapitre 1

Evolution du vélo

1. Introduction

Quand on prend on compte que la roue a été inventée en Mésopotamie vers 3500 avant J.C, on se demande alors pourquoi l'invention de la bicyclette moderne n'est survenue qu'au 19ème siècle, c'est-à-dire plus 5000ans après. Et ce malgré le fait que l'Homme soit parvenu à créer des mécanismes bien plus complexes bien avant de faire cette découverte ; le phonographe, la locomotive à vapeur ou encore le sous-marin (si si !)

Était-ce tellement évident que personne ne s'est penché dessus ? Après tout ce n'est que 20ans après avoir posé un pied sur la lune, que l'homme a eu l'idée d'ajouter deux roues aux valises, et pour la simple et bonne raison que : c'est un 'concours de circonstances'

Quoi qu'on dise, si la découverte de la bicyclette ou un engin qui s'y rapproche à autan tardé c'est que les charrettes et autres moyens de transport tirés par des animaux, en observant leurs capacités à transporter de lourdes charges sur tout terrain, on peut aisément comprendre que l'invention d'un moyen de transport équipée de deux roues, l'une derrière l'autre ne fut pas à l'ordre du jour.

Abréviation du mot vélocipède (*véloce = rapide et pède = pied*), le vélo est un moyen de transport terrestre propulsé par la force musculaire humaine. Au début, il s'agissait tout simplement de faire marcher une personne avec une grande vitesse, il entre dans la catégorie des cycles. Il se compose de deux roues alignées d'où le nom bicyclette, au départ elle n'avait pas de pédales, le déplacement s'effectue en poussant ses pieds sur le sol, mais grâce au succès fulgurant qu'elle a connu et de l'intérêt qu'elle a suscité chez certains inventeurs de génie, qui parviennent à mettre au point un moyen mécanique afin de faire tourner les roues, sans toucher le sol, quitte à expérimenter l'équilibre ! On parvient à en fabriquer pour tous les usages, qu'ils soient de nature extrême, professionnel ou tout simplement personnel, chaque personne trouvera dans ce véhicule la variante qui lui plaira.[1]

2. Les points clés de l'histoire du vélo

En 1817, Karl Christian Ludwig Drais von Sauerbronn ; un baron allemand, invente sa machine à courir « Laufmaschine ». Le 5 avril 1818 elle sera présentée à Paris puis le 17 février 1818, un brevet d'importation français est déposé, présentée l'année précédente à Mannheim, la draisiennne de Karl Drais qui a auparavant hésité à employer le terme « Laufmaschine » se voit attribué le nom de « vélocipède » par son avocat ; Louis-Joseph Dineur lorsqu'il procède au dépôt du brevet d'importation dans le but de la commercialiser et d'une durée de 5 ans.[1]

L'appellation est confirmée par le journal de Paris qui l'associe à la draisiennne afin d'annoncer une course qui aura lieu au jardin de Luxembourg. Le bicycle connaît alors un succès énorme au saint de la haute société à tel point que même le fils de Napoléon III se met en tête de convertir la cour à la draisiennne, on le surnomme « vélocipède IV).

Un engin constitué de deux roues alignées attaché à un cadre en bois par des fourches, la roue avant attachée à un dirigeoir sert à orienter la machine. Elle est équipée de freins à sabot rudimentaire placés sur la roue arrière. Son succès s'étant jusqu'au Royaume -Uni où on le surnomme HOBBY Horse (en Grande Bretagne), à cause de l'absence du pédalier l'utilisateur doit pousser sa monture afin d'avancer, en une heure, son inventeur parvient à parcourir 14KM. Forte de quelques années de succès, la draisiennne est délaissée. [1]



Figure 1. 1. La Laufmaschine de Karl Drais von Sauerbronn [2]

1839 : Apparition du pédalier, inventé par Kirkpatrick Macmillan, forgeron britannique ; il fait des tests en ajoutant des pédales et des barres à un prototype ce qui permet de concevoir un système de pédales positionnées à l'avant et qui, par un mouvement de va et vient, fait tourner la roue arrière ce qui permet de faire avancer une draisiennne sans que les pieds du cycliste viennent toucher le sol.



Figure 1. 2. Illustration du pédalier de Transmission Draisienne Mac Millan ‘Cheval Dandy’ [3]

attestée d'un deux-roues de types bicycle, contrairement aux Lévoicycles Terrot le pédalage y'est alternatif (des années '1910'), c'est aussi le premier exemple qui probe l'équilibre soutenue sur deux roues tandis que sur la draisienne, l'équilibre n'est que passager. Dans son brevet, Mercier affirme avoir testé sa machine avec succès sur Amiens, mais ce n'a malheureusement pas pu être prouvé.[1]

Si on considère que la draisienne fait partie de préhistoire du vélo moderne, la véritable histoire de celui-ci commence alors en France pendant les années 1860 avec les vélocipèdes à pédales.

1861, serruriers à Paris reconnu et réparateurs de draisiennes, Pierre et Ernest Michaux inventent un pédalier révolutionnaire ; ils décident de fixer des pédales à la roue avant d'un ancien draisiana. Grâce à cet accessoire qui vient faire tourner une roue avant agrandie, les vélocipèdes deviennent des Michaudines ; invention qui attire les plus fortunés.[1]

L'âge d'or de la bicyclette. Au lieu d'aller à l'église, chaque dimanche les jeunes hommes parcourent des centaines de kilomètres sur leurs montures et rejoignent par la suite des clubs de cyclisme. Malgré l'existence des pneus en caoutchouc depuis 1888, ils ne sont pas efficaces sur des routes accidentés, remplis de nids de poules et de boue. C'est alors que des cyclistes américains commencent à militer dans le but d'obtenir des routes de meilleure qualité et parviennent à obtenir qu'on revête plusieurs d'asphalte près des grandes villes. Plus agréable, cette avancée pratique permettra la popularisation des automobiles quelques décennies plus tard. La prochaine fois que vous entendrez « La route est faite aux voitures ! », vous saurez que cet automobiliste frustré à tout faux.

1868, ce n'est qu'en cette année que Pierre Michaux dépose un brevet pour son invention, il la surnomme « pédivelle » (brevet français no 80637 déposé le 24 avril 1868 : « Perfectionnement dans la construction des vélocipèdes. »), auquel il ajoute par la suite un frein. Le vélocipède connaît un énorme succès en France à partir de l'automne 1867, c'est alors l'apparition des clubs, journaux et premières courses de vélocipèdes.[1]

1869, Charles Desnos fixe certaines caractéristiques dans son brevet qui sont toujours présentes dans nos vélos modernes dont principalement la transmission multiplicatrice par courroies ou chaînes vers la roue arrière.[1]

1870, suite à la guerre, le perfectionnement des bicyclettes se poursuit lentement en Angleterre. La roue arrière se fait de plus en plus petite tandis que la roue avant est agrandie, voir disproportionné. Ce n'est qu'en 1872 que le Grand Bi fait son apparition, appelé « Ordinary », les véhicule est caractérisé par une roue avant de « 120 à 130cm » ainsi qu'une roue arrière d'environ « 40cm », qui est donc beaucoup plus petite ce qui le rend assez difficile à manier mais permet à son utilisateur de parcourir de plus grandes distances. Beaucoup plus dangereux de la Michaudine, il séduit les téméraires. Cette nouvelle invention connaît un succès foudroyant auprès de la bourgeoisie qui seul avait les moyens de se l'offrir, de nos jours il demeure un symbole emblématique de la culture de l'Angleterre.[1]

1879, Henry John Lawson fait évoluer le vélo en développant un pédalier relié à la roue arrière, le transfert s'effectue à l'aide de chaînes. Pour sa machine, Lawson utilise le mot « sécurité » qui lui fut suggéré par son père le ministre du culte. 1880, il présente sa « Bicyclette » à entraînement par chaînes brevetée l'année une année au paravent (n° 3934, 30 septembre 1879) ; Brevet déposé aux noms communs de James Likeman et HJ Lawson, il a été suggéré que Likeman ; celui dont le nom apparaît en premier dans le fascicule du brevet ; était le véritable inventeur, Lawson s'occupant du financement. Au cours du diner organisé par George Woodcock au Queen's Hôtel

afin de célébrer le succès de la « Bicyclette », le 13 juillet 1895, d'offrir une montre en or gravée « À l'inventeur du vélo de sécurité » accompagné d'un témoignage de nombreuses figures connus du métier et portant leurs signatures. Lawson convainc la Rudge Company de fabriquer un nombre de « Bicyclettes ».[1]

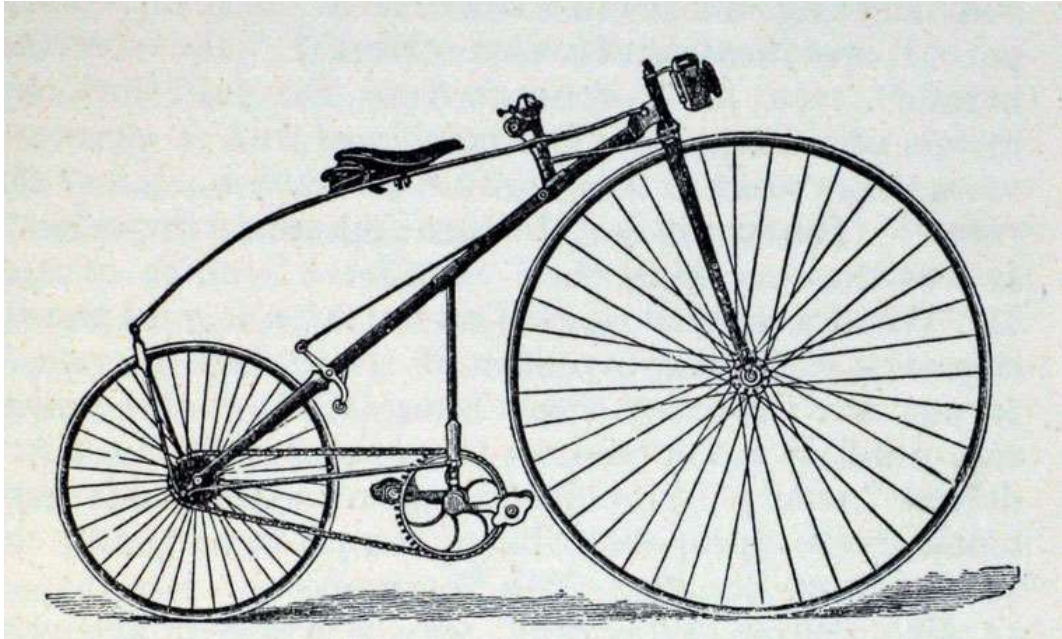


Figure 1. 3. Bicyclette à chaîne de Lawson.[4]

1884, John Kemp Starley de The Coventry Sewing Machine Company (« Société des machines à coudre de Coventry ») qui deviendras Rover, invente la « Bicyclette de sécurité » équipée de roues de taille raisonnable et de même diamètre, ce qui lui fait gagner en stabilité, et d'un entraînement par chaînes. Le cycliste s'assoit à l'arrière ce qui rend presque impossible que ce dernier se fasse catapulter par-dessus la roue avant, et subisse ainsi une chute de type « Soleil ».[1]

On utilise un engrenage plus grand à l'avant « Le plateau » qu'à l'arrière « Le pignon » pour faire tourner la roue motrice plus vite que les pédales ne tournent, ce qui lui permet, même sans roue géante, d'aller plus vite.

1888, John Boyd Dunlop crée le pneumatique (brevet français no 193281 déposé par John Boyd Dunlop le 1er octobre 1888 : « Garniture de jante applicable aux roues de véhicules. »), conçue par l'irlandais, absorbant une partie des aspérités de la route, il parvient à améliorer encore le confort du cycliste.[1]

1891, Le cyclotourisme gagne toute la France, on organise des courses un peu partout. La pratique du vélo connaît un grand succès. Quelques temps après l'invention du pneu, Édouard

Michelin le perfectionne déposant un brevet sur un « pneu démontable », ou l'air ne serait pas emprisonné dans le pneu mais dans une chambre à air.[1]

Les vélos de sécurité des années 1890 ressemblent déjà beaucoup aux vélos d'aujourd'hui. Ils ont des pneus de la taille d'un vélo moderne, des roues à rayons, un cadre en tube d'acier et une transmission par chaîne. La seule chose qui leur manque, c'est le changement de rapports.

Ce nouveau modèle de vélo élargit la cible des utilisateurs potentiels. De plus, en lien avec la deuxième révolution industrielle, les vélos sont devenus un produit industriel (en France, les grandes marques étaient alors Peugeot dans le Doubs, Manufrance à Saint-tienne, Mercier dans la Loire), réduisant leur prix à un point qui leur permettait de les rendre accessible aux ouvriers. Cela conduit à un "engouement pour le vélo", qui est une évolution sociale importante (le passage des vélos de loisirs aux vélos utilitaires). A partir de cette période, le vélo devient un moyen d'explorer le monde.

1890, apparition des premiers vélos électriques ; Plusieurs brevets déposés aux États-Unis dans traitant de ce sujet. Le 31 décembre 1895, Ogden Bolton Jr obtient le brevet no 5522712 Pour un vélo équipé d'une batterie qui sous une tension de 10V peut délivrer 100A et d'un moteur monté dans la roue arrière.[5]

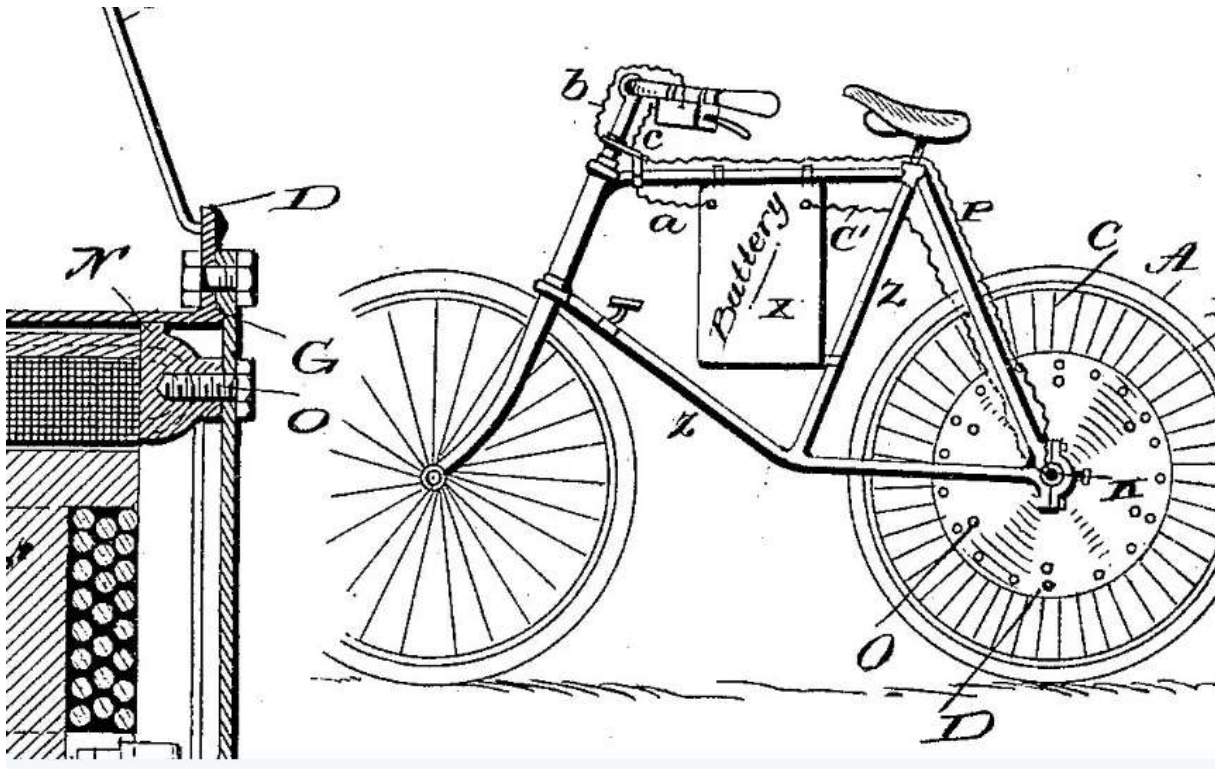


Figure 1. 4. Le VAE d'Ogden Bolton [6]

Deux ans plus tard, Hosea W. Libbey, à Boston, crée un vélo propulsé par deux moteurs électrique (brevet no 5962723) situé dans l'axe du pédalier.

1897, Dépôt du 2ème brevet pour un vélo électrique à double moteurs par Hosea W. Libbey.

À la fin de la Première Guerre mondiale, « Heinzmann » Une société allemande, décide de relancer le vélo électrique avec la toute première production en série de moteurs électriques pour vélos. L'Allemagne montre son soutien au projet Heinzmann en équipant ses postiers de ces vélos électriques.[5]

1932, Philips commercialise le Cycle Simplex.

1933, Vélo couché ! : Charles Mochet conçoit le vélo couché, successeur de son Vélocar 4 roues à 2 places. Convaincu que son nouveau vélo est plus rapide que les autres, il relève tous les défis lancés aux cyclistes. Le vélo couché sera mis hors compétition en 1934. Le premier vélo horizontal commercial fait son apparition en 1978.[5]



Figure 1. 5. Cycle Confortas ; vélo couché [7]

En 1935, EMI et Philips tentent d'entrer sur le marché avec des modèles dits "de série", mais les performances moyennes du cycle et la concurrence de la voiture bloquent le succès du modèle.[5]

1936-1938, EMI/Philips met sur le marché un modèle de vélo électrique de série.[5]

1946, Tulio Campagnolo invente le dérailleur.

En 1950, le vélo est en crise à cause des automobilistes qui envahissent les villes et les campagnes, affectant les ventes de vélos qui sont alors au plus bas. Afin de sortir de cette impasse, le cycle se réinvente peu à peu. Voir les améliorations pour plus de confort et de sécurité. Différents types de vélos voient alors la lumière du jour.

1963, En Inde, quand on comprend que la bicyclette peut servir à n'importe quoi ; amener ses enfants à l'école, ramener les courses du marché, transporter une fusée depuis la ligne d'assemblée jusqu'à la rampe de lancement... c'est ainsi que le 21 novembre 1963, la première fusée envoyée dans l'espace a été transportée (l'ISRO).

1965, les anarchistes du mouvement néerlandais Provo invitent les citoyens d'Amsterdam à mettre leurs vélos en libre-service en les peignant en blanc afin de contrer les embouteillages, le hic : les vélos ne disposant pas de système antivol finissent par disparaître. L'idée aboutit malgré tout, de nos jours les vélos en libre-service sont disponibles de part et d'autre du monde.[5]

1968, La Californie voit la naissance du BMX, abréviation de Bicycle Moto Cross. Le nouveau sport californien arrive en Europe à la fin des années 1960, fort de son succès aux États-Unis. Ses inventeurs se sont inspirés des courses de motocross pour développer des compétitions qui reprennent le code mais avec des roues plus larges et un châssis renforcé et plus court.

1970 à 1980, les 'VTT' (vélo tout terrain) partent à la conquête du monde. Malgré la crise des années 1950, les ventes de bicyclettes explosent de nouveau, notamment avec l'arrivée de modèles plus sportifs tout droits venus des États-Unis.

1976 : Les premiers VTT sortent des chaînes de montage, Gary Fisher, Tom Richie et Charlie Kelly modifient un modèle de la marque Schwinn et l'équipent de deux dérailleurs, le Mountain Bike « vélo de montagne » est né !

1979 : Production du premier Mountain Bike de série par Ritchie – Mountainbikes

Il a fallu des années pour que le vélo électrique réapparaisse. À l'époque, les considérations environnementales et le prix de l'essence n'étaient pas des sujets épineux. De plus, face à la motorisation, c'est au tour des motos d'attirer l'attention du public. Les bicyclettes n'étaient utilisées que par ceux qui ne pouvaient pas se permettre d'acheter une voiture ou une moto.

C'est le choc pétrolier des années 1970 et le développement des premiers mouvements

d'écotourisme qui ont suscité un intérêt pour les véhicules électriques. Bien que seuls les Pays-Bas et quelques autres pays se soient montrés intéressés par le vélo, les autres nations se sont trop habituées à la vitesse qu'offre un véhicule à moteur et par la suite ne considèrent plus les vélos électriques comme moyen de déplacement.

1982, L'Allemand Egon Gelhard introduit et brevète le principe du vélo électrique. Il a fallu près de dix ans au constructeur japonais de motos Yamaha pour développer le premier vélo électrique et le lancer sur le marché en 1993. Difficile, Yamaha a convaincu ses rivaux Sanyo, Panasonic, Mitsubishi, Honda, Suzuki et bien d'autres de s'implanter sur ce nouveau marché.

1990, le VAE revient officiellement sur le marché grâce à la marque Giant et ses vélos inspirés d'Hosia W. Libby.

1993, Yamaha lance le moteur électrique destinée aux vélos. La transmission se fait par cardan.

1995, Premier vélo électrique a été commercialisé en France. Le marché des VAE n'a cessé de croître depuis.

2003, Les avancées technologiques et l'apparition de la batterie au lithium ont permis aux constructeurs de proposer des batteries plus légères et plus autonomes, faisant du VAE un véritable concurrent de la voiture pour les courtes distances.

2009, Bosch entre sur le marché du vélo et développe des systèmes de propulsion électrique.

2010, Hibike présente son premier VTT électrique à l'Eurobike Show : l'EQ XDuro.

2015, Invention du premier cycle « alpha » à l'hydrogène par Pragma Industries.

3. Conclusion

Pour un engin qui a pris son temps afin de s'imposer comme moyen de transport utile dont

personne, à l'époque, n'en comprenait vraiment pas l'utilité, il a été considéré comme un outil de divertissement pour les plus aisées. Ce n'est qu'à notre époque qu'on commence à comprendre ses mérites.

Dans sa version perfectionnée, doté d'un système de changement de vitesses fiable, un système de freinage, performant et sécurisé, la bicyclette devient un vrai symbole du quotidien pour le grand public ; sa commercialisation débute alors.

Conscients de ses bénéfices pour la société, de multiples entreprises investissent dans la recherche et le développement du vélo. Aujourd'hui, Le VAE un véhicule hybride dans lequel un moteur électrique alimenté par une batterie viens assister le cycliste dans son trajet est considéré comme le summum de l'avancée technologique dans ce domaine, que ça soit pour se déplacer rapidement au travail ou juste en tant que loisir, ses perspectives d'avenir son infinies.

Chapitre 2

Les différents systèmes de transmission du vélo

1. Introduction

La transmission dans un vélo c'est l'ensemble des pièces et mécanismes qui permettent de transmettre l'énergie mécanique fournie par un utilisateur ou un moteur en une force motrice pour faire avancer le vélo. La transmission d'un vélo est un élément incontournable d'une bicyclette moderne qui améliore l'efficacité de la transmission en diminuant l'effort à fournir en pédalant : Le cycliste manipule donc les manettes de vitesse lorsqu'il roule pour changer de vitesse selon ses besoins afin de bien comprendre ses vitesses.

C'est la partie la plus technologique de votre vélo. Si les draisiennes datent de 1817, les transmissions avec pédales et roue libre ne voient le jour qu'à la fin des années 1860. Comme son nom l'indique, la transmission transmet votre énergie à la roue arrière du vélo et le propulse vers l'avant – ou vers l'arrière si vous reculez avec un fixie (vélo dont l'unique pignon est totalement solidaire de la roue arrière).

L'efficacité de la transmission dépend de la qualité des pièces utilisées et de leur bon entretien, en particulier d'une lubrification adéquate. Mais il ne faut pas non plus négliger la bonne utilisation des vitesses pour améliorer son efficacité de pédalage et pour garantir la longévité des composants de la transmission.

Les principaux types de transmission de vélo sont transmission mécanique, par assistance électrique et transmission par changement de vitesse. Cette dernière désigne simplement les vélos avec des transmissions classiques. Dans cette catégorie, nous classerons les différentes typologies de vélo à vitesses.

Le vélo fixie se reconnaît par son absence de 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.

Mais attention ! Ce n'est pas parce que vous ne voyez pas de dérailleurs que le vélo est un fixie. Les vélos mono vitesse à roue libre sont communs, par exemple sur les modèles de vélos enfant et sur les vélos à transmission intégrée.

En effet, le vélo à transmission intégrée possède des vitesses. Mais elles sont « cachées » dans le moyeu de la roue arrière. Ces systèmes de transmission vélo très résistants, comme sur la roue 'Nexus 7 vitesses', sont de plus en plus communs sur les vélos de ville et les vélos électriques. Et même sur les vélos pliants comme les 'Brompton' avec un moyeu '3 vitesses Sturmey Archer'.

2. Transmission mécanique (Transmission sans chaîne)

a. Transmission à cardan

Ce type de transmission fait partie de la famille des « transmissions acatènes » tout comme la transmission par courroie. Pour faire simple, il n'y a pas de chaîne sur le vélo. Ce type de transmission est majoritairement présent sur des vélos de ville.[8]



Figure 2. 1. Vélo de ville a transmission à cardan.[9]

Les avantages de transmission à cardan :

Les vélos à cardans nécessitent moins d'entretien qu'un vélo avec une chaîne, car ils sont à l'abri de l'eau et de la poussière. Il suffit de réaliser une vidange régulièrement afin de changer l'huile. Nous pensons que l'on connaît toute la scène du pantalon sale, à cause de la chaîne de son vélo, quand on arrive au travail ? Avec un vélo à cardan, dites adieu aux pantalons sales et dites bonjour à la jalousie de vos collègues cyclistes. Aussi, l'un des plus gros avantages de ce système est qu'il est très silencieux, permettant alors d'oublier l'assistance et de retrouver les sensations d'être sur un vélo traditionnel. Sur les modèles électriques, le système de cardan permet d'installer un capteur de pédalage et une assistance électrique qui permet de tracter son vélo avec un moteur roue avant. En cas de changement d'un pneu, un vélo à cardan facilite la manœuvre.[8]



Figure 2. 2. Vue en Coupe transversale du cardan [10]

Les inconvénients de transmission à cardan :

Ce système n'a malheureusement pas que des avantages. La transmission à cardan est plus lourde qu'une transmission à chaîne ou à courroie. Il peut être alors plus compliqué de monter les pentes. Le système entraîne une forte inertie du vélo et parfois le blocage de la roue arrière. Pour finir, le vélo à cardan peut entraîner une légère perte de puissance mais qui ne se ressent pas lors de la conduite. Ce système est tout de même moins courant que des transmissions à chaîne. Pour cela, les vélos à cardan sont généralement plus chers mais plus robuste et durable dans le temps.[8]

b. Mono Vitesse (Single Speed)

Comme son nom l'indique, avec ce type de transmission le vélo ne comporte qu'une seule vitesse. Cette transmission offre de nombreux avantages pour qui peut s'en contenter (car elle n'a qu'un seul inconvénient...son manque de polyvalence): La plus économique, La plus fiable, La plus légère

Cette transmission conviendra parfaitement sur un terrain plat. Pour les mêmes raisons que pour les moyeux à vitesses intégrées (un seul pignon), il est impossible de dérailler avec une transmission mono vitesse.

c. Transmission par courroie

Initiée dans les années 2000, la transmission vélo par courroie apporte durabilité et éloigne les affres de la mécanique et les soucis d'entretien. La transmission par courroie pour les vélos n'est pas une invention récente. La technique existe déjà depuis longtemps. Mais auparavant, la technologie de transmission par courroie était très coûteuse et les avantages d'un vélo à courroie ne l'emportaient pas encore sur les coûts. Pour cette raison, de nombreux cyclistes ont opté pour un vélo à chaîne.[11]

La transmission par chaîne, sur un vélo, tout le monde connaît. Une chaîne transporte la rotation du pédalier à un pignon, lequel fait tourner la roue. La transmission par courroie est tout autre chose tout en reposant sur les mêmes concepts. La courroie transmet la rotation du pédalier au pignon, lequel fait tourner la roue. Mais il n'y a qu'un seul plateau et un seul pignon.

C'est dans le moyeu que la boîte de vitesse est intégrée, bien à l'abri de la poussière. La boîte de vitesse est étanche, parfaitement huilée (bain d'huile étanche). Étant donné que la courroie est faite d'un seul tenant, contrairement à la chaîne faite de maillons que l'on peut désolidariser, le cadre doit être ouvert pour permettre le montage et le démontage de la courroie. N'ayant pas de pignons, le centrage de la roue est symétrique, alors que sur une roue classique, les rayons ne sont pas de la même longueur et la tension entre les rayons n'est pas partout la même.

Le moyeu avec vitesses intégrées est plus lourd et plus conséquent à l'achat qu'un moyeu pour



Figure 2. 3. Transmission par courroie.[12]

une roue avec pignons et transmission par chaîne. Cependant si l'on regarde le poids global des deux solutions et en y ajoutant le poids des pignons, des plateaux, des dérailleurs, des manettes de dérailleurs ... il y a comparativement à une solution allégée seulement 500 gr d'écart entre une transmission par courroie et une transmission par chaîne.[11]

Pour un vélo, le moyeu à vitesses intégrées est une solution de remplacement par rapport au dérailleur, commercialisée bien avant ce dernier. La roue arrière ne présente en général qu'un seul pignon, mais lorsque le pignon fait un tour, la roue fait plus en surmultiplication ou moins en démultiplication d'un tour, grâce à un train épicycloïdal.

Le système est plus lourd et plus cher qu'un dérailleur, mais permet de changer de vitesse à

l'arrêt, en pédalant lentement ou en marche arrière.

La transmission par courroie bénéficie des avantages suivants :

- Usure moindre des éléments - Une chaîne dure environ 7 000 km, une cassette dure environ 20 000 km et cela dépend pour le corps de roue libre lequel a besoin d'entretien.[11]
- Entretien moindre, car il n'y a pas de dérailleur. La courroie ne nécessite pas de gouttes d'huile et est ainsi moins sujette aux salissures.
- Etagement régulier entre les vitesses.
- Moins de bruits car moins de frottements mécaniques.

Les inconvénients de transmission par courroie :

Un vélo à transmission par courroie nécessite un cadre spécifique. Une courroie est une seule pièce et ne peut pas être rompue comme une chaîne. Afin de la monter, vous aurez alors besoin d'un cadre qui permet un passage de la courroie. Comme la courroie est en une seule pièce, elle ne peut pas être réparée si elle se casse. Vous devrez alors acheter une nouvelle courroie. Les fabricants suivant les avancées technologiques du moment, le moyeu avec transmission par courroie supporte les freins à disques.

Dans les bonnes marques de transmission par courroie :

- le moyeu Rohloff (DE),
- le moyeu Shimano Alfine
- la transmission Gates Carbon Drive

d. Transmission par variation de vitesse (Dérailleur) :

L'apparition du vélo à pédale date des années 1860. Les noms de Michaux, Lallement, Radison sont avancés pour l'invention de la bicyclette à pédale. On le doit à un immigré italien le premier brevet, 'Viarengo de Forville', déposé en 1870. [13]

Le dérailleur est né quasiment au même moment. Un prototype est présenté au salon du vélo de Paris en 1869. 6 ans plus tard, l'ingénieur Jean Loubeyre conçoit son Polycélère !

Un dérailleur arrière de 2 vitesses. En 1904, Vincent Piereschi apporte sa contribution et le dérailleur subit une cure d'amaigrissement. Il passe de 2 kilos à 400 grammes !

Mais cela restera un prototype. Il faudra attendre 1908 pour voir les premiers modèles commercialisés (Boizot, Hervier, Perret). Le dérailleur accèdera à la vraie popularité en 1912 avec Joanny Panel.[13]

Le dérailleur arrière continue son bonhomme de chemin. En 1928, c'est un propriétaire de magasin de vélo, Lucien Juy, qui lancera le premier dérailleur Simplex (un seul galet). 1933 est l'année où son dérailleur était monté sur les vélos de coureurs victorieux sur championnats français.



Figure 2. 4. Dérailleur simplex.[14]

La même année, c'est Gentullio Campagnolo qui commercialise son dérailleur à fourchette (fabriqué dans la quincaillerie paternelle). En 1936, Antonin Magne remporte le Championnat du monde avec un simplex. En 1935, Juy produit son dérailleur Super Simplex, un modèle à parallélogramme articulé. En 1951, Campagnolo a fait sortir son Gran Sport, un parallélogramme déformable. C'est en 1956 que Shimano (le Japon est l'île du vélo) a fait une copie du Simplex, le 3.3.3, à chaîne et galet. [13]

La deuxième évolution technique du dérailleur survient au même moment. La marque Suntour commercialise un dérailleur à parallélogramme penché (le Iwai Wide) par Nobuo Ozaki. Dans l'anatomie d'un vélo, on trouve des composants vous permettant de pédaler et de rouler de façon fluide et sécurisée. Particulièrement sollicitées, ces pièces nécessitent un entretien régulier et sont les plus soumises à des risques de casse.

La transmission regroupe de nombreuses pièces jouant un rôle crucial dans les performances d'un Vélo : la chaîne, la cassette, le dérailleur (avant et arrière) et les pignons. Leur rôle : transmettre aux roues l'énergie produite par les coups de pédales, mais aussi vous permettre de changer de vitesse à votre guise.

Sur tout vélo, la transmission est reliée au pédalier, qui se compose quant à lui de deux manivelles, de plateaux entraînant la chaîne, et bien entendu des pédales.

Ces deux composants permettent d'activer les roues du vélo. Elles consistent en un moyeu central, sur lequel sont fixés des rayons rejoignant la jante. Les jantes permettent quant à elles de fixer les pneus, généralement équipés d'une chambre à l'air (à l'exception des modèles « tubeless »). Son fonctionnement est indiqué par la figure 5.

3. Éléments de transmission dans un vélo

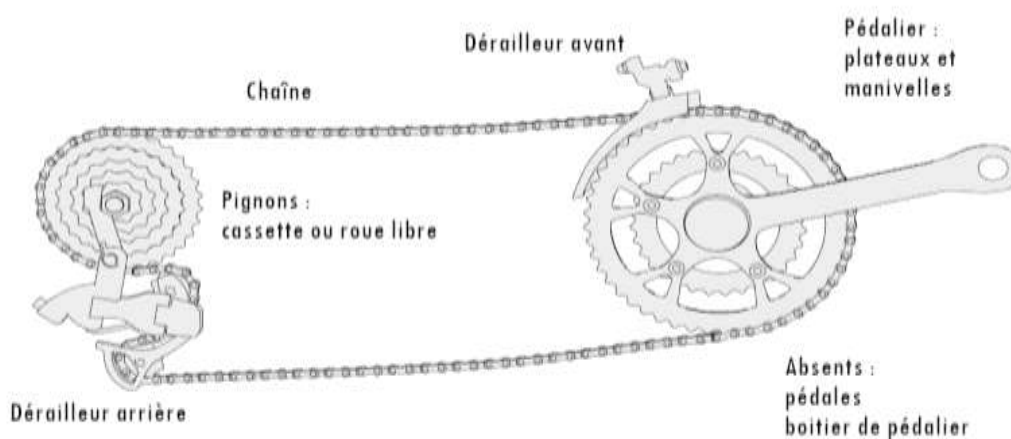


Figure 2. 5. Éléments de transmission dans un vélo.[15]

a. Les pédales

Peu importe le modèle, les pédales servent à permettre à vos pieds de trouver un appui pour faire bouger les manivelles, qui entraînent le pédalier et donc, la chaîne. Ce sont des pièces solides, mais il faut parfois changer les pédales en cas de bris ou pour plus de confort.

b. Le pédalier du vélo

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. La taille du ou des plateaux est le facteur déterminant pour la force qui sera nécessaire pour faire bouger votre vélo. Un trop grand plateau demande trop de force, un trop petit plateau vous oblige à pédaler trop rapidement

c. Le boîtier du pédalier

C'est une pièce que l'on ne voit pas. Elle est presque entièrement dans le cadre du vélo. Pourtant, elle est très importante : elle fixe le pédalier dans le cadre du vélo. La rigidité du boîtier augmente votre confort de pédalage. De nombreux bruits étranges proviennent d'un boîtier mal entretenu et peu graissé.

d. La chaîne du vélo

L'élément le plus évident de la transmission demeure la chaîne. Composée de maillons métalliques, la chaîne est le point névralgique d'une transmission fonctionnelle. 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.

e. Les pignons de vitesses

Les pignons sont les petites dents sur la roue arrière du vélo. Pignon unique ou pignons multiples, ils 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.

f. Les leviers de commandes de vitesses

Pour changer de vitesses, il vous faut des leviers de vitesses. Poignées tournantes, leviers sur le guidon ou sur le cadre, leviers et manettes de frein intégrées. 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.

g. 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. Il y a une exception : certains systèmes de transmission vélo fonctionnent par ondes électriques. Sans câbles. Et donc sans ajustement régulier à faire.

h. Les dérailleurs avant et arrière

La plupart des vélos possèdent un dérailleur arrière. Si vous voyez les pignons de votre vélo, vous y voyez également le dérailleur arrière. Il permet de déplacer la chaîne d'un pignon à l'autre. Vous changez ainsi de vitesse sur votre vélo. Si votre vélo est pourvu d'un pédalier avec plusieurs plateaux, votre vélo possède un dérailleur avant. C'est celui-ci qui permet de faire glisser la chaîne d'un plateau à l'autre.

La cassette, sur la roue arrière, contient un ensemble de pignons. Elle en possède 8, 9, 10 ou 11. Quand on parle de « 10 vitesses », c'est du nombre de pignon de la cassette qu'il est question. L'espace entre les pignons de la cassette et la largeur des dents font qu'il y a souvent incompatibilité entre certains dérailleurs et chaînes chez les différents grands manufacturiers (Shimano, Campagnolo, SRAM).

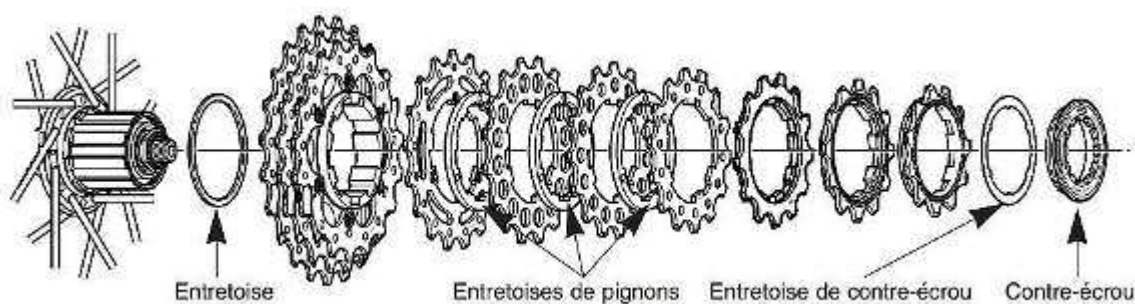


Figure 2. 6. Anatomie d'une cassette.[16]

La cage est montée sur le dérailleur arrière. Elle contient deux galets autour desquels passe la chaîne. Elle permet de maintenir une tension constante sur la chaîne peu importe la vitesse sélectionnée. Si vous optez pour un grand pignon avec beaucoup de dents (+32), il y a de forte chance que vous deviez changer pour une longue cage. Idem si votre vélo a 3 plateaux.

Le dérailleur se place sur une chaîne de vélo. Lorsque le cycliste change de vitesse, le dérailleur soulève la chaîne pour la placer sur le bon pignon en haut ou en bas de la denture. Le dérailleur arrière est chargé de tendre la chaîne ; la diriger vers le développement choisi en multiplication ou démultiplication.

A. Le dérailleur arrière : Fonctionnement



Figure 2. 7. Les composants de dérailleur arrière . [17]

Le dérailleur arrière change de pignon de vitesse. Il se compose de deux galets : Le galet haut : pour la tension de la chaîne ; Le galet bas : pour le guidage de la chaîne vers son pignon.

Il existe plusieurs types de dérailleurs arrière : Les dérailleurs à friction ; Les dérailleurs indexés ; Les dérailleurs à commande automatique

B. Le dérailleur avant : Fonctionnement

Le dérailleur avant est activé par un câble. Alors que le dérailleur arrière change de pignon, le dérailleur avant change de braquet lorsque le cycliste change de vitesse.



Figure 2. 8. Les composants de dérailleur avant.[18]

Vitesse du vélo et distance parcourue

Pour connaître la vitesse utilisée par un vélo, il faut prendre en compte différents paramètres. Le braquet ou la vitesse du vélo et sur un vélo, il existe deux centres de vitesse :

- Le pignon : une roue dentée sur le moyeu arrière ;
- Le plateau : une roue dentée sur le pédalier.

Pour calculer la vitesse du vélo, il faut diviser le nombre de dents du plateau, par le nombre de dents du pignon :

- Si le vélo a 3 plateaux et 7 pignons : il dispose de 21 vitesses ;
- Si le vélo est réglé sur un plateau de 2 et un pignon de 7, il roule avec un braquet inscrit 2/7.

Voyons maintenant quelques termes importants employés lorsqu'on parle des vitesses :

- braquet (ou ratio) : c'est le rapport de démultiplication d'une transmission de vélo. Pour faire simple, on appelle un petit braquet « une vitesse facile » (plateau de 50 dents et pignon de 16 dents par exemple), et un grand braquet « une vitesse dure » (plateau de 28 dents et pignon de 26 dents par exemple).

Braquet = nombre de dents du plateau/nombre de dents du pignon

- développement d'un vélo : c'est la distance parcourue par le vélo en effectuant un tour de pédalier.

Développement = braquet x circonférence de la roue

- cadence de pédalage : On appelle la cadence de pédalage la vitesse à laquelle le cycliste fait tourner le pédalier. Elle est exprimée en tour/minute.

Cadence : vitesse du vélo/développement

Comprendre l'importance de la taille des plateaux et des pignons

Afin de mieux comprendre comment fonctionnent les vitesses, rien de mieux qu'un exemple. Pour illustrer le principe des vitesses, nous prenons des données fictives afin d'aider à la compréhension.

Ici, notre cycliste pédale et donne un tour de pédalier et la roue fait X tours selon le braquet sélectionné, et le vélo X mètres. Que se passe-t-il si le plateau est plus grand ou plus petit ? Si le pignon est plus grand ou plus petit ?

Dans notre exemple, nous avons pris une circonférence de roue de 2130 mm pour calculer le développement, correspondant à une roue 700× 28C.

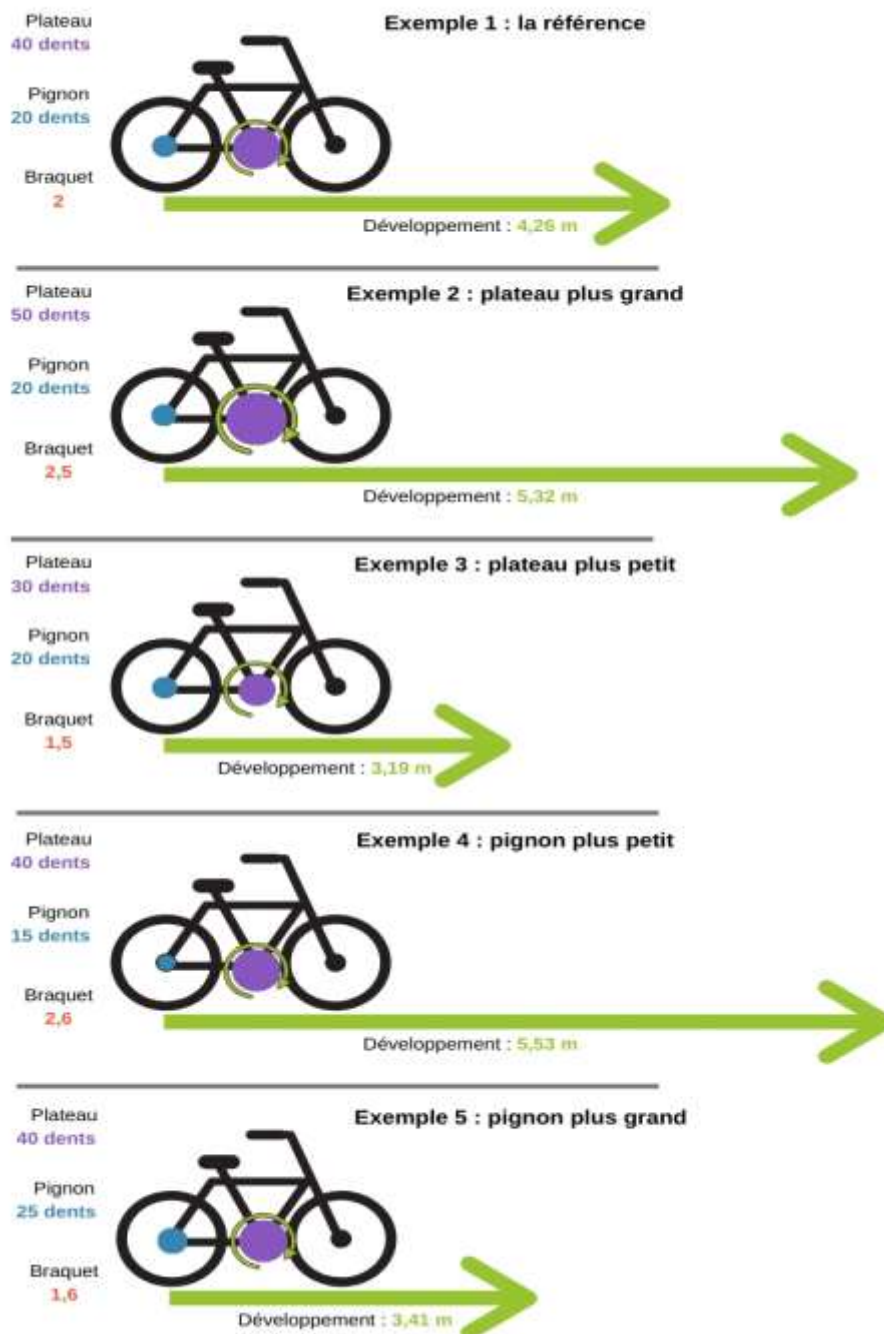


Figure 2. 9. Exemples de variation du développement en fonction des tailles des pignons et plateaux.[19]

Parmi les vélos à transmission classique, on différencie les différents systèmes par leur nombre de vitesses. En général, un vélo 10 vitesses possède 2 plateaux et 5 vitesses à l'arrière. $2 \times 5 = 10$, bien évidemment. C'était un standard habituel des années 1970 à 1990. Depuis, le nombre de pignons à l'arrière a augmenté à chaque année.

Et on trouve maintenant des vélos avec 10 vitesses à l'arrière et deux ou trois plateaux. Ces dernières années, en particulier pour les vélos VTT et Gravel, la transmission mono plateau avec 11 ou 12 vitesses arrière est devenue commune. On parle alors de transmission 1×11 ou 1×12.

Le braquet a deux appellations :

- Petit braquet : petite vitesse, faible force sur les pédales, dans les pentes ;
- Grand braquet : forte pression sur les pédales, sur un plat.

Ce type de transmission offre le meilleur rendement possible car la chaîne est en prise directe avec la roue qu'elle fait tourner.

Le dérailleur est un mécanisme simple dont on peut aisément réaliser le réglage soi-même.

Les avantages de la transmission par dérailleur :

- Ils sont plutôt faciles à régler et à entretenir car il y a de nombreuses pièces disponibles.
- Les premiers prix sont plus abordables que la transmission par moyeu.
- L'offre est très large et donc vous avez le choix parmi une gamme très large de transmission par dérailleur.

Les inconvénients de la transmission par dérailleur :

- La **chaîne qui saute** où qui déraille !
- La chaîne doit être souvent entretenue ou même changée.
- **On ne peut pas passer les vitesses à l'arrêt.**
- Le dérailleur arrière peut facilement se tordre en cas de chocs et il est fortement exposé à la poussière, à l'eau etc... Cela entraîne un vieillissement plus rapide que sur les transmissions moyeu.

5. Transmission par assistance électrique :

Il existe deux systèmes de passages de vitesses :

a. Les transmissions par dérailleur

Les systèmes de transmissions des vitesses par dérailleur sont historiquement les plus répandus sur les vélos électriques. A ce jour, ils permettent d'avoir une amplitude de pédalage importante, et la diversité de l'offre permet des montages à des dépenses moindres.

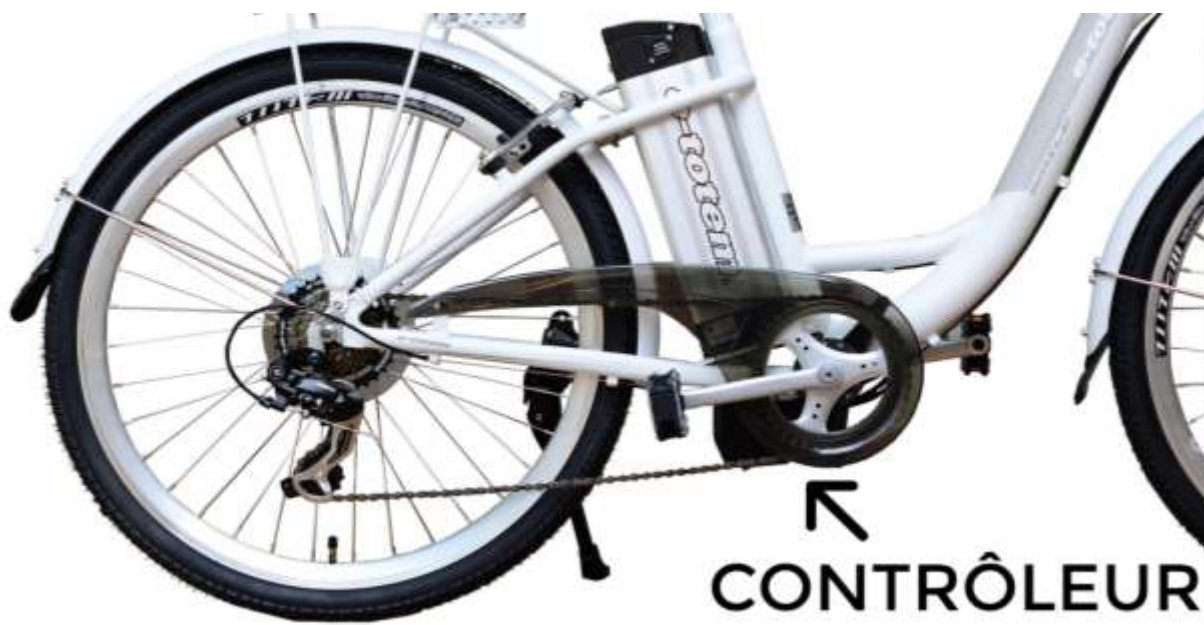


Figure 2. 10. Transmission par dérailleur (vélo électrique).[20]

La fiabilité des vitesses avec transmission par dérailleur : en prenant en considération que leur usure est accélérée comparée à un vélo non motorisé, notamment sur les vélos équipés d'un moteur pédalier.

Le moteur au pédalier d'un vélo à électrique va retranscrire l'assistance en tirant sur la chaîne. La force élevée avec laquelle le moteur va actionner l'ensemble de la transmission occasionne une usure plus rapide d'environ 30% qu'avec un vélo non motorisé [21]. La chaîne et la cassette des pignons sont donc à renouveler plus régulièrement.

Les avantages d'un système de transmission par dérailleur :

L'avantage principal du système de transmission par dérailleur réside dans sa réactivité. La manipulation du sélecteur au guidon se traduit directement par un mouvement de la chaîne sur les pignons, qui changeront instantanément de braquet, à partir du moment où le cycliste est toujours en action de pédalage. Compte tenu de l'action du moteur, qui tire la chaîne rapidement, le passage

des vitesses se fait plus rapidement que sur un vélo non motorisé.[21]

Une transmission par dérailleur offre une plus grande plage d'utilisation qu'un système de vitesses intégrées. A gamme égale, l'amplitude offerte par les pignons permet d'avoir des vitesses basses et hautes plus espacées que sur un moyeu de gamme équivalente. Ainsi, ce type de transmission est à privilégier pour les activités sportives ou de randonnée.[21]

Les inconvénients d'un système de transmission par dérailleur :

Le premier inconvénient de ce système est sa grande sensibilité à l'encrassement. L'élément en cause est le carter de la chaîne qui est ouverte. De plus, ce système nécessite un réglage régulier pour conserver sa précision.[21]

Il faut aussi avouer que le dérailleur n'est pas trop adapté pour une utilisation dans une zone qui nécessite des arrêts réguliers. Imaginez un instant que vous rouliez à une vitesse élevée et que vous deviez vous arrêter. Lorsque vous redémarrez, il vous faudra user de tout votre poids en raison de la résistance du pédalier. Cela peut rapidement devenir frustrant, car vous dépensez beaucoup d'énergie.[21]

Les plus malins penseront sans doute à changer la vitesse avant de commencer par pédaler. L'idée est certes bonne, mais n'est malheureusement pas réalisable. Les vélos électriques équipés de dérailleur ne peuvent pas changer de vitesses à l'arrêt.

Quant aux modèles électroniques, ils perdent l'avantage de la légèreté et du prix associé aux dérailleurs classiques. De plus, leurs fonctionnements sur la batterie d'un vélo à assistance électrique à une incidence certaine sur son autonomie.

b. Transmissions par moyeu

Les transmissions par moyeux à vitesses intégrées :

Les systèmes de transmission des vitesses intégrés au moyeu arrière, bien qu'inventés avant le dérailleur, sont moins répandues, mais équipent de plus en plus de vélos électriques urbains et de promenade.

Ces deux systèmes existent désormais également en version « électronique ». Le changement de vitesses n'est plus actionné mécaniquement, mais à l'aide d'un système électrique dont les réglages sont prédéfinis par un logiciel lors de l'installation. La personnalisation de ces systèmes permet de choisir entre des passages de vitesses manuels, automatiques ou semi-automatiques.

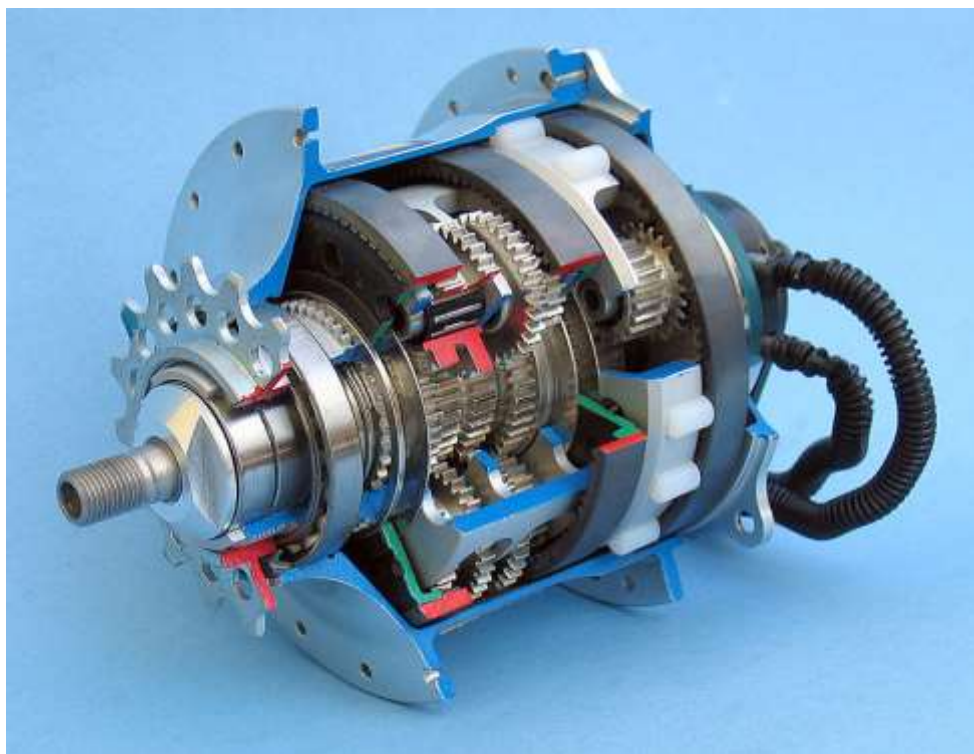


Figure 2. 11. Vue en écorché d'un moyeu à 14 vitesses [22]

Principe de fonctionnement :

Ce type de transmission a été inventé avant le dérailleur et est très développé dans les pays nordiques. Son usage est plus limité que les transmissions à dérailleurs. Dans cette transmission, le moyeu ne comporte qu'un seul pignon. La modification du rapport de réduction est réalisée grâce à un jeu d'engrenages à l'intérieur même du moyeu. Le changement de vitesse est opéré grâce à une manette au guidon qui modifie le rapport de réduction des engrenages dans le moyeu (comme la boîte de vitesse d'une voiture).

Le moyeu à vitesses intégrées est un mécanisme complexe mais fiable. Le mécanisme est

protégé dans le moyeu étanche. Il nécessite très peu d'entretien (la fréquence dépend du modèle), mais celui-ci sera de préférence confié à un réparateur de vélo.

Sur un vélo à assistance électrique doté d'un moteur au pédalier, dont le fonctionnement implique un tirage constant de la chaîne en plein effort, le passage d'une vitesse sur moyeu est décalé.[21]

Les fabricants de moteurs pédalier ont donc adapté leurs systèmes en les dotant d'une fonctionnalité, paramétrée en usine, détectant les changements de vitesses, et soulageant le pédalage l'espace de quelques millisecondes, afin que le rapport de transmission s'opère effectivement.[21]

Pouvoir changer de vitesse à l'arrêt et du fait qu'il n'y ait qu'un seul pignon, il est impossible de dérailler. Cela constitue les 2 points forts de cette transmission.[21]

Les points faibles étant un rendement pénalisé par le jeu d'engrenages et un prix plus élevé qu'un dérailleur.

Les avantages de système de transmission par *moyeu* :

La chaîne n'ayant pas à se déplacer d'un pignon à l'autre, elle s'usera moins vite sur un VAE équipé de cette transmission. Ceci garantissant une maintenance réduite.[21]

Ne nécessitant qu'une seule manette au guidon couvrant l'ensemble des vitesses, ce système offre simplicité et confort d'utilisation [21]. N'ayant pas besoin de pédaler pour changer de rapport, cette transmission est également pratique en utilisation urbaine, pour pouvoir changer de vitesse à l'arrêt, au feu rouge, ou après un freinage brusque, par exemple.

Alors qu'un dérailleur est souvent exposé à diverses projections, accélérant son usure, le système intégré est caché dans la roue. D'une construction robuste et comme protégé dans une coque, son mécanisme ne subit pas les agressions extérieures rencontrées en utilisation sur route ou chemins.

Les inconvénients de système de transmission par *moyeu* :

Il est bien plus lourd qu'un dérailleur classique. De plus, à vitesses égales, il est beaucoup plus cher que ce dernier. À cela, s'ajoute le fait que sa réparation, quoique rarement nécessaire, exige une grande expertise. En effet, il est assez difficile de démonter la roue arrière lorsqu'une réparation est nécessaire.[21]

6. Conclusion et Comparatif des transmissions usuelles

On conclut ce chapitre par une comparaison des différents types de transmissions les plus utilisées afin de mieux comprendre les caractéristiques propres à chaque un ainsi que les avantages liés à chaque conception.

Le dérailleur : qui ne permet pas de changement de vitesses à l'arrêt, son efficacité est d'environ 95%, il permet développement de 24 à 27 vitesses soit plus de 500%. De par sa complexité il demande un entretien fréquent mais simple, c'est un dérailleur assez fragile car il est exposé aux chocs. Son prix est faible pour un modèle d'entrée de gamme

Le Moyeux à vitesses qui lui permet un changement de vitesses à l'arrêt, il a une efficacité d'environ 90% et un développement de 7 à 9 vitesses soit plus ou moins 340 %. Son entretien est très rare et plutôt complexe, c'est un système très résistant car il est bien protégé. Seul inconvénient ; son prix : plus chère qu'un dérailleur haut de gamme

Le Single speed (vitesse unique), qui se compose d'une roue libre et d'un unique jeu de dents, il ne permet pas de changement de vitesses à l'arrêt, une efficacité d'environ 98% (rendement maximal de la vitesse utilisé). Un développe de 100% et aucun entretien nécessaire, c'est de ce fait un dérailleur ultras robuste disponible à un prix très raisonnable.

Chapitre 3

Avant-projet de conception

1. Introduction

Le vélo nécessite l'activité physique du cycliste. Lorsqu'on parle de vélo sportif, cette activité peut être recherchée. Dans le cadre de déplacement de la vie quotidienne, cet effort physique doit rester modéré. Le fait d'arriver en sueur à un rendez-vous professionnel est jugé socialement inacceptable. Il est possible de ne pas transpirer en vélo en utilisant son dérailleur de façon judicieuse. Cependant dans le cas de longs trajets, accidenté ou pentus, le cycliste qui voudrait ne pas transpirer se voit dans l'obligation d'utiliser des rapports de réduction importants et ainsi de rouler très lentement. Il serait alors judicieux de fournir au cycliste une autre motorisation qui l'assiste dans les zones difficiles du parcours. On désigne ce dispositif comme une « assistance », car le vélo ne peut pas rouler sans un effort du cycliste.

Le vélo complet doit avoir une masse pratique la plus faible possible. Toute la masse sera transportable sur des collines avec l'énergie fournie par la batterie. Une masse plus faible donne un avantage pratique et plus d'autonomie entre les recharges de la batterie. La stabilité du vélo est une autre exigence importante. La répartition de la masse est très importante sachant que la masse totale et sa répartition sur le vélo affecte la stabilité et donc la sécurité de ce dernier.

Un vélo électrique se compose du cadre d'un vélo classique, une propulsion qui remplace ou complète la force musculaire. On ajoute donc au vélo un moteur électrique, un réducteur de vitesse, une batterie et un contrôleur de puissance. On définit les exigences du vélo électrique dans un cahier des charges après l'étude individuelle des composantes de ce dernier.

A cet effet, nous utiliserons le logiciel d'Autodesk : Inventor afin de concevoir un système non invasif capable d'assister le cycliste dans son activité, s'il le souhaite. Système à qui nous avons apporté des modifications selon les spécifications et les composants disponibles sur le marché. De ce fait nous avons dû adapter un certain nombre de composants à la structure du vélo classique ; La structure et les différents composants mécaniques ont été dessinés sur Inventor en mode paramétré avec des fonctions adaptatives pour les futures modifications.

2. Définition de logiciel utilisé :

Le logiciel de CAO 3D Inventor® est un logiciel de modélisation 3D créé par la société Autodesk qui offre des outils professionnels pour la conception mécanique, la documentation et la simulation de produits. Il permet d'exploiter le concept de conception paramétrique. C'est un logiciel de dessin technique à vocation mécanique qui est utilisé par les ingénieurs mécaniciens qui ont besoin d'outils automatisés et spécialisés pour concevoir et préparer des produits pour la fabrication. Il comporte :

- Des Fonctionnalités puissantes de conception paramétrique, directe ou de forme libre basée sur des règles.
- Des outils intégrés pour la tôlerie, la conception d'ossatures, les tubes et les tuyaux, les câbles et les faisceaux, les présentations, le rendu, la simulation, la conception machine, et plus encore.
- Une Compatibilité TrustedDWG™ et fonctionnalités avancées de définition du modèle pour l'intégration directe des informations de fabrication dans le modèle 3D.

3. Présentation de la machine :

Le prototype suivant présente une Machine intelligente capable d'ajuster la vitesse de rotation du moteur en fonction de la vitesse de pédalage du cycliste, du niveau d'assistance souhaité et du mode souhaité.

On décompose la machine en cinq ensembles afin de faciliter l'étude/ Conception de cette dernière :

a. Les pièces constitutives du projet

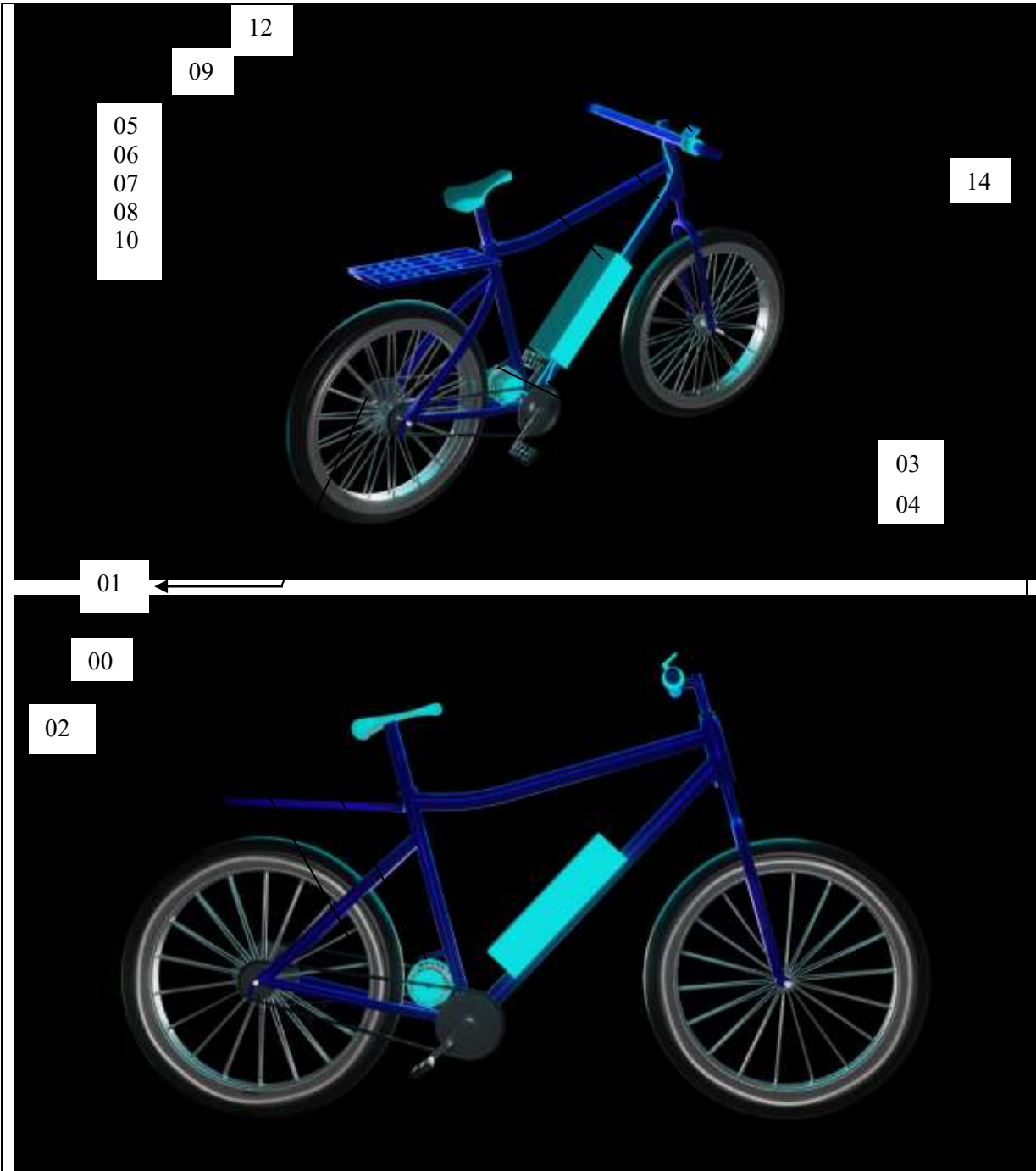


Figure 3. 1. Illustration du VAE et de ses composants/ Ensembles

Tableau 3. 1. Composants de la machine

Ensemble	Pièce	N°	Disponibilité sur le marché	Adaptation non nécessaire	Spécifications	Prix (DZD) 'Actuel'
Vélo	/		Oui	Oui	3vitesses plateau 5vitesses cassette Freins à disques Cadre aluminium	5 0000.00
Mécanique	- Moteur BLDC	00	Oui	Non	(12v 250w) (120 ~160Nm)	1 5000.00
	-Plateau d'entraînement	01	Oui	Non	Usinage	???
	- Chaîne	02	Oui	Non		???
	- capteur de pas	03	Oui	Oui	Détection ±10mm	6000.00
	-Support Moteur	04	Oui	Non	Usinage	???
Contrôle	- Arduino Uno Rev3	05	Oui	Non		5000.00
	- Lecteur RFID	06	Oui	Non		2600.00
	- Variateur de vitesses	07	Oui	Non		16000.00
	- Module de charge	08	Oui	Non	Stop charge Stop décharge	3000,00
	- Câblage	09	Oui	Non		???
Alimentation	- Cellules (batterie)	10	Oui	Non	(24 - 30 unités)	1 3000.00
	- Ruban de connexion		Oui	Non		800.00
	-Shelf (Support cellule)		Non	Non	(48 unités)	???
	- Chargeur		Oui	Non		8000.00
Utilisateur	- écran LCD	12	Oui	Non	98 x 60 x 12mm.	8000.00
	- Carte RFID	13	Oui	Non		120.00
	- Poignée de vitesse	14	Oui	Non		6000.00
	- Buzzer	15	Oui	Non		200.00

b. Puissance du moteur

La figure 3.2, indique la gamme des masses pour les différents calculs de l'avant-projet.

On désigne par

P_d = Puissance minimal requise du moteur

F_{wf} = Dérive et traînée de frottement

V_{wf} = Vitesse du vent de face = 25 km/h, soit une puissance de 30W en plus pour propulser

F_d = Force descendante de la gravité

α = V = Pourcentage de la pente = 6% = 3,63°

V_b = Vitesse du vélo = 20km/h

F_P = Force de propulsion = $F_{wf} + F_d$

$F_d = m \times g \times \sin \alpha = 107\text{kg} \times 9,8\text{m/s} \times 0,06 = 62,916 \approx 63\text{N}$

$P_d = F \times V_b = 63 \times 5,56\text{m/s} = 350\text{W}$

La puissance nécessaire au moteur pour propulser le vélo et le cycliste (assistance 100%) est donc de 350W.

Il faut savoir que pour 95 % des besoins, un vélo électrique équipé d'un moteur 250 W sera suffisant. Cette puissance est utilisée pour certains VTT électriques et permet de grimper des dénivelés très important. 500 Watts et plus : Avec ce type de moteur, le VAE sera considéré comme un cyclomoteur.

V_b (vitesse du vélo) : 15Km/h

$F_d = M * G * \sin \alpha = 100\text{Kg} * G * \sin (3,63) = 62,11 \text{ N}$

$\alpha = 6\% = 3,63$

$M = M_v + M_{cy} = 20 + 80$

$P_d = F * V_d = 62,11 * 4,16 = 258,57$

$P = 258,57 \sim 260 \text{ W}$; La puissance du vélo sera limitée à 250W électroniquement afin de rester dans le cadre législatif international en vigueur afin de garantir la sureté d'utilisation.

.

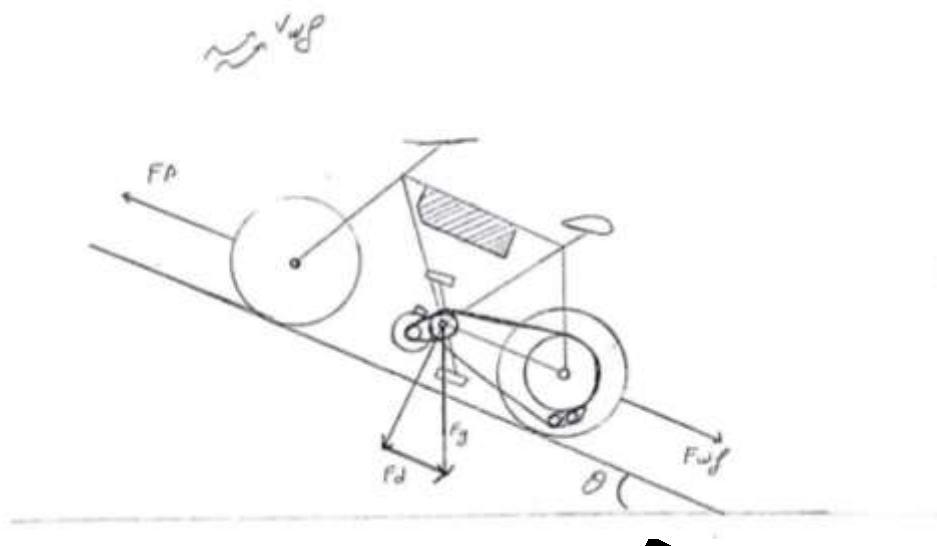


Figure 3. 2. Gamme des masses

c. La Batterie

Elle est de type 24S ~ 12v

Pour chaque sous batterie on a :

Voltage : 12,6V

Ampérage : 25A

Disposition : 3S, 2P

On assure une efficacité de 90% pour un Moteur de 260w

Consommation = $260 \cdot 110 / 100 = 286 \sim 300 \text{ W}$

Une Sous batterie = $12 \cdot 25 = 300 \text{ W/h}$

Donc chaque sous batterie permet 1h de fonctionnement continue en théorie.

Pour 4 heures de fonctionnement on aura besoin d'une Batterie composée de 4 sous batteries.

On note que si le moteur utilise 250w

$U \cdot I = P$ alors $I = 250 / 12 = 20\text{A}$

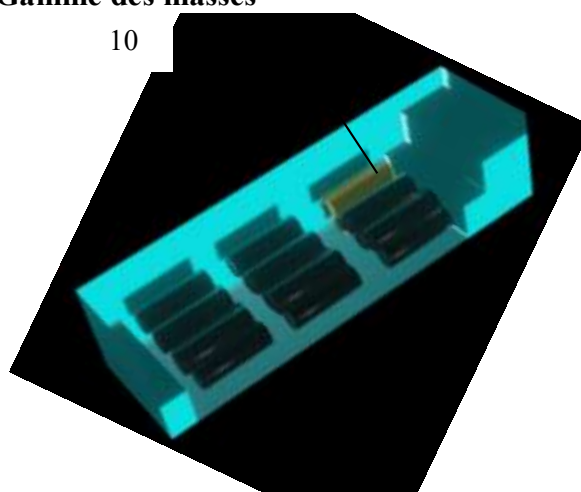


Figure 3. 3. Illustration de la disposition des cellules dans une des quatre sous batteries

d. La vitesse de rotation

On calcule la vitesse du BLDC en divisant la Fréquence (f) par le nombre de paires de pôles du moteur électrique (3 dans notre cas), on obtient alors une vitesse en Tr/ s

Pour 200Hz on a $V_s = (200/ 3) * 60 = 4000$ Tr/ mn

4000 Tr/ mn qui est donc la vitesse maximale du moteur qui sera limité électroniquement à 3000 Tr/ mn.

Pour V cible = 25 Km/h on a :

$D_r = 30 \text{ cm} * 2 = 60 \text{ cm}$ 1 tour ~ 188,5 cm

$P_r = 2 \pi r = 188,5 \text{ cm}$ X tour ~ $25 * 10^5 \text{ cm}$ X = 221 Tr/ mn

$D_c = 25 \text{ Km} = 25 * 10^5$ X = 13 262,6 Tr/ h

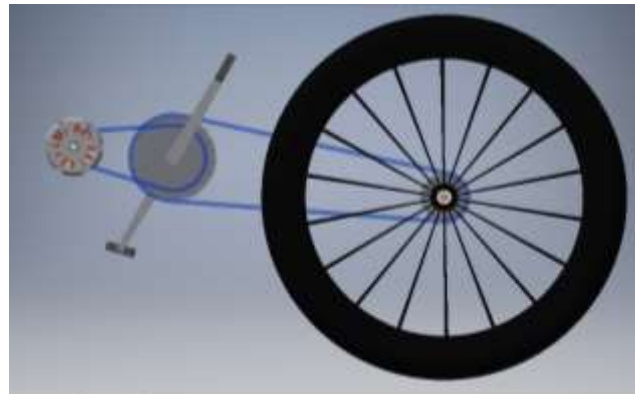
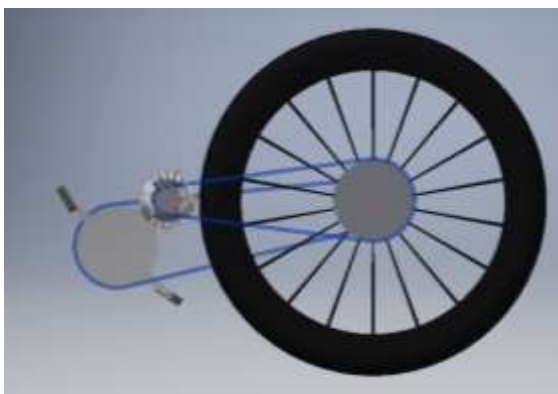
$N = V_e / V_s = 3000/ 221 = 13,6$

D_r : diamètre de la roue

P_r : distance parcourue en 1 tour

D_c : distance parcourue en 1h

N : Rapport de transmission



Solution 1 : Connection directe

Solution 2 : Connection indirecte

Figure 3. 4. Illustration des deux approches possibles pour la réalisation du projet

Chaque solution impose des limitations et implique la modification du système de transmission. On favorise la Solution 1.

Solution 1 : Le moteur est directement connecté à la roue motrice ou on vient fixer un engrenage qui permet la transmission d'Énergie, il est important de souligner que le ratio de transmission reste fixe, nul besoin d'une roue libre au niveau du nouvelle engrenage, on pourrait envisager l'utilisation d'une courroie ou d'une chaîne. Les limitations seraient l'encombrement au niveau de la fourche arrière, l'emplacement du moteur

Solution 2 : Le moteur est connecté au pédalier qui est lui-même connecté à la roue arrière ce qui permet le changement de vitesses, la possibilité de positionner le moteur plus bas et assister le cycliste lors de son pédalage directement contrairement à la solution 1 qui affecte la vitesse/couple de la roue. Les limitations seraient la nécessité de créer un nouveau système de pédalier à plusieurs niveaux, d'utiliser un programme de contrôle plus complexe 'Extinction du moteur lors du changement des rapports' ; on note que due à la variation de vitesse électronique du moteur, les changements de rapports mécaniques seraient superflus voir nocif au couple final, et aux pièces qui seraient sous de plus grandes contraintes.

e. Conception du support moteur adapté au moteur utilisé

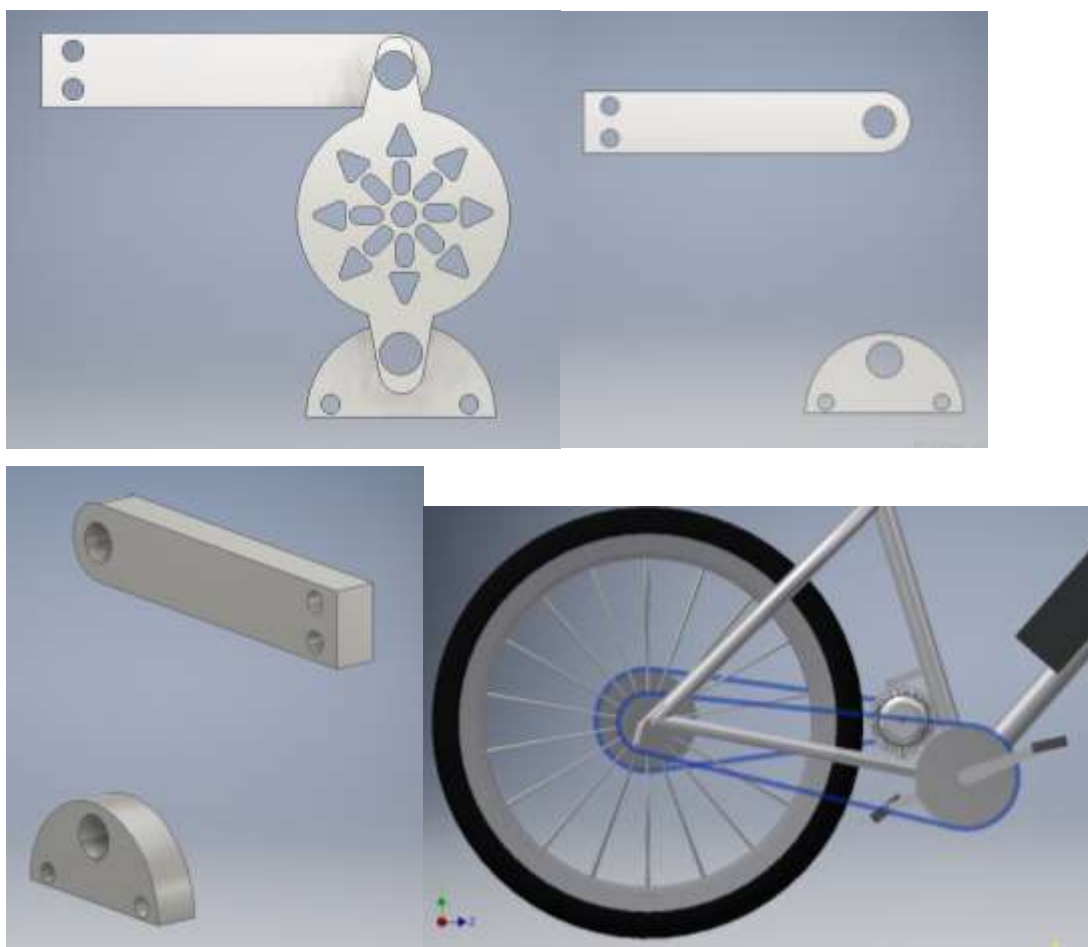


Figure 3. 5. Support moteur conçu sur Autodesk Inventor

Le rôle du support moteur est de fixer le moteur en place, il doit être fabriqué sur mesure afin de s'adapter au moteur utilisé

Il est primordial que cette pièce soit rigide et soit bien fixé au châssis du vélo car elle est sujette à de grands efforts (dépend de la puissance du moteur utilisé).

f. Chaîne de Fonctionnement du Vélo à assistance électrique

- a) Allumage du vélo grâce à une carte RFID personnelle
- b) Choix du mode d'assistance (minime, partielle, totale)
- c) Début du pédalage
- d) Calcule de la vitesse de rotation grâce au capteur de proximité
- e) Allumage du moteur à la vitesse adéquate afin d'assister le cycliste
- f) Freinage
- g) Extinction du moteur
- h) Arrêt du pédalage, vélo toujours en mouvement
- i) Le moteur switch en mode génération d'Energie

Le diagramme de la figure suivante récapitule les différentes étapes

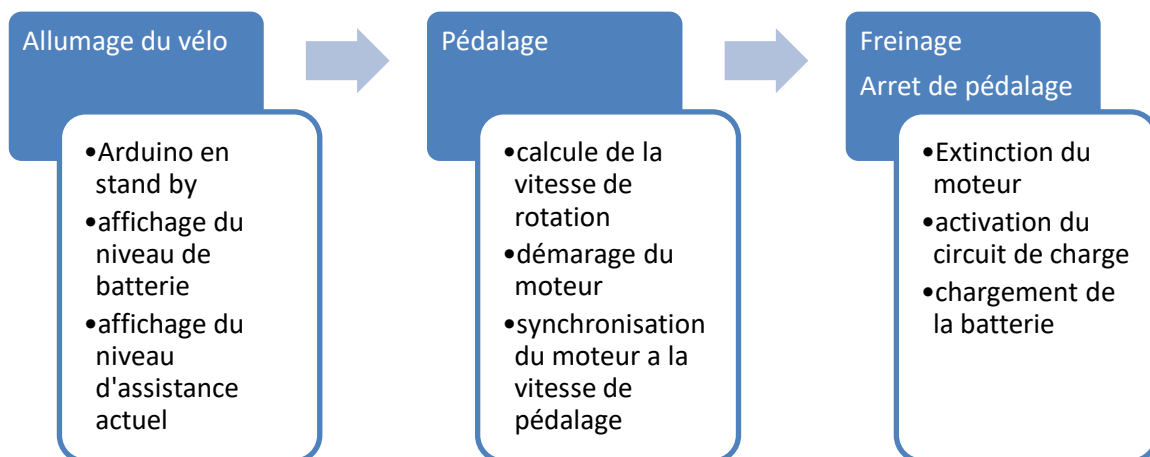


Figure 3. 6. Chaîne de fonctionnement du vélo

g. Chaines de communication du VAE

La chaîne de fonctionnement du vélo à assistance électrique est indiquée par la figure 3.7. Et le schéma de sécurité est indiqué par la figure 3.8.

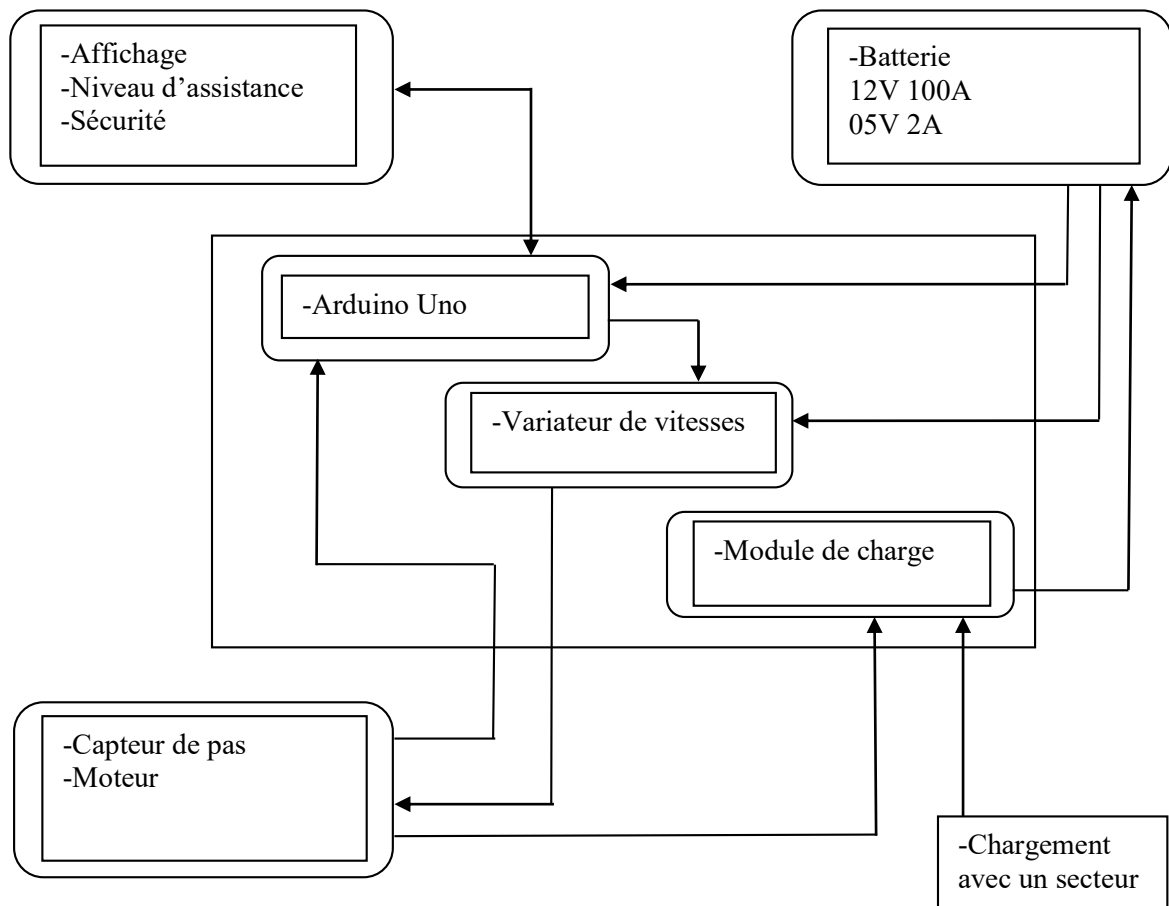


Figure 3. 7. Illustration du schéma de communication interne du vélo

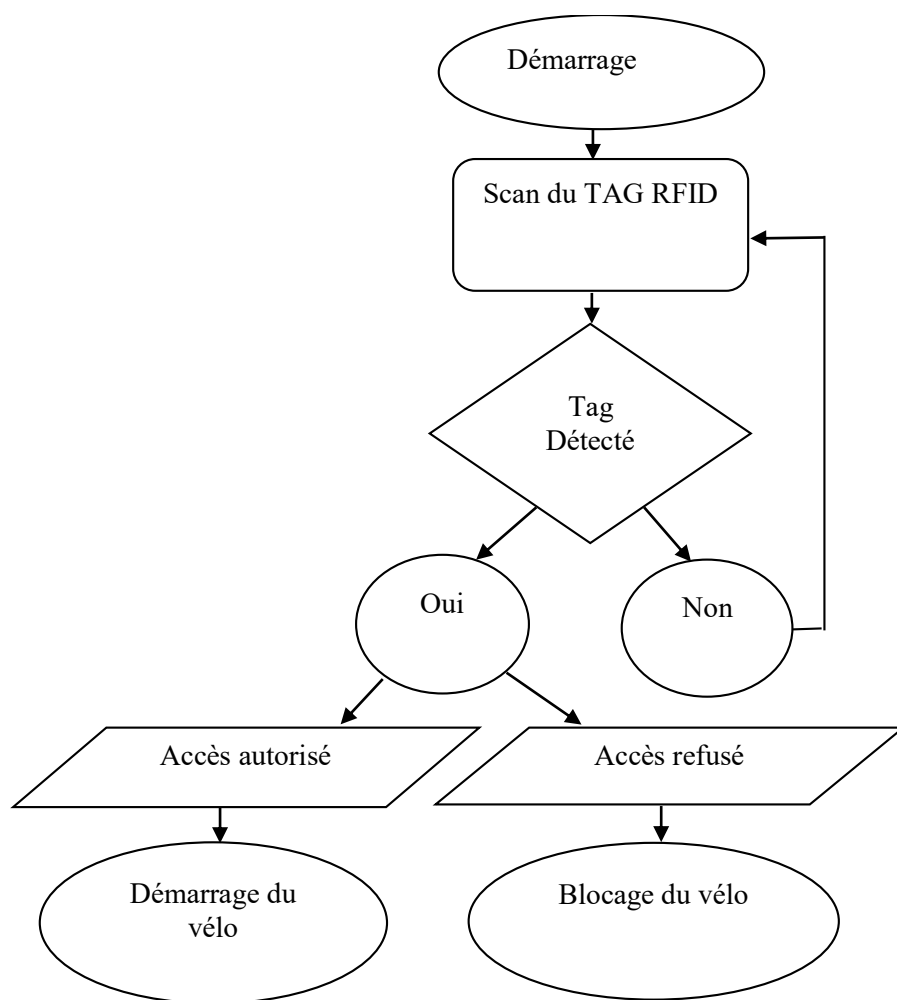


Figure 3. 8. Schéma logique de la sécurité

4. Conclusion

Nous avons exposé dans ce chapitre notre étude qui s'est basée sur un cahier des charges que nous avons créé à partir de plusieurs hypothèses et en s'inspirant des vélos disponibles sur le marché, puis à l'aide du logiciel Autodesk Inventor, nous avons modélisé tous les Composants de la machine que nous avons ensuite présenté. A partir de notre cahier des charges, on a créé un Listing des prix après avoir contacté certains spécialistes du domaine. Par la suite on a effectué un calcul de la puissance moteur nécessaire afin d'entraîner notre machine, des calculs d'autonomie de la batterie afin d'allier le meilleur rapport poids/ puissance. Grâce à ces calculs nous avons déduit la vitesse de rotation du moteur avec laquelle nous avons obtenu le rapport de transmission entre le moteur et la roue.

Il est possible d'adapter un vélo mécanique en vélo électrique à l'aide de plusieurs méthodes, nous avons modélisé deux solutions de systèmes possibles puis à partir d'une discussion de ces deux systèmes nous sommes sorties avec la solution la plus avantageuse, c'est-à-dire : **La solution 1** ou Le moteur est directement connecté à la roue motrice.

On a rédigé la chaîne de fonctionnement de notre VAE, la chaîne de communication de composants de ce dernier entre eux et enfin le schéma logique de sécurité qui servira d'antivol du vélo.

Toutes les pièces ont été dessinées en mode paramétré ce qui nous permettra des modifications selon la taille/ type du vélo utilisé ainsi que le type/ modèle de moteur choisis, de même pour la batterie qu'on pourra adapter à différents voltages (12v, 24v, 36v, 48v).

Conclusion générale

Notre but au début de notre projet était de transformer et de manière non invasive n'importe quelle vélo mécanique bon marché en vélo à assistance électrique (VAE) ; sans que ce dernier perde ses attributs primaires. Notre travail c'est focalisé sur deux objectifs ; le premier étant de modéliser une bicyclette à assistance électrique qui parviendrait à allier autonomie maximale et confort du cycliste et ceux pour un prix raisonnable, ce qui permettrait l'introduction de ce dernier sur le marché algérien dans le but de satisfaire une demande existante et à terme parvenir a créé un produit 100% Algérien.

Après avoir effectué une étude économico-financière des composants d'un vélo électrique disponibles sur le marché local, nous avons mis au point une stratégie simple et efficace, elle consiste à diviser le VAE en plusieurs ensembles (sous-systèmes) complémentaires, nous avons ensuite fait une étude individuelle de chaque un d'entre eux afin de déterminer les composants les plus efficaces et les plus intéressant financièrement parlant, à l'aide d'Auto Desk Inventor Pro 16, nous avons modélisé un vélo standard que nous avons ensuite adapté en vélo électrique de façon virtuelle afin de tester la rigidité des pièces de l'ensemble et afin de crée le support moteur le mieux adapté à un cadre de vélo ; il est à noter que chaque moteur requière la modélisation d'un support unique et qui est dépendant du mode de transmission désiré, celui que nous avons modélisé n'est qu'un exemple réalisé pour un moteur brushless que nous avons sous la main.

A la fin de notre étude nous somme parvenu à une solution qui allie l'utile à l'agréable, une large autonomie (4h voir 8h en assistance a 50%) avec des batteries fait sur mesure (dont le voltage dépend du moteur à utiliser), une bonne puissance moteur (250W), un bon confort pour le cycliste (centre de gravité bas contrairement à certains vélos du marché) et un bon niveau de sécurité ! (Antivol, protection contre chocs électrique, protection des batteries, vitesse limitée électroniquement...).

Références Bibliographiques

- [1] Wikipédia <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bicyclette>
- [2] Giovanni Sapere , <https://www.thepatent.news/2019/04/06/april-6-1818-in-paris-draisine-is-presented/> , 06 juillet 2019
- [3] <https://kenh14.vn/kham-pha/theo-dong-phat-trien-cua-chiec-xe-diec-20100918102144184.chn>
- [4] <https://fieldtrip.xyz/field-trips/bikes/timeline/>
- [5] http://www.cycleslaurent.com/fr/blog/30_1-histoire-du-velo-electrique-.html
- [6] http://www.cycleslaurent.com/fr/blog/30_1-histoire-du-velo-electrique-.html
- [7] <https://www.bing.com/images/search?view>
- [8] Bike Center , [Vélo à cardan : avantages et inconvénients \(bikecenter.fr\)](http://bikecenter.fr), Juin 19, 2018
- [9] Mathieu De Backer <https://www.gracq.org/actualites-du-velo/des-velos-sans-chaine>, 20/01/2010
- [10] https://www.amsterdamair.fr/blog/wp-content/mediafiles/2016/05/velo_cardan_interieur.jpg
- [11] <https://www.tonnycat.com/blog/tout-savoir-sur-les-courroies-de-transmission>
- [12] Jeanba , <https://jeanbavelo.fr/2014/12/gates-carbon-drive-la-transmission-par-courroie/> , 03/12/2014
- [13] Labicycle : <https://labicycle-leclub.fr/histoire-du-derailleur/>
- [14] [Histoire du dérailleur vélo : le tueur des roues réversibles - LABICYCLE \(labicycle-leclub.fr\)](http://labicycle-leclub.fr)
- [15] Fannie , <https://www.citycycle.com/60530-tout-savoir-transmission-velo/> , 8 juillet 2020
- [16] Cédric Attali, [Conseils pour l'entretien d'une cassette vélo \(citycycle.com\)](http://citycycle.com) , 4 mai 2014
- [17] Michaël Carminati, <https://www.lexpertvelo.com/fiche-pratique-materiel-velo-structure-derailleur-arriere-mecanique-velo-3-91.html>, 06/08/2013
- [18] <https://www.lecyclo.com/outils/dictionnaire-du-velo.html>
- [19] <https://www.lecylo.com/outils/tout-savoir-transmission-velo.html>
- [20] <https://doctibike.com/blog/comment-bien-choisir-son-velo-electrique-en-2021-les-conseils-dun-expert-en-batterie-de-vae->
- [21] Cyclable : <https://www.cyclable.com/quel-systeme-de-vitesses-est-le-plus-adapte-pour-un-velo-a-assistance-electrique/>
- [22] [Bafang BBS02, 750W mid-drive electric bike motor Kit REVIEW | ELECTRICBIKE.COM](http://ELECTRICBIKE.COM)

Annexe

A.1. Composants d'un vélo mécanique :



Figure A. 1. Éléments d'une bicyclette

Le cadre :

Le cadre se définit en tant que « squelette » de votre vélo. Il lie entre tous les autres composants principaux : la fourche, la roue avant, le guidon, le pédalier et la roue arrière. A ce titre, il est indispensable de pratiquer sur un vélo adapté à votre taille. Un cadre trop grand ou trop petit vous forcera à adopter une position très gênante sur la route et inconfortable.

Il est traditionnellement constitué de deux triangles :

A/ Le triangle avant ou on retrouve le tube supérieur, le tube de selle, le tube diagonal et le boîtier de pédalier.

B/ Le triangle arrière qui relie le pédalier et la selle vers la roue arrière grâce aux haubans. On y retrouve également les bases, les butées de gaine et les pattes de cadre.

Pour construire les cadres de vélo, les fabricants utilisent des matériaux qui sont généralement faits d'alliages ; un métal dans lequel d'autres éléments ont été intégrés.

A/ Des alliages d'acier

B/ Des alliages d'aluminium

C/ Des alliages de titane

D/ Les cadres en fibres de carbone

La rigidité de l'aluminium présente des avantages et des inconvénients. Celle-ci permet moins de flexion dans le cadre et donc moins de perte d'énergie. Cependant avec le temps, ce manque d'élasticité peut entraîner une dégradation plus rapide du cadre.

L'objectif, un cadre solide tout en restant le plus léger possible.

A/ Les cadres en acier :

Avantages : Confortable et souple et solide ; absorbe les aspérités et vibrations de la route. Grande durée de vie.

Inconvénients : Risque de rouille du cadre - à entretenir. Plus lourd que les autres matériaux. Plus long à travailler que l'aluminium.

Utilisation : Vélos de course, VTT, vélos haut de gamme

B/ Les cadres en aluminium :

Avantages : léger. Facile à travailler en usine. Moins sensible à la rouille. Plus rigide qu'avec l'acier donc moins de perte d'énergie.

Inconvénients : Métal avec une durée de vie moins longue que l'acier. Limite de la rigidité : avec le temps, le cadre s'abimera plus vite face aux chocs

Utilisation : Vélos de loisirs, VTC

C/ Les cadres en titane :

Avantages : Cadres plus légers qu'en acier et aluminium et ne rouillent pas Bon équilibre rigidité / souplesse

Inconvénients : Matériaux coûteux

Utilisation : Vélos de course, Triatlons, VTC

D/ Les cadres en fibres de carbone :

Avantages : Léger Résistant à la corrosion Matériau malléable Rigide et flexible à la fois

Inconvénients : Plus fragile, Coûts élevés

Bases :

Les bases relient l'axe de la roue à la boîte du pédalier. De longues bases donnent une plus grande stabilité au vélo tandis que des bases plus courtes accroissent la rigidité du cadre et facilitent le pivotement. La longueur des bases - en mm ou cm - correspond à la distance entre la roue arrière et l'axe du boîtier de pédalier.

Pédalier :

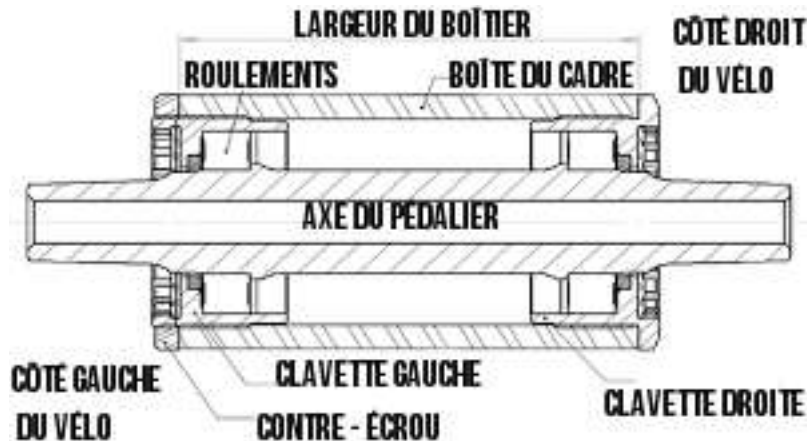


Figure A. 2. Boîtier de pédalier

Le pédalier est composé de deux manivelles, de pédales ainsi que deux à trois plateaux.

- Les plateaux sont fixés sur la manivelle de droite avec des vis.
- La manivelle est fixée sur l'axe du jeu de pédalier. Sauf dans le cas des pédaliers à roulement externe.
- L'axe est maintenu dans le boîtier du cadre via des cuvettes vissées.

Les haubans

Deux tubes situés à l'arrière du tube de selle. Ils rejoignent la base au niveau de la patte arrière. Les deux haubans servent à tenir la roue arrière mais aussi à fixer les freins ou les accessoires comme les porte-bagages ou encore des dynamos via des attaches pour dynamo.

Pattes de cadre



Figure A. 3. Différentes Pattes de cadre

Les pattes en aluminium permettent de relier le cadre et le dérailleur. Chaque cadre a une patte de dérailleur qui lui est propre. La patte de cadre traditionnelle en acier intègre la patte de dérailleur qui peut avoir différentes formes (voir ci-dessus).

Fourches

Rigide :

La fourche rigide est dotée d'un pivot - tube se plaçant dans le cadre via le tube de direction. Certaines fourches disposent d'extensions qui servent à fixer les freins.

Suspendue :

La suspension d'un vélo, utilisée pour amortir les irrégularités de la route ou des sentiers, se fait au niveau de l'avant du vélo. Des amortisseurs sont intégrés à la fourche qui possède un débattement de 80 à 100 mm On la retrouve le plus souvent dans les VTT.

Guidon

Le guidon est l'organe de direction du vélo. Il est formé par le cintre et la potence.

- Les guidons dits droits ou plats sont le plus souvent utilisés sur des VTT
- Les guidons recourbés forment une courbe vers l'arrière.
- Le vélo de route est en forme de M, bas avec un cintre recourbé vers l'avant
- Les guidons multi-positions : il y a les guidons dits "papillons" qui forment un 8 et les guidons dits "bullhorn" qui ressemblent à un cintre droit se terminant par des extensions en forme de corne de vache. Ils sont utilisés principalement pour les randonnées et les vélos en tandem.

Le tube de direction n'est pas vertical : le bas du tube est toujours dirigé vers l'avant. Si on prolonge de façon imaginaire l'axe du tube de direction jusqu'au sol, se forme alors un angle. Cet angle est donc défini par l'inclinaison que fait le tube par rapport à un axe horizontal et varie en général entre 70° et 74°. Un angle compris entre 70° et 72° convient mieux aux vélos de cyclotourisme ou pour de longs trajets tandis qu'un vélo de course présentera un angle plus grand qui déplacera le poids du cycliste vers l'avant.

La potence

L'axe reliant le haut de la fourche et le guidon du vélo

L'assise

Elle est constituée de la selle, sachant que le poids du cycliste repose sur le guidon, la selle et les pédales ; la répartition du poids diffère selon la position. (Très important pour le confort, notamment

en cas d'utilisation quotidienne ou sur de longues distance) et de la tige permettant de régler la selle en hauteur.

Groupe :

Un groupe comprend différents composants de la transmission et du freinage, ils intègrent d'autres éléments annexes qui viennent compléter ces deux ensembles.

Groupe de la transmission :

Sélecteur de vitesses, gaines et câbles de vitesses, cassette, dérailleurs avant et arrière, chaîne, roue libre, pédalier et jeu de pédalier

Comme nous l'avons vu précédemment il existe plusieurs types de transmission pour vélos. C'est le système de transmission qui transfère l'énergie libérée par les jambes vers la roue arrière.

Moyeu

Pièce en aluminium ou acier qui se situe au centre de la roue. Il permet de maintenir la roue sur le cadre ou sur la fourche. A l'arrière, il peut être fileté afin de visser une roue libre ou un corps de cassette (assemblage de 7 à 11 pignons).

Roues et pneus :

A/ Chambre à air

Tube courbé refermé sur lui-même fait de gomme et de divers matériaux plastiques/ caoutchouc qui encadre la jante et permet le contact entre le sol et les jantes.

B/ Tubeless

Avec le système Tubeless – donc sans chambre à air -, le pneu et la jante sont complémentaires. Il faut pour cela utiliser une jante spéciale hermétique qui ne laisse pas passer l'air au niveau de la valve et des trous pour les rayons.

Les pneus Tubeless présentent de nombreux avantages :

- Résistants contre les crevaisons
- Permet l'utilisation d'une pression basse pour le gonflage
- Un confort accru
- Une adhérence et des performances accrues
- Meilleure maîtrise du vélo
- Permet de rouler sur une certaine distance même en cas de crevaison.

•Jante

C'est le cercle sur lequel les écrous et les rayons se positionnent ; il permet de fixer le pneumatique sur la roue. Autrefois en bois puis en acier, la jante est désormais le plus souvent faite en aluminium. La jante est un élément très important du vélo car elle détermine le dimensionnement du vélo ; le comportement de la roue. Il en existe plusieurs sortes :

- A profil bas, plus réactive et légère - entre 18 et 24 mm
- A profil moyen - entre 25 et 30 mm
- A profil haut, plus aérodynamique et rigide - entre 43-45 et 55 mm

•Rayons

Fines tiges métalliques sous tension, les rayons sont assemblés sous la forme de deux nappes opposées l'une l'autre. Ils permettent de donner de la rigidité ainsi que de centrer la jante et de la relier au moyeu.

Jusqu'au début des années 80, le vélo comportait 72 rayons - 36 par roue. Depuis la tendance est à la diminution c'est à dire allant de 32 à 16 rayons. Plus on éloigne les rayons les uns des autres, plus il est nécessaire d'équiper son cycle d'une jante plus lourde et plus solide.

La meilleure répartition des rayons est d'en avoir plus sur la roue arrière que sur la roue avant car :

- La roue avant supporte moins de poids
- Elle n'est soumise à aucun effort de torsion

Les diamètres des rayons sont de 1.6 mm, 1.8 mm, 2.0 mm ou 2.3 mm

- Groupe du freinage : commandes de frein, gaine et câble de frein, freins avant et arrière

"Les vélos et bicyclettes doivent être munis d'au moins deux systèmes de freinage indépendants agissant chacun sur une roue différente" (Décret N°95-937 - Annexe II-4).

Voici certains composants que nous retrouverons dans les systèmes de freinage moderne :

•Patin de frein

Le patin du frein permet de ralentir le vélo grâce à son frottement sur la jante lorsque le câble de l'étrier de frein est comprimé.

•Porte-patin

Composants servant à maintenir les cartouches de patins de frein (la gomme). Les porte-patins se fixent sur les étriers des freins.

•Disque de frein

Les disques de frein font partie du système de freinage par disques d'un vélo. Le disque est fixé

sur le moyeu et les plaquettes de frein viennent serrer de chaque côté du disque pour que le freinage s'opère comme c'est le cas sur les voitures modernes.

Étrier de frein

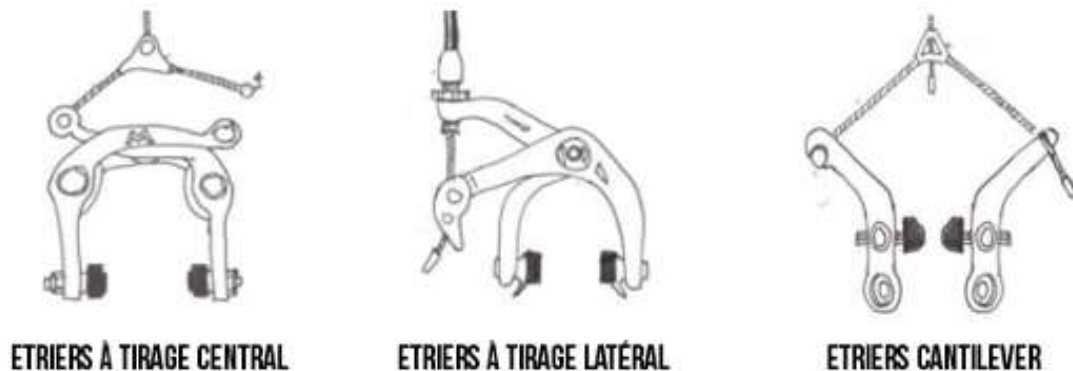


Figure A. 4. Types d'étrier de frein

Les étriers à tirage central sont fixés soit à l'avant grâce à un trou au-dessus de la fourche ou à l'arrière sur l'entretoise entre les haubans grâce à un boulon central. En rétractant les bouts supérieurs des mâchoires, les deux autres bouts qui portent les patins pincent la jante. Le cavalier est ce qui relie les deux mâchoires à l'aide d'un câble. Quand on actionne le levier de frein, on tire sur le cavalier, ce qui contracte les mâchoires.

Les étriers à tirage latéral ne nécessitent pas de cavalier contrairement à ses prédécesseurs. L'un des bras de l'étrier se retrouve au-dessus de l'autre et intègre la butée du câble. Ce dernier sort du premier bras pour se fixer à l'autre bras par pincement. Une fois le levier de frein actionné, les deux bras se serrent et les mâchoires se pressent contre la jante.

Le sélecteur de vitesse

Dynamo

Confère l'alimentation pour l'éclairage du vélo. Le type de dynamo usuelle sont la dynamo sur flanc du pneu, les dynamos bouteilles. Une roulette, en frottant le pneu tourne et génère ainsi de l'électricité. Certains vélos disposent d'une dynamo intégrée à l'intérieure du moyeu de la roue

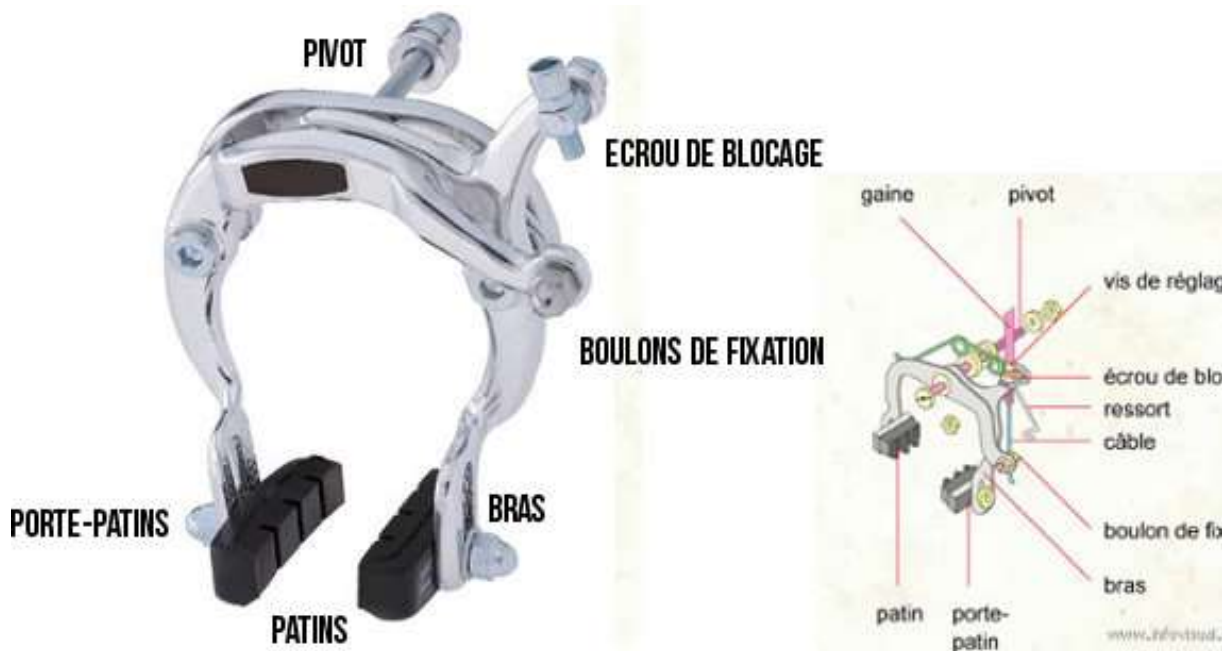


Figure A. 5. Frein à tirage latérale

avant. Elle permet d'alimenter en énergie un phare ou un feu arrière de vélo.

Moteur

Qu'elle que soit la forme du moteur, qu'il soit dans le moyeu de la roue, dans le pédalier ou externe, Un moteur électrique est une machine électromécanique capable de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique. Son fonctionnement est très simple : c'est est un système alimenté par électricité qui actionne les engrenages du plateau ou du pédalier entraînant ainsi la dynamique du vélo par une poussée de la roue, ou une traction de la chaîne. En effet, le moteur électrique contient un bobinage de fil électrique, un stator (la partie fixe du moteur) et un rotor (la partie mobile). L'alimentation du bobinage par un courant électrique induit un champ magnétique.

Les moteurs électriques sont tous réversibles : ils sont capables de produire du courant électrique si on les fait tourner par un moyen mécanique. Un moteur électrique à courant alternatif peut devenir un alternateur, et un moteur électrique à courant continu peut aussi bien être utilisé comme une dynamo (machine dynamoélectrique). C'est pourquoi les spécialistes préfèrent parler de machines électriques.

Après la découverte du lien entre l'électricité et le magnétisme en 1821 par le chimiste danois Hans Christian Ørsted, les physiciens britanniques Michael Faraday et Peter Barlow font dès l'année suivante la démonstration de dispositifs transformant un courant électrique en un mouvement, mais la « roue de Barlow » est juste capable de tourner, pas encore de produire une véritable force mécanique. En 1871, le physicien belge Zénobe Gramme présente à l'Académie des sciences de Paris la première génératrice industrielle de courant continu. En 1887, le physicien

serbe Nikola Tesla dépose le premier brevet du moteur électrique actuel, à courant alternatif

La plupart des moteurs électriques sont rotatifs, mais il existe aussi des moteurs linéaires

On prend en considération que la vitesse du moteur doit être variable afin de fournir au cycliste la meilleure expérience possible.

On se focalisera sur les moteurs à courants continue pour des raisons de dimensionnement, de budget et de mise en œuvre, en effet les variateurs de vitesses des moteurs à courant alternatif sont onéreux et ne présentent pas de réels avantages dans le cadre de notre projet.

Capteurs de proximité

Les capteurs de proximité ou « détecteurs de présence » autrefois mécaniques, sont aujourd'hui de plus en plus caractérisés par l'absence de liaison mécanique entre le dispositif de mesure et l'objet à mesurer (personne, animal, objet animé tel qu'un véhicule). L'interaction entre le capteur et la cible est alors réalisée par l'intermédiaire d'un récepteur associée à un système d'analyse de l'information, le plus souvent d'un champ (magnétique, électrique, électromagnétique) ou infrarouge, il existe plusieurs types de capteurs.

Capteurs inductifs : A l'approche d'une pièce métallique, celle-ci devient le siège de courants induits. Ce phénomène d'induction dissipe alors l'énergie du circuit oscillant. De ce fait, les oscillations diminuent et déclenchent la commutation du détecteur.

Capteur capacitif : La présence d'une pièce à proximité modifie la valeur de la capacité, et provoque une variation de la fréquence des oscillations du circuit.

Capteurs optiques (ou photoélectriques) : Ils détectent l'atténuation ou le blocage du faisceau lumineux de l'émetteur lorsqu'il passe devant un objet.

Capteurs à ultrasons Leur principe est à haute fréquence et basé sur l'émission et la réception d'ondes ultrasonores (environ 200 kHz). Le retour de l'onde permet de détecter la présence d'une pièce, et aussi de savoir à quelle distance elle se trouve (en déterminant le temps mis par l'onde pour faire un aller-retour).

Capteur magnétique : Cette technologie est basée sur le principe mécanique de la détection de champ magnétique. Ces capteurs comportent une lame (faite d'un mélange de métal et de verre), qui a la particularité de s'aimanter très rapidement en présence d'un aimant, et en son absence devient très vite paramagnétique.

Un capteur inductif ne détecte que les objets métalliques. Tous les objets quel que soit le matériau du capteur capacitif. Selon le capteur, les objets et la position, l'objet détecté doit être plus ou moins proche du capteur ou éclairé par une source de rayonnement (éventuellement non visible, par exemple en infrarouge).

Les capteurs de proximité sont utilisés soit en mode analogique, soit en mode binaire. Dans le premier cas, l'amplitude du signal est fonction de la position relative de l'objet cible ; Dans le second cas, le signal peut n'avoir que deux niveaux (haut et bas), selon que l'objet est présent ou non à proximité du capteur inductif.

Alternateur ou dynamo :

Le mot dynamo est l'abréviation de "machine dynamoélectrique". Une dynamo est une machine électrique à courant continu (ou soi-disant machine de village) qui fonctionne comme un générateur électrique. Les dynamos ont été utilisées pour produire de l'électricité dans les automobiles jusqu'aux années 1960. Depuis, un alternateur, dont le courant est redressé par un pont de diodes, le remplace.

La roue dynamo convertit l'énergie mécanique (énergie musculaire du pédalage) en énergie électrique en faisant tourner une bobine à l'intérieur du champ magnétique d'un aimant permanent ou d'un électroaimant, créant une tension induite dans ses fils. C'est le rouleau sur le côté du pneu qui entraîne la rotation du rotor. Le courant alternatif produit est couramment utilisé pour alimenter les feux de vélo. Un générateur de vélo électrique qui produit un courant alternatif tandis qu'une dynamo produit un courant continu est souvent appelée « dynamo » de manière péjorative.

Relais

La fonction principale d'un relais est souvent de séparer le circuit de commande du circuit d'alimentation à des fins d'isolation, comme la conduite d'une haute tension ou d'un courant à partir d'une commande basse, et dans certaines applications, également pour assurer la sécurité de l'opérateur.

Un relais est principalement composé d'un électroaimant qui, lorsqu'il est alimenté, force une palette qui agit mécaniquement sur le système de commutation électrique : les contacts.

Arduino Uno

Arduino est une marque de plate-forme de prototypage open-source qui permet aux utilisateurs de construire des objets électroniques interactifs à partir d'une carte électronique sans matériel, sur laquelle se trouve un microcontrôleur (pour les architectures Atmel AVR telles que l'Atmega328p, et les architectures ARM telles que le Cortex-M3). L'Arduino a été construit autour du projet de câblage d'Hernando Barragan, né dans la petite ville d'Ivréa, située dans le nord de l'Italie. L'un de ses fondateurs, Massimo Bunzi, baptisa cette petite carte "Arduino", du nom du "Bar di Re Arduino" où il se rendait régulièrement pour se désaltérer.

Arrivé sur le marché en 2005 en tant qu'appareil modeste pour les étudiants de l'Interaction Design Institute Ivrea, l'Arduino a inauguré une révolution dans le monde de l'électronique à l'échelle mondiale. Arduino est une plate-forme électronique basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser pour créer des projets électroniques. Ce matériel c'est ce qu'on appelle un microcontrôleur. Un microcontrôleur est un circuit intégré capable de recevoir de l'information, puis contrôler d'autres composants électroniques. Les microcontrôleurs peuvent être programmés pour analyser et produire des signaux électriques, pour effectuer un large éventail de tâches telles que la domotique (contrôle des appareils électroménagers – éclairage...), le fonctionnement des robots, l'informatique embarquée, etc. Le microcontrôleur est préprogrammé avec le chargeur de démarrage (Bootloader), un programmeur dédié n'est donc pas nécessaire.

L'Arduino se compose à la fois d'une carte de circuit imprimé physique et d'un logiciel (ou IDE) qui s'exécute sur un ordinateur et permet d'écrire du code sur la carte physique. Arduino utilise une interface de programmation simplifiée. Tout ce dont on a besoin est un ordinateur, un câble USB et un minimum de connaissances en programmation pour commencer à construire.

Avantages :

1. Arduino est dite « Open Source ». Cela signifie que nous pouvons récupérer le diagramme original, le modifier et l'utiliser pour créer des cartes et le vendre sans payer de droits d'auteur.

2. Le prix. Étant donné que ce système est gratuit et que nous ne donnons aucun droit sur son utilisation, les industries ont saisi l'opportunité de fabriquer diverses cartes. Peu de monde respecte le schéma officiel ainsi que les composants recommandés à l'origine, ce qui donne un prix aux alentours de 4000.00Da -5000.00Da pour l'UNO, le modèle le plus populaire de la marque. D'autres la produisent en utilisant des composants de moindre qualité, ce qui réduit considérablement le coût de la carte, jusqu'à 1500,00Da. Ils sont appelés clones. Au niveau de l'utilisation, les clones et les officiels sont très similaires il faut quelques manipulations techniques avec certains clones pour pouvoir les programmer, mais la principale différence se situe dans la qualité des cartes.

3. Une communauté très importante dans toutes sortes de projets. Ce qui facilite les échanges entre utilisateurs sur les multiples cartes. Il existe de nombreux forums et de nombreuses documentations en ligne pour pouvoir utiliser la carte et régler n'importe quel problème.

4. Simplicité. Le projet a été conçu pour que les débutants en électronique et en programmation puissent très rapidement concevoir des prototypes de tout ce qu'ils avaient en tête. Arduino utilise un langage de programmation similaire à C++ compilé avec AVR-G++, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, le C++ est un langage courant dans le monde informatique. Il a été conçu à l'origine pour que les étudiants apprennent la programmation et la conception de matériel. C'est un système conçu pour ceux qui avec peu ou pas de connaissances préalables en électronique, en quelques heures d'apprentissage, puissent concevoir leurs premiers prototypes.

5. Le multiplateforme. Pour programmer la carte Arduino, on doit la connecter à l'ordinateur et utiliser l'IDE Arduino, qui est le logiciel de programmation de toutes les cartes Arduino. L'IDE est multiplateforme disponible sur Windows, Mac OSX et Linux.

6. Les "Shield". Ce sont des cartes supplémentaires qui se connectent directement et facilement à une carte Arduino, par exemple, un GPS, une interface Ethernet ou WIFI, un écran LCD, un capteur, etc. Bien sûr, il est possible d'y ajouter des fonctionnalités grâce à des composants, qui ont l'avantage d'être moins coûteux mais beaucoup plus fastidieux à utiliser.

7. Il n'y a pas de limite aux projets de conception sur Arduino. Par exemple, de nombreuses imprimantes 3D fonctionnent avec Arduino. Nous pouvons exécuter pratiquement n'importe quel projet automatisé grâce à cette petite carte.

Une Arduino contient généralement :

Un microcontrôleur pour stocker le programme appelé « sketch » et l'exécuter

Un port USB pour interagir avec la carte grâce à l'ordinateur pour pouvoir charger le « sketch » dans le microcontrôleur appelé aussi le téléversement. Le port USB est également un moyen d'alimentation de la carte

Une alimentation 7-12v pour la mise sous tension de la carte si on ne veut pas passer par l'USB type B

Des broches délivrant une tension pour alimenter d'autres composants électroniques en 3.3v ou 5v

Des broches analogiques/numériques pour y connecter de multiples capteurs/composants (capteur de température, son, ultrason, luminosité, écran LCD, LED ou tactile)

La carte Arduino UNO est la plus populaire, la plus économique et la plus facile à apprendre. D'autres cartes telles que l'Arduino Mini, la Mini Pro, etc. remplissent la même fonction que la carte UNO. Il est basé sur l'ATMega328 cadencé à 16 MHz. Afin de mieux comprendre la carte Arduino UNO, nous allons étudier une liste de ses composants et leurs rôles dans le fonctionnement ultérieur :

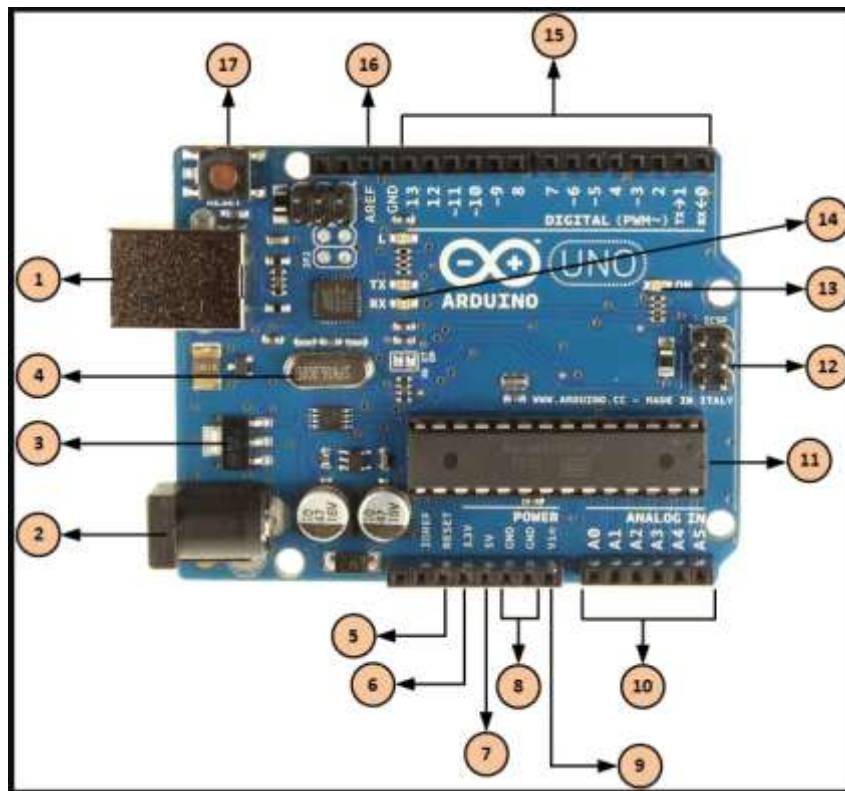


Figure A. 6. Composants de la carte Arduino UNO

Tableau A. 1. Composants de la carte Arduino UNO et leurs fonctions

BLDC (variateur de vitesses)

Au départ, des dispositifs mécaniques étaient utilisés pour modifier la vitesse des moteurs électriques. Aujourd'hui, on utilise dans la majorité des cas des variateurs de vitesse électriques (ex : des variateurs de fréquence). C'est un moyen fiable et efficace de modifier la vitesse du moteur. Il permet de contrôler la vitesse de rotation du moteur sans perte de puissance.

Avantages :

- diminution des pertes mécaniques présentes dans les variateurs mécaniques
- limitation voire suppression des surintensités lors du démarrage,
- adaptation précise de la vitesse et modification facile,
- allongement de la durée de vie des constituants mécaniques des systèmes (moins d'à-coups),
- limitation du bruit,
- économies d'énergie.

La vitesse de rotation du moteur synchrone étant proportionnelle à la tension d'alimentation de l'induit. Le réglage de la vitesse est indépendant de la charge. A chaque tension d'induit correspond une droite dont la pente ne dépend que de l'excitation. Sans perte de puissance, on peut piloter la vitesse de rotation du moteur en faisant varier la fréquence et la tension car la vitesse de rotation du champ tournant au niveau du stator change. A remarquer que le couple d'un moteur synchrone ne change pas en fonction de la vitesse puisqu'il n'y a pas de glissement.

Le variateur de vitesse électronique, ou ESC (pour 'Electronic Speed Controller') pour faire plus court, se trouve entre le moteur et la batterie et permet de contrôler la puissance que l'alimentation (la batterie) injecte au moteur et donc sa vitesse ce qui permet une vitesse proportionnelle complète. Depuis la venue de la technologie des semi-conducteurs, la variation de vitesse électronique des moteurs électriques a pris le dessus sur les anciens systèmes tels que les groupes Ward-Léonard (moteurs à courant continu à excitation indépendante).

Les variateurs de vitesses sont des systèmes qui convertissent les caractéristiques d'une

Cotation	Fonction
01	Alimentation à travers un câble USB type B relié à un ordinateur.
02	Alimentation via connecteur Jack DC Diamètre interne 2.1mm, externe 5.5mm Ce connecteur est relié au régulateur de tension qui est intégré à la carte. L'alimentation via ce connecteur doit être comprise entre 5 et 12 V.
03	Le régulateur de tension, sa fonction est de contrôler la tension d'alimentation de l'Arduino afin de la stabiliser à la bonne tension du microcontrôleur et de chaque élément de la carte. La tension de stabilisation est de 5 Volts sur les cartes UNO.
04	Oscillateur à quartz, élément électronique qui a la particularité de posséder un quartz à l'intérieur qui vibre sous l'effet piézoélectrique. Cet élément aide l'Arduino UNO à calculer les données de temps. Sur le dessus du composant, on peut lire 16.000H9H. Cela signifie que la fréquence est de 16,000,000 Hertz, soit 16 MHz.
05 17	"Reset". A pour effet de redémarrer le programme depuis le début. On peut redémarrer l'Arduino UNO de deux manières : soit en utilisant le bouton "Reset" (17), soit en connectant un bouton externe sur la broche de la carte Arduino mentionnée "RESET" (5)
06 07 08 09	Broches (3.3, 5, GND, Vin) <ul style="list-style-type: none"> • 3.3V (6) – Broche d'alimentation de tension 3.3 Volts • 5V (7) – Broche d'alimentation de tension 5 Volts • GND (8) (Ground / Masse) – Il y a plusieurs broches de ce type présentes sur la carte Arduino, elles sont toutes communes et peuvent être utilisées comme masse (potentiel 0 Volts). • Vin (9) – Cette broche permet d'alimenter l'Arduino depuis une source de tension extérieure. Elle est reliée au circuit d'alimentation principale de la carte Arduino
10	Entrées/Sorties analogiques numérotée de A0 jusqu'à A5 (5 broches). Elles permettent de lire un signal analogique ; états logiques HAUT et BAS qui correspondent respectivement aux tensions de 5V et 0V ou peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné ; par exemple, la grandeur analogique pourra varier aisément de 0 à 5V en passant par 1.45V, 2V, 4.99V, etc. Généré par un capteur comme un capteur d'humidité ou de température. Un convertisseur analogique/numérique (convertisseur CAN) permet la lecture du signal par le microcontrôleur.
11	Microcontrôleur principal
12	Connecteur ICSP (In-Circuit Serial Programming) est une connectique AVR comprenant les broches MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC et GND. Il s'agit d'un connecteur de programmation. Ce connecteur permet entre autres de programmer directement le microcontrôleur sur ses couches les plus basses (bootloader, code ASM...). C'est aussi un port appelé port SPI (Serial Peripheral Interface)
13	Indicateur LED d'alimentation
14	LEDs TX et RX (13) ; TX (émission) et RX (réception). Ils n'apparaissent qu'à deux endroits sur la carte. Tout d'abord, sur les broches numériques 0 et 1, pour indiquer les broches responsables de la communication série. Deuxièmement, e voyant TX clignote à une vitesse variable lors de l'envoi des données série. La vitesse de transmission s'exprime en bauds, soit l'équivalent du bits/seconde si le signal est binaire



15	Entrées/Sorties numériques (14 broches) dont 6 peuvent fournir une sortie PWM (Pulse Width Modulation). Ces broches peuvent être configurées afin de fonctionner comme des broches d'entrée pour lire des valeurs logiques (0 ou 1) ou numériques. Elles peuvent également être utilisées comme des broches de sortie pour piloter différents modules comme des LEDs, des relais, etc. Les broches étiquetées “~” peuvent être utilisées pour générer des PWM.
16	Broche AREF, utilisée pour définir une tension de référence externe.

Alimentation en fonction d'une consigne donnée. Ils ont plusieurs fonctions parmi lesquelles :

- Le démarrage : le moteur passe de la vitesse nulle jusqu'à sa vitesse établie en un temps
Prédéfini et en évitant les pointes d'intensité.
- La variation de vitesse : modification de la fréquence de rotation du moteur par accélération ou décélération en un temps donné.
- La régulation : la fréquence de rotation du moteur est maintenue constante quelles que soient les fluctuations de la charge (dans certaines limites).
- Le freinage : le moteur passe d'une vitesse établie à une vitesse inférieure (ralentissement) ou à la vitesse nulle (arrêt) avec maintien en position possible.
- L'inversion du sens de rotation : permet de faire fonctionner le moteur dans les deux sens de rotation
- La récupération d'énergie : permet lors d'un ralentissement ou d'un freinage des systèmes de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans ce cas, le moteur fonctionne en génératrice et l'énergie récupérée peut être soit dissipée dans des résistances, soit utilisée pour recharger des batteries ou encore réinjectée dans le réseau.

Globalement, la vitesse maximale d'un moteur brushless est liée à sa tension d'alimentation, ou du rapport cyclique dans le cas d'une commande en PWM, par un coefficient appelé Kv. La valeur de ce coefficient dépend de la construction du moteur (nombre de bobines, de pôles, d'encoches, type de fil pour les bobines, ...). Contrairement à un moteur synchrone triphasé ou on ajuste la fréquence pour obtenir la vitesse souhaitée, ici c'est la vitesse du moteur brushless qui va indiquer au contrôleur à quelle fréquence il doit assurer la commutation.

Pour réguler la vitesse d'un moteur brushless il faut donc faire varier la tension d'alimentation de chaque bobinage, tout en maintenant une fréquence de commutation adaptée à la fréquence de rotation mesurée du moteur. En pratique, les contrôleurs de moteurs brushless les plus performants peuvent intégrer les deux fonctions : commutation des bobines en fonction des données des capteurs à effet hall, et régulation de la vitesse en PWM sur l'alimentation de chaque bobine. Le variateur de vitesse va recréer en sortie :

- Une tension triphasée variable en fréquence et en amplitude pour les moteurs à courant alternatif.
- Une tension continue variable en amplitude pour les moteurs à courant continu

Son rôle consiste à découper une tension continue en signaux rectangulaires de largeurs différentes pour obtenir un signal quasi sinusoïdal en activant un MOSFET approprié pour créer

un champ magnétique rotatif. Cette méthode permet de régler l'amplitude et la fréquence du signal d'alimentation du moteur tout en limitant les parasites néfastes au bon fonctionnement du moteur.

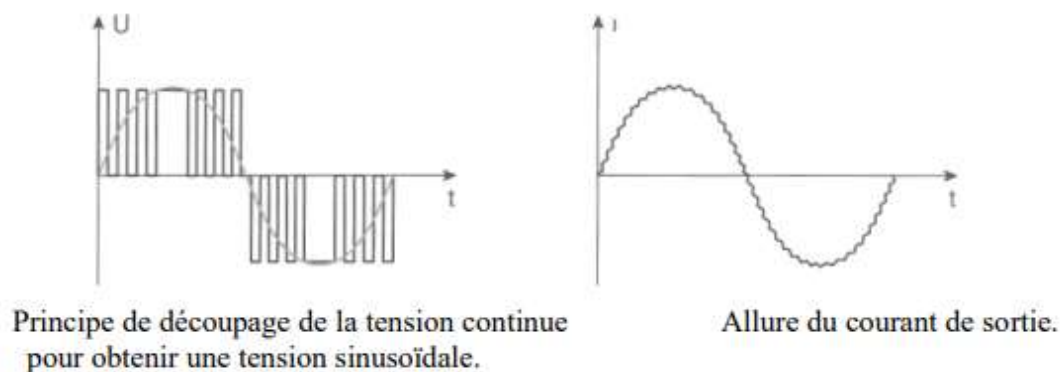


Figure A. 7. Illustration du signal de sortie d'un variateur de vitesse

Le courant nominal est un point important à prendre en compte. En effet, il est directement en relation avec les moteurs que nous allons utiliser. Prenons comme exemple un moteur débitant 35 ampères de courant au maximum. L'ESC raccordé à ce moteur devra donc être capable de fournir les 35 ampères demandés sous peine d'être endommagé, voir dans certains cas de prendre feu !

Il est à mettre en lumière que les 35 ampères demandés par le moteur sont dans le cas où la manette est poussée à 100%, c'est la notion de courant en pointe. Il s'agit d'une intensité supérieure à l'intensité nominale qui sera tolérée par l'ESC pendant une courte période. On retrouve souvent cette valeur dans les descriptions avec le terme « burst ». Ce paramètre est exprimé en ampères et en temps, par exemple « 35a (10sec) » soit 35 ampères tolérés sur une durée maximum de 10 secondes.

Fort de ces connaissances, notre choix d'ESC se basera sur deux paramètres :

Choisir un ESC dont le courant nominal est égal au courant maximum du moteur choisi

Choisir un ESC qui possède un courant en pointe égal ou supérieur au courant maximum du moteur

Un ESC ou un contrôleur de vitesse électronique contrôle le mouvement ou la vitesse du moteur sans balai en activant un MOSFET pour créer un champ magnétique rotatif afin que le moteur continue de tourner. Plus la fréquence est élevée plus la vitesse du moteur est élevée.

Batteries

Une batterie d'accumulateurs, ou plus communément une batterie, est un ensemble d'accumulateurs électriques qui sont connectés ensemble pour former un générateur électrique de la tension et de la capacité souhaitées. Ces accumulateurs sont parfois appelés cellules de batterie

ou piles. La batterie d'accumulateurs permet de stocker de l'énergie électrique sous forme chimique et de la restituer sous forme de courant continu de manière contrôlée.

Figure A. 8. Types de batteries disponibles

Composition de la batterie	Avantages	Inconvénients
Plomb-acide (scellé)	<ul style="list-style-type: none"> -Peu coûteux, simple à fabriquer -Une technologie mature, fiable et connue -Taux d'autodécharge dans les plus faibles des batteries rechargeables -Capable de taux de décharge élevés. 	<ul style="list-style-type: none"> -Ne doit pas être stocker dans un état déchargé -Faible rapport poids/densité énergétique -Non respectueux de l'environnement
Lithium-Ion	<ul style="list-style-type: none"> -Rapport densité d'énergie/poids le plus élevé -N'a pas d'effet mémoire -Atteint un meilleur rapport coût-performance pour les batteries en série (multiple cellules) -Est sans doute meilleur pour l'environnement, du point de vue des matières premières -Li-ion-Cobalt est la technologie Li-ion la plus développée, avec des options de forme flexibles 	<ul style="list-style-type: none"> -Nécessitent un circuit de protection pour éviter la surchauffe -Peut facilement être endommagé par une surcharge ou décharge importante
NiCD	<ul style="list-style-type: none"> -Charge simple et rapide -Nombre élevé de cycles de charge et de décharge, s'il est correctement entretenu -Longue durée de vie dans n'importe quel état de charge -Une des batteries rechargeables les plus robustes -Prix économique : la moins chère en termes de coût par cycle -Disponible dans une large gamme de tailles et d'options de performances 	<ul style="list-style-type: none"> -Densité d'énergie relativement faible par rapport aux systèmes plus récents -Doit être sollicité périodiquement pour empêcher la mémoire -Non respectueux de l'environnement : contient des métaux -Certains pays limitent son utilisation -A une autodécharge relativement élevée

NiMH	<ul style="list-style-type: none"> -Capacité supérieure de 30 à 40 % par rapport au NiCD standard -Potentiel d'énergie plus élevé -Moins sensible à la mémoire que le NiCD. -Respectueux de l'environnement : ne contient que des toxines ; rentable pour le recyclage -Génère plus de chaleur pendant la charge et nécessite un temps de charge plus long que le NiCD -Environ 20 % plus cher que le NiCD 	<ul style="list-style-type: none"> -Durée de vie limitée ; décharge peu profonde plutôt que complète, cycles préférés -Les décharges répétées allié à des courants de charge élevés réduisent la durée de vie de la batterie -Autodécharge élevée -Les performances se dégradent si elles sont stockées à des niveaux élevés de températures - Nécessite une décharge complète régulière pour empêcher la formation de cristaux

De par les avantages et inconvénients citées ci-dessus, notre choix se portera sur le type de batterie Lithium-ion

Le prix Nobel de chimie 2019 a été décerné aux innovateurs de la batterie lithium-ion, qui a été commercialisée pour la première fois par Sony Energitech en 1991, les batteries lithium-ion occupant désormais une position dominante sur le marché de l'électronique portable. Les performances de cette batterie et sa grande capacité lui valent de plus en plus d'être utilisée avec des appareils électroniques high-tech et du quotidien tels que téléphones portables, tablettes, ordinateurs portables, cigarettes électroniques.

Une batterie lithium-ion, ou accumulateur lithium-ion, est un type d'accumulateur au lithium.

Les réactions électrochimiques qui permettent le fonctionnement d'un accumulateur forcent le transfert des ions lithium d'une électrode à l'autre.

Son principal avantage est une énergie spécifique élevée (100 à 265 Wh/kg, puissance spécifique 300 à 1500 W/kg). Ces accumulateurs sont donc largement utilisés dans le domaine des systèmes embarqués.) ainsi que l'absence de d'effet mémoire, l'auto-décharge est relativement faibles par rapport aux autres accumulateurs, ils ne nécessitent aucun entretien, peuvent permettre une meilleure protection que les batteries purement lithium, mais ils nécessitent tout de même un circuit pour protéger et gérer la charge et la décharge qu'il se produit.

Inconvénients : Nature des cycles de décharge ; Ces batteries conservent mieux leur capacité

lorsqu'elles sont rechargées d'un état de décharge partielle à lorsqu'elles passent par un cycle complet de décharge/recharge, la décharge profonde (< 2,5 V par élément ou < 5 % de la capacité totale) est destructrice et peut modifier irrémédiablement l'endurance de ces batteries, les courants de charge et de décharge admissibles sont faibles par rapport aux autres technologies. Comme pour tout accumulateur, ne jamais court-circuiter l'accumulateur, inverser la polarité, surcharger ou percer le boîtier. Afin d'éviter tout problème, ces batteries doivent toujours être équipées d'un circuit de protection, d'un circuit de régulation (en anglais le BMS de Battery Management System signifiant « gestion de la batterie »), d'un fusible thermique. Attention cependant, les batteries lithium-ion ne tolèrent pas la surcharge car elles comportent des risques d'explosion. Il en va de même pour les chocs ou les perforations extrêmement violents qui peuvent provoquer un incendie immédiat dans la batterie. C'est la raison pour laquelle la gestion électronique est essentielle pour éviter la survenance de ce type d'incident. Ils doivent être chargés en respectant des paramètres très précis et ne doivent jamais être déchargés en dessous de 2,5 V par élément.

L'accumulateur est souvent câblé en série pour obtenir la tension de batterie souhaitée.

Pour augmenter le courant disponible, il est également possible d'utiliser une combinaison parallèle de cellules. La caractéristique de la batterie d'accumulateurs est donc d'augmenter la tension et/ou le courant pour s'adapter aux caractéristiques d'une alimentation donnée.

La combinaison des deux techniques peut être créée en combinant plusieurs éléments :

Plusieurs blocs de cellules en série, en parallèle (technique déconseillée pour un assemblage en un seul pack)

Blocs de cellules multiples en parallèle en série (préféré)

Pour simplifier la description du montage des batteries d'accumulateurs, une notation commune est utilisée pour spécifier le couplage :

Six cellules en série : notée « 6S »

Deux cellules en parallèle : notée « 2P »

Deux blocs en parallèle de six cellules en série : notée « 2P6S »

Quand une batterie lithium-polymère est composée de plusieurs cellules (cas fréquent), et il est recommandé de ne pas avoir un écart de tension entre les cellules qui dépasse 0,5 V.

L'autonomie en kilomètres d'une batterie est égale à sa capacité en Wh divisée par sa consommation en Wh par kilomètre. Les fabricants n'indiquent pas toujours la capacité de la batterie en Wh, mais c'est facile à compter. Par exemple, une batterie 36V 10Ah a une capacité de $36V \times 10Ah = 360Wh$.

Pour faire le calcul théorique de l'autonomie nous retenons les hypothèses suivantes :

- Avec une consommation moteur de 250 watts par heure, le vélo roule à 25 km/h,
- L'alimentation du moteur est coupée par le contrôleur lorsque la batterie est vide à 80% (la batterie lithium-ion n'est pas complètement déchargée pour ne pas l'endommager),
- Moteur fonctionne en alternance (assistance 50%)
- Le vélo est utilisé sur des trajets sans escale.

Sur la base de ces hypothèses, nous obtenons les résultats suivants :

Pour une batterie de 360 Wh se déchargeant jusqu'à 80%, la capacité utile est de 288Wh.

Si le moteur consomme 250 watts on a $288 Wh / 250 W = 1h 15mn$ de fonctionnement continu du moteur soit $2h 30mn$ de fonctionnement théorique (assistance 50%) ; fonctionnement à une vitesse de 25 km/h me couvre un peu plus de 60 km.

Conclusion : Une batterie d'une capacité de 360Wh nous donne une autonomie moyenne théorique de 60 km. En pratique, il existe de multiples facteurs qui vont influencer ces résultats ; la charge du vélo ou l'assistance utilisée ou par exemple :

Pour un cycliste sportif ces données peuvent être multipliées par 2.2

Pour un cycliste pas sportif, chargé et circulant en ville ces données peuvent être divisées par 3

Module de charge

La recharge des batteries est une opération primordiale pour que les batteries conservent leurs caractéristiques initiales. On peut évaluer dans certains cas le niveau de charge d'une batterie saine en mesurant sa tension à vide (sans charge). Dans le cas de techniques plus récentes, comme le NiMH ou le Lithium, des méthodes plus élaborées sont nécessaires afin de vérifier le niveau de charge, ce qui nécessite l'utilisation de chargeurs adaptés. Pour ces techniques, les chargeurs évaluent le taux de charge en surveillant l'évolution de la tension de charge et en prenant

en compte le courant de charge et le temps

Pour une batterie lithium-polymère, chaque cellule a une tension nominale de 3,7 V :
Une cellule bien chargée a une tension supérieure à 4,1 V ;
Une cellule à 3 V doit être rechargée ;
Une cellule sous 2,7 V est totalement déchargée ou en mauvais état et n'est souvent plus rechargeable.

La durée de charge peut être approximativement calculée en fonction du courant de charge et de la capacité de la batterie : pour une batterie neuve totalement déchargée : capacité (Ah) = courant de charge (A) x temps de charge (h).

Les batteries de type lithium-ion (appelées également li-ion) peuvent être rechargées un grand nombre de fois (en général entre 1000 et 1200 cycles). Un cycle de charge correspond à l'utilisation de l'intégralité de l'énergie de la batterie, mais pas forcément sous la forme d'une charge unique. Pour faire durer les batteries, la plupart des constructeurs limitent leur utilisation sur une plage de 25-85% de leur capacité. Généralement, sauf exception, on ne la charge donc pas au-dessus de 85%, et le vélo s'arrête quand il reste 25% de capacité

On va se focaliser sur les accus lithium ion 18650. On les reconnaît facilement à leur forme cylindrique, qui ressemble à peu de choses près à une pile type AA. La plupart du temps ont comme caractéristiques : une tension nominale de 3,6 ou 3,7 volts, et une tension max de 4,2v.

Un cycle de charge se déroule toujours en 3 étapes :

- Étape 1 : charge à courant constant. En pratique, par exemple une tension de 4,2 volts est appliquée avec une limite de courant de 0,3C. Il en résulte une tension "basse" initialement aux bornes de la batterie, qui va progressivement augmenter jusqu'à atteindre 4,2 volts. Cette charge à courant constant est souvent appelée "bulk", ou en anglais "CC" (pour "constant current"). Il s'agit d'une phase de charge "rapide", où la batterie est chargée à environ 80%.
- Étape 2 : charge à tension constante. Nous continuons d'alimenter la batterie en 4,2 volts, en laissant maintenant le courant "descendre" tout seul jusqu'à ce qu'il descende en dessous d'un certain seuil (par exemple 0,025C). Cette charge à tension constante est souvent appelée « absorption », ou en anglais « CV » (pour « constant voltage »). Ceci est accompli par une charge "lente", où les 20% restants de la batterie sont chargés.
- Étape 3 : Nous arrêtons de charger la batterie, sans lui fournir de courant (sinon, la batterie continuera à se charger, malgré le fait qu'elle soit déjà "pleine", ce qui finira par l'endommager)

Un système de contrôle d'accumulateur (Battery Management System ou BMS en anglais, ou Système de gestion des batteries) est alors un élément électronique indispensable sur tous les packs de batteries. Comme son nom l'indique il s'occupe de la gestion de l'alimentation de chaque cellule en prenant en compte de multiples paramètres afin d'assurer une sécurité d'utilisation et

une durée de vie optimal des différentes cellules qui compose le pack :

- Tension : totale ou individuelle des cellules ;
- Température moyenne
- Le courant de charge maximum (CCA pour Cold Cranking Amps) ;
- Le courant de décharge maximum (DCL)
- Etat de charge : (SOC pour State Of Charge) ou la profondeur de décharge (DOD pour Depth Of Discharge) ce qui fournit le niveau de charge de la batterie ;
- Etat de santé (SOH pour State Of Health) : mesure de l'état général de la batterie ;
- Courant : dans ou hors batterie

Le BMS permet aussi de recharger la batterie en redirigeant l'énergie récupérée vers le pack.

Un BMS protège aussi la batterie en l'empêchant de fonctionner en dehors de la plage de fonctionnement typique : surintensité ; surtension (lors du chargement) ; sous-tension (lors de la décharge), particulièrement important pour le plomb-acide et cellules Li-ion ; surchauffe ; sous-température ; surpression (Batteries NiMH),

Le BMS empêche la batterie de fonctionner en dehors de sa plage de fonctionnement typique, grâce à un interrupteur interne ; des dispositifs externes à la batterie qui permettent de réduire ou de mettre fin à son utilisation ; un contrôle de l'environnement, par des radiateurs, des ventilateurs, des climatiseurs ou des réfrigérants liquides.

Ecran LCD

LCD signifie « affichage à cristaux liquides », qui se traduit en français par « Liquid Crystal Display » composé de cristaux liquides désordonnés entre deux couches de polariseurs orientés verticalement. En leur appliquant un champ électromagnétique (lumière), Ils peuvent s'orienter également. C'est là que le rétroéclairage entre en jeu. Les écrans LCD se présentent également sous des formes plus complexes comme la plupart des écrans d'ordinateur ainsi que des téléviseurs à écran plat. Cette technologie est bien maîtrisée et donc le coût de production est assez faible. Dans les années à venir, ils seront remplacés par des écrans à LED qui sont actuellement très chers.

Les affichages sont disponibles en plusieurs tailles, Pour les afficheurs de type textes. On retrouve généralement le format 2 lignes par 16 colonnes. Cependant, il y en a beaucoup d'autres avec une ligne, ou 4 (ou plus) et 8 colonnes, ou 16, ou 20, ou même plus.

Connecter l'écran LCD Arduino sans I²C :

Le module de rétroéclairage intégré est activé en appliquant une alimentation aux broches (Vcc et Gnd). Par exemple, un écran Lcd16x2 (pouvant afficher 16 caractères sur 2 lignes) sans module I²C est connecté à 16 broches du microcontrôleur car les données sont transmises en parallèle

Par la liaison I²C :

Tout comme il existe un pilote vidéo pour la carte graphique de votre ordinateur, il existe un pilote "LCD" pour l'affichage ; le I²C, un composant qui permet la communication série avec l'écran. Ce composant va se charger de la conversion entre les données envoyées sur le canal série et les données à afficher à l'écran, ce composant n'utilise que 2 pins et nécessite l'utilisation de deux pins analogiques Arduino (broches 4 et 5), En effet il facilite la connexion de l'écran et réduit de 16 à 4 le nombre de connexions entre la carte Arduino et cette dernière (Vcc, Gnd, Sda et Scl). Le protocole I²C implique l'utilisation de deux lignes pour envoyer et recevoir des données : une broche d'horloge série (SCL) sur laquelle la carte mère Arduino émet des impulsions à intervalles réguliers, et une broche de données série (SDA) sur laquelle les données sont transférées entre deux appareils.

CAPTEUR DE PÉDALIER, GÂCHETTE ET POIGNÉE TOURNANTE

- Le capteur de pédale permet uniquement d'activer le moteur pendant le pédalage. Il se compose d'un disque d'aimants et d'une sonde qui sera montée sur le pédalier. Les 2 moitiés du disque magnétique se fixent autour du pédalier sans démontage. Il se ferme par un anneau en métal. La sonde est fixée au châssis avec 2 pinces en plastique. La sonde doit être placée à une distance maximale de 1 cm de l'aimant.



Figure A. 9. Composants du capteur pédalier

L'accélérateur au guidon est un potentiomètre qui permet de mesurer l'accélération et la puissance, il en existe deux types :

-La gâchette permet d'actionner le moteur avec une pression du pouce. Plus vous le poussez, plus le moteur fournira de puissance. C'est un levier au pouce qui permet d'enclencher le moteur électrique du vélo d'une simple pression. Ensuite, nous pouvons ajuster progressivement l'accélération. Cet appareil se fixe directement sur le guidon droit ou gauche. Il est préféré pour les vélos dont les vitesses sont activées à l'aide d'une poignée tournante.



Figure A. 10. Gâchette et Poignée tournante respectivement

Contrairement au capteur de pédale, où vous devez pédaler pour l'assistance, la gâchette vous permet d'assister uniquement lorsque cela est nécessaire. Ainsi, en pédalant en descente ou sur le plat, on n'a pas besoin de déclencher l'assistance, d'où un net gain d'autonomie.

Il est possible de connecter le capteur de pédale à l'accélérateur en même temps. L'accélérateur (gâchette ou poignée) est utilisé dans les phases de démarrage jusqu'à 6 km/h, au-delà le capteur pédale permet de gérer l'assistance ultérieurement.

Malgré tous les capteurs qui pourront être greffés sur un moteur pédalier rien ne rivalise avec une gestion de la puissance en temps réel ; progressive et bien plus efficace en termes d'optimisation sur la consommation

Comme mentionné au début, les deux systèmes ont le même principe de fonctionnement qu'un potentiomètre ; Type de résistance variable composée de trois bornes, dont l'une est connectée à un curseur qui se déplace sur une piste de résistance terminée par les deux autres bornes. Ce système permet de prélever une tension, entre la borne reliée au curseur et l'une des deux autres bornes, qui dépend de la position du curseur et de la tension à la quel la résistance est soumise. Les valeurs du potentiomètre sont envoyées au contrôleur de vitesse ou à une Arduino sous forme de signal analogique.

Systeme RFID

La RFID ou identification par radiofréquence est un moyen de stocker et de récupérer des données à distance. Le système est activé par le transfert d'énergie électromagnétique entre une étiquette radio et un émetteur RFID. L'étiquette radio composée d'une puce électronique et d'une antenne reçoit le signal radio émis par le lecteur, qui est également équipé de la technologie RFID. Les composants peuvent à la fois lire et répondre aux signaux. Les informations collectées sont ensuite traitées via le logiciel et sa base de données.

La RFID passive (tags ou étiquettes) fonctionne en lecture seule car la puce n'a pas de batterie et doit être transportée jusqu'au lecteur pour être lue. Il est alors envoyé un puissant signal électromagnétique, qui active la puce RFID et lit les informations qu'elle contient.

La RFID active, quant à elle, fonctionne avec une source d'alimentation telle qu'une petite cellule ou une batterie, ce qui permet de lire la carte à une plus grande distance. Cette technologie est principalement utilisée pour la traçabilité des personnes, des véhicules ou la traçabilité logistique.

La RFID semi-passive, comme la RFID active, est alimentée par une source d'énergie. Cependant, la batterie alimente la puce RFID à intervalles réguliers. Il n'envoie pas de signal. Cette technologie est utile pour la traçabilité des aliments, notamment pour enregistrer les changements de température pendant le transport.

NFC signifie Near-Field Communication (communication en champ proche). Le NFC est également basé sur le protocole RFID. La principale différence avec la RFID est qu'un périphérique NFC peut non seulement faire office de lecteur, mais également de tag (mode d'émulation de carte). En mode "peer-to-peer", il est également possible de transférer des informations entre deux appareils NFC.

La différence entre NFC et RFID est que le signal RFID est plus sécurisé car il a une portée beaucoup plus courte (10 cm). Le NFC fonctionne par induction magnétique. La vitesse de communication varie entre 106 et 848 kbps/s et à une fréquence de 13,56 MHz. Cartes bancaires, passeports électroniques, badges d'accès, de nombreux objets du quotidien reposent désormais sur la RFID