



Lycée de la Côtère La Boisse  
(Ain) Académie de Lyon

2016-2017

# Dérailleur automatique de vélo



**B** cycle

Partenaire du projet, 01 Meximieux

BURDET Lucien, KRITIKOS Jérémy, MARINELLI Giovanni, PELLISSIER Thomas Term SSI

Professeurs encadrant : M. Mazure, Mme. Moreno

# Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>p2</b>
<b>2. Analyse fonctionnelle.....</b>	<b>p7</b>
2.1. Diagramme des interactions.....	p7
2.2. Architecture du système.....	p8
2.3. Cahier des charges.....	p9
<b>3. Démarche du projet.....</b>	<b>p10</b>
3.1. Passer les vitesses en tirant ou en relâchant le câble du dérailleur.....	p10
3.2. Mesures des distances de déplacement du câble pour les différents rapports de transmission.....	p11
3.3. Mesure des efforts de traction sur le câble.....	p12
3.4. Choix de l'actionneur : vérin électrique.....	p13
3.5. Détermination des consignes de positions à appliquer à l'actionneur et programmation.....	p13
3.6. Acquisition de la fréquence de pédalage du cycliste et de la vitesse du vélo.....	p15
3.7. Détermination la loi de commande du vérin en fonction de la fréquence de pédalage et la vitesse du vélo.....	p17
3.8. Adaptation d'une interface de dialogue par téléphone portable Android.....	p18
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>p19</b>
4.1. Améliorations.....	p19
4.2. Applications de notre projet.....	p19

# 1. Introduction :

Lors de notre année de première, alors que nous cherchions un sujet pour les travaux personnels encadrés nous avons trouvé un thème d'intérêt commun dans le groupe : le vélo.

Certains d'entre nous pratiquent en effet ce sport comme amateur, mais nous avons aussi remarqué en plus que ce sujet présente un enjeu sociétal fort puisque de nombreuses villes souhaitent inciter le plus grand nombre à utiliser le vélo pour des déplacements urbains afin de limiter la pollution.

Pour inciter le plus grand nombre à développer sa pratique du vélo dans le cadre urbain, nous avons pensé qu'il était important de limiter les efforts demandés aux utilisateurs et c'est ainsi que nous avons pensé à créer :

## **Un dispositif d'assistance au passage de vitesses sur un vélo.**

Ce dispositif qui a un intérêt pour la pratique du vélo comme moyen de transport peu également présenter un intérêt pour la pratique sportive.

En effet le dispositif permet changer de rapport de transmission automatiquement par acquisition de la cadence de pédalage. Cette cadence de pédalage peut être librement choisie par l'utilisateur, cela peut être une aide précieuse pour un sportif soucieux d'améliorer sa performance.

Notre travail a abouti à la mise au point d'un prototype que nous avons présenté lors des TPE.

Nous avons cependant remarqué que ce prototype présentait des défauts. Nous avons donc poursuivi notre travail en classe de terminale dans le cadre des projets pluridisciplinaires pour aboutir au prototype présenté ci-dessous.

# PROBLEMATIQUE

## Comment permettre au cycliste de pédaler à une fréquence constante dans le but de conserver un effort transmis constant?

L'apprentissage du cyclisme est plutôt difficile et les novices ont beaucoup de mal à gérer le choix de leurs rapports de transmission. Il arrive fréquemment, que les débutants se retrouvent dans une montée avec un rapport de transmission élevé et par conséquent doivent produire un effort très important pour vaincre le couple résistant. L'effort produit par le cycliste peut rester constant s'il sait adapter son rapport de transmission à la variation de pente.

De plus, un autre problème récurrent rencontré par les novices est qu'ils "croisent la chaîne", c'est à dire qu'ils associent un pignon et un plateau qui ne devraient pas l'être car ils sont très désaxés. Cette situation doit être évitée, car elle entraîne une usure prématurée de la chaîne, des pignons et des plateaux, et réduit le rendement de la transmission.

Nous avons donc eu l'idée de créer un dispositif, adaptable sur tout type de vélo, qui permettrait de « rendre transparent » le passage de vitesse pour l'utilisateur.

En effet, le but de notre système est **d'adapter automatiquement le rapport de transmission** pour permettre au cycliste de pédaler **à cadence constante et donc à puissance constante**.

Pour rendre le dispositif encore plus ergonomique, nous avons créé **une application pour Smartphone** permettant de paramétrer de manière simple, le système.

Notre dispositif libère l'attention de l'utilisateur afin qu'il se concentre sur sa conduite et son environnement souvent dangereux, dû à la cohabitation avec les automobilistes. De plus ce dispositif ne s'adresse pas seulement aux débutants, puisque même les cyclistes professionnels pourraient y avoir recours pendant leurs entraînements afin de perfectionner leur effort.

## Principe de notre dispositif d'assistance au passage de vitesses:

Le dispositif est donc piloté par une application installée sur le Smartphone de l'utilisateur. Il dispose d'un mode manuel ou automatique.

- En mode manuel le changement de rapport de transmission se fait en appuyant sur les boutons de l'application et non plus via des leviers manuels. Contrairement à un vélo ordinaire, la traction du câble s'effectue à l'aide d'un actionneur électromécanique et non mécanique.
- En mode automatique le système change de manière autonome le rapport de transmission pour permettre de pédaler à cadence constante. Il faut simplement indiquer au système à l'aide du téléphone, quelle est la cadence de pédalage choisie par l'utilisateur.

# PRINCIPE DU DERAILLEUR



## Qu'est-ce qu'un dérailleur ?

Un dérailleur est un système qui permet le changement de rapport de transmission.

Sur un vélo, on trouve généralement deux dérailleurs :

- le dérailleur avant permettant de déplacer la chaîne d'un plateau à l'autre,
- le dérailleur arrière utilisé pour changer de pignon.

Ainsi, les dérailleurs d'un vélo servent à régler un rapport de transmission, en choisissant la combinaison plateau pignon la mieux adaptée à la pente et à la puissance du cycliste.

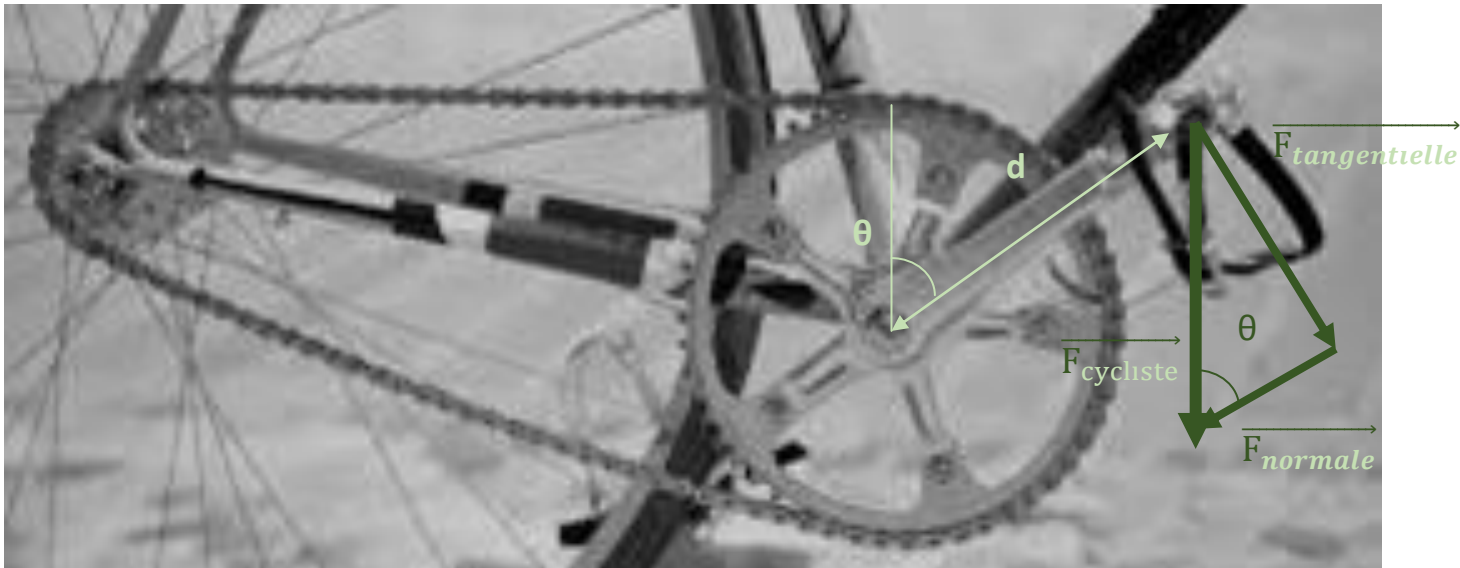
Dérailleur arrière couramment utilisé :	Dérailleur avant couramment utilisé :
	

## Pourquoi changer de rapport de transmission ?

L'utilisation du vélo se fait sur plusieurs types de surfaces et de profils de la route.

La force du cycliste  $F_{\text{cycliste}}$  a une composante tangentielle et une composante normale par rapport au plateau :

$$\overrightarrow{F_{\text{cycliste}}} = \overrightarrow{F_{\text{tangentielle}}} + \overrightarrow{F_{\text{normale}}}$$



$$C = F_{\text{tangentielle}} \times d = F_{\text{cycliste}} \times \sin \theta \times d$$

$C$  = couple en N.m ;  $d$  = longueur de la manivelle en m et  $\theta$  = angle de la manivelle avec la verticale.

La puissance  $P$  (en Watt W) développée par le cycliste est :  $P = C \times \omega$

$\omega$  = vitesse angulaire de pédalage en rad.s<sup>-1</sup>.

On montre que la force transmise sur la roue est :

$$F_{\text{roue / route}} = F_{\text{cycliste}} \times d \times \sin \theta \times p / (P \times r)$$

$P$  = nombre de dents du plateau ;

$p$  = nombre de dents du pignon,

$r$  = rayon de la roue

$$\text{Donc } F_{\text{roue / route}} = F_{\text{cycliste}} \times d \times \sin \theta / (R \times r)$$

$$R = P / p = \text{rapport de transmission}$$

$$\text{or } F_{\text{motrice}} = F_{\text{roue / route}} = F_{\text{route / roue}}$$

$$\text{Donc } F_{\text{motrice}} = F_{\text{cycliste}} \times d \times \sin \theta \times / (\text{rapport de transmission} \times r)$$

Loi de Newton  $\sum \vec{F} = \vec{0}$  si  $v$  = constant.

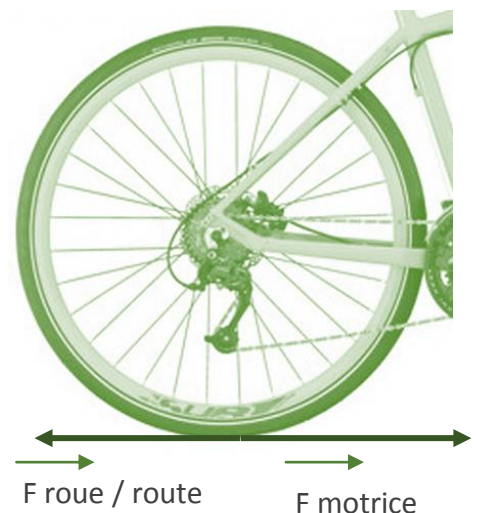
On applique la loi au système vélo, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

$$\vec{F}_{\text{motrice}} + \vec{f}_{\text{air}} + \vec{f}_{\text{sol}} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

Sur l'axe  $Ox$  parallèle à la pente :  $F_{\text{motrice}} - f_{\text{air}} - f_{\text{sol}} - mg \times \sin \alpha = 0$  donc  $F_{\text{motrice}} = f_{\text{air}} + f_{\text{sol}} + mg \times \sin \alpha$ .

Sur l'axe  $Oy$  perpendiculaire à la pente :  $R + mg \cos \alpha = 0$ .

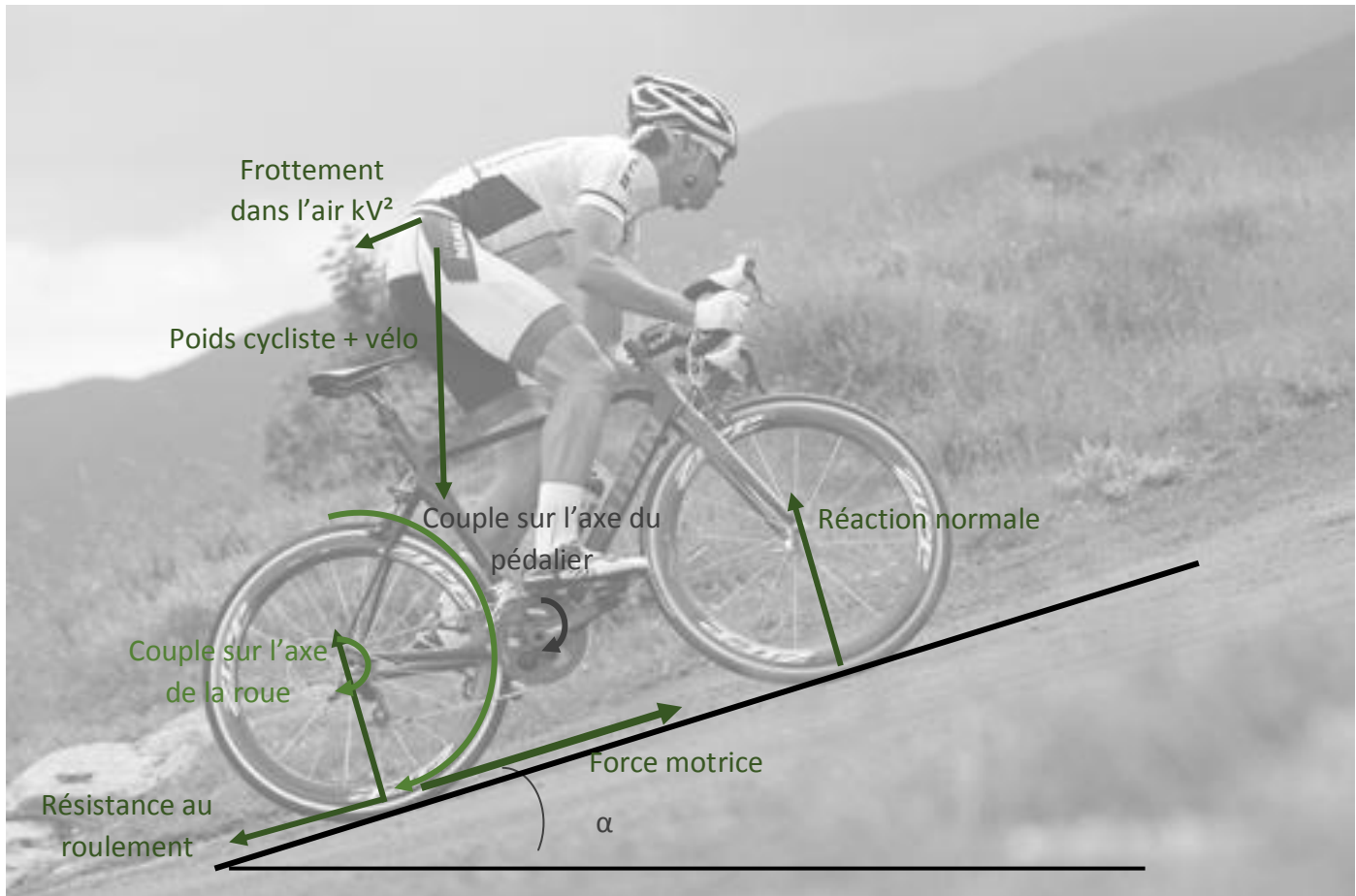
Plus la pente est grande (augmente) plus la force motrice est grande, or la force exercée par le cycliste sur la pédale ne peut croître indéfiniment. Là est l'intérêt du dérailleur...



Pour réaliser l'ascension le cycliste doit charger de rapport transmission de manière à diminuer le rapport de transmission  $R$ .

Pour maintenir une vitesse de déplacement constante du vélo, la puissance nécessaire à l'ascension est obtenue en diminuant le couple et en augmentant la vitesse angulaire de pédalage.

Ci-dessous, la description des actions mécaniques mises en jeu sur un vélo:



**Dans notre projet nous n'avons pas cherché à maintenir la vitesse du vélo constante**, mais à permettre au cycliste de pédaler à une cadence constante de manière à produire un effort constant.

Lors de la variation du relief, le rapport de transmission est adapté automatiquement de manière à conserver une fréquence de pédalage constante. La force motrice peut ainsi être augmentée tout en maintenant un effort constant de la part du cycliste.

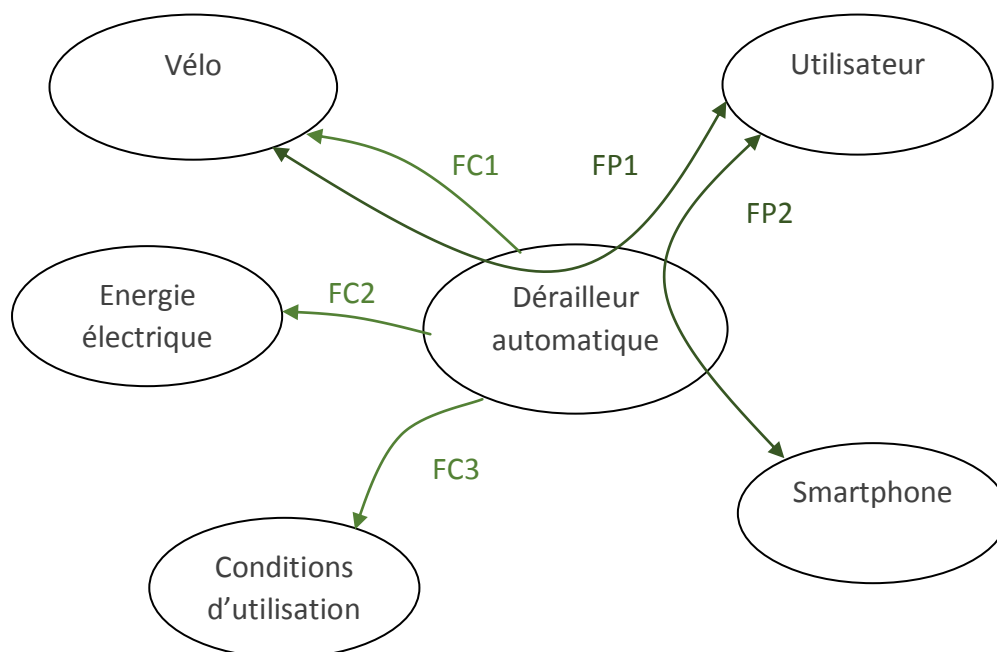
## 2. Analyse fonctionnelle

### 2.1. Diagramme des interactions

Nous avons réalisé un diagramme d'interaction pour replacer notre système dans l'environnement dans lequel il doit s'implanter.

Nous avons distingué les environnements suivants :

- Le vélo
- L'utilisateur
- Le Smartphone
- Les conditions climatiques
- Energie électrique



#### Fonctions de services :

**FP1** : Adapter automatiquement les rapports de transmission aux besoins du cycliste

**FC1** : Utiliser l'énergie contenue dans un accumulateur

**FC2** : S'intégrer dans le vélo (système mécanique)

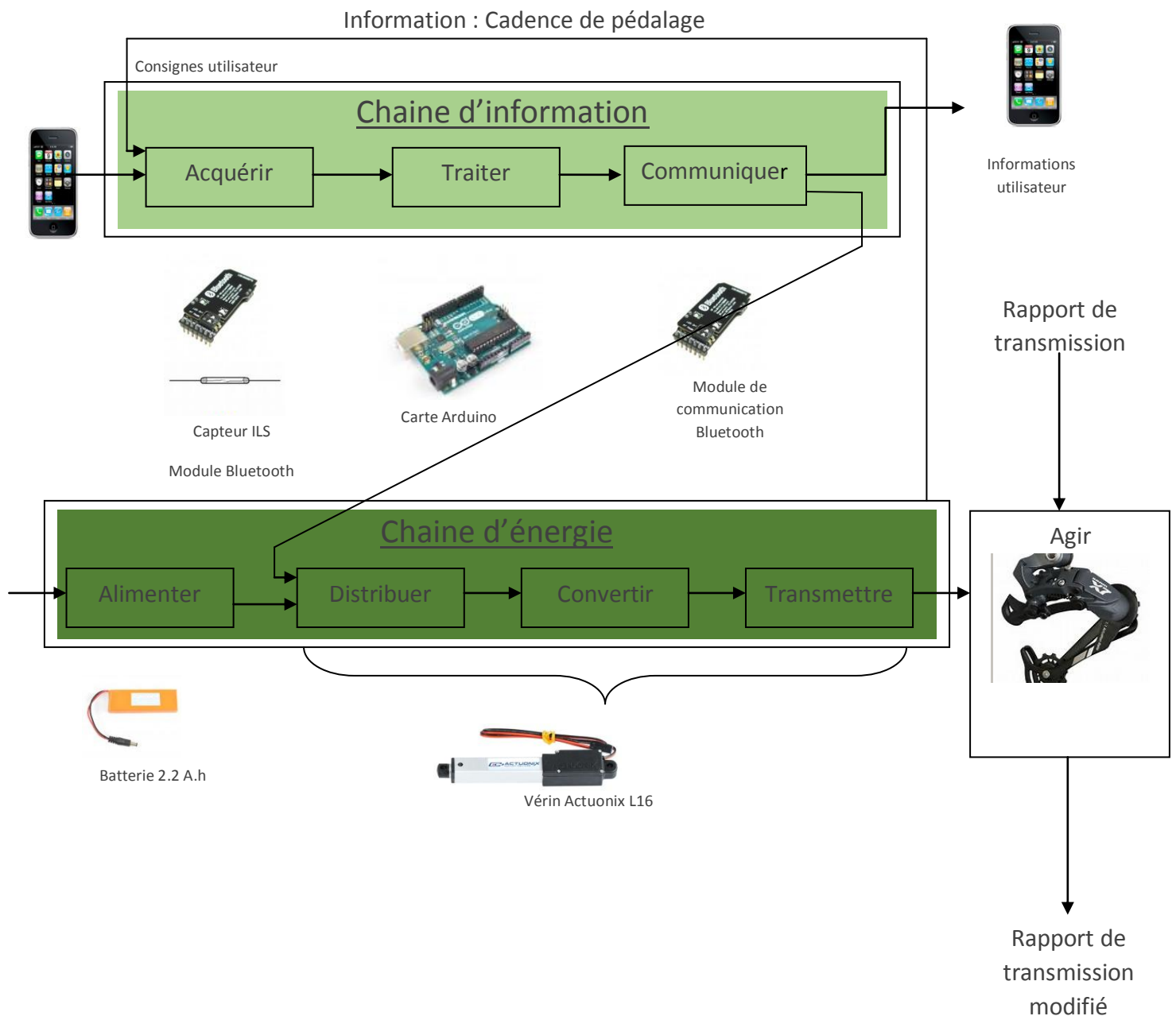
**FC3** : Etre résistant aux intempéries et aux chocs

**FP2** : Permettre aux cyclistes de paramétrer le système via le Smartphone



## 2.2. Architecture du système

Les solutions techniques permettant de remplir ces différentes fonctions de services sont synthétisées sur le diagramme suivant :



## 2.3. Cahier des charges

Fonctions		Critère d'appréciation	Niveau	Flexibilité	Solution Technique
FP1	Adapter automatiquement les rapports de transmission aux besoins du cycliste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tendre le câble</li> <li>Doser la tension du câble</li> <li>Acquérir le rapport de transmission de pédalage du cycliste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>75 N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>1</li> <li>1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Servomoteur</li> <li>Carte programmable</li> <li>Capteur magnétique + aimant</li> </ul>
FC1	Utiliser l'énergie contenue dans un accumulateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimenter le système</li> <li>Capacité de la batterie</li> <li>Poids</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>8AH</li> <li>&lt;500g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>2</li> <li>2</li> <li>2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Batterie</li> </ul>
FC2	S'intégrer dans le vélo (système mécanique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ne pas gêner l'utilisateur</li> <li>Limiter l'encombrement</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>2</li> </ul>	
FC3	Etre résistant aux intempéries et aux chocs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etre étanche</li> <li>Résister aux chocs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IPV65</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boitier résistant aux projections d'eau et de boue</li> </ul>
FP2	Permettre aux cyclistes de paramétrer le système via le Smartphone	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régler et voir les rapports de transmission</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Application</li> </ul>

# 3. Démarche du projet

## Caractéristiques du vélo étudié :

Nombre de dents sur les pignons :

Pignons	Nombre de dents
1	30
2	26
3	23
4	20
5	17
6	15
7	13
8	11

Nombre de dents sur le plateau :

Plateaux	Nombre de dents
1	25
2	34
3	42

Diamètre Roue : 665 mm.

**Rapport de transmission** : Le rapport de transmission R se calcule en effectuant le quotient du nombre de dents du plateau par le nombre de dents du pignon.

**Développement** : Le développement est la distance parcourue au sol, en mètre, par la roue, pour un tour de pédalier. Le développement D se calcule en effectuant le produit du rapport de transmission R par le périmètre de la roue Pr c'est à dire :  $D = R \times Pr$ .

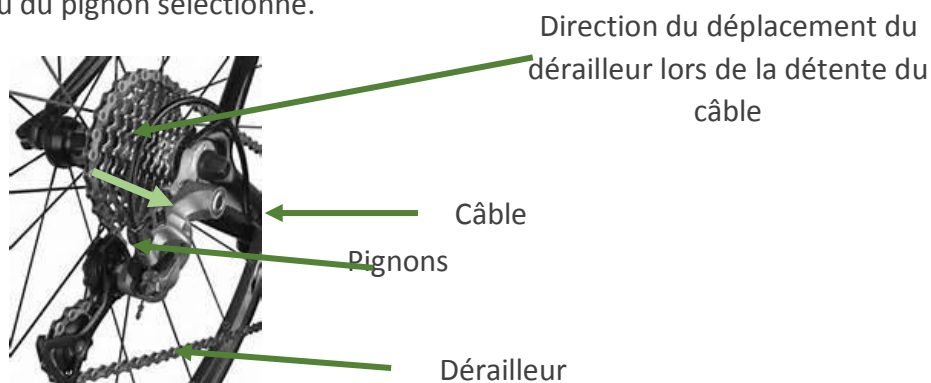
En annexe, les tableaux récapitulatifs de chaque combinaison de plateau et pignon sont présentés, avec pour chaque cas le rapport de transmission ainsi que le développement.

Les combinaisons de plateaux et pignons en verts correspondent aux associations qui seront utilisées dans le programme.

Les associations de pignons et plateaux en rouge sont les combinaisons qui ne seront pas utilisés car elles entraînent un "croisement de chaîne".

## 3.1. Passer les vitesses en tirant ou en relâchant le câble du dérailleur

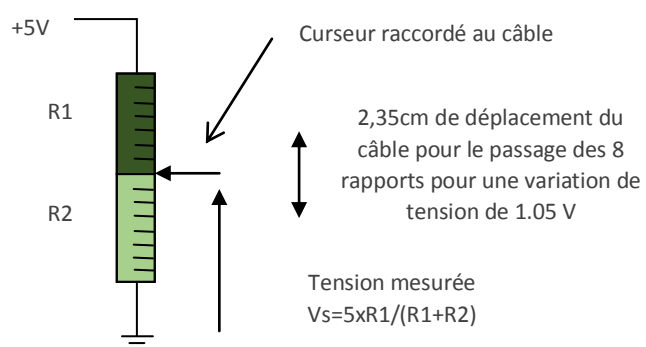
Le changement de rapport de transmission sur le vélo s'effectue grâce à câble qui déplace le dérailleur au niveau du pignon sélectionné.



### 3.2. Mesures des distances de déplacement du câble pour les différents rapports de transmission

Afin de pouvoir déterminer quelle est l'amplitude de déplacement du câble arrière pour positionner le dérailleur à la hauteur du pignon sélectionné et mesurer le déplacement du câble pour chaque pignon, nous avons effectué une mesure de déplacement.

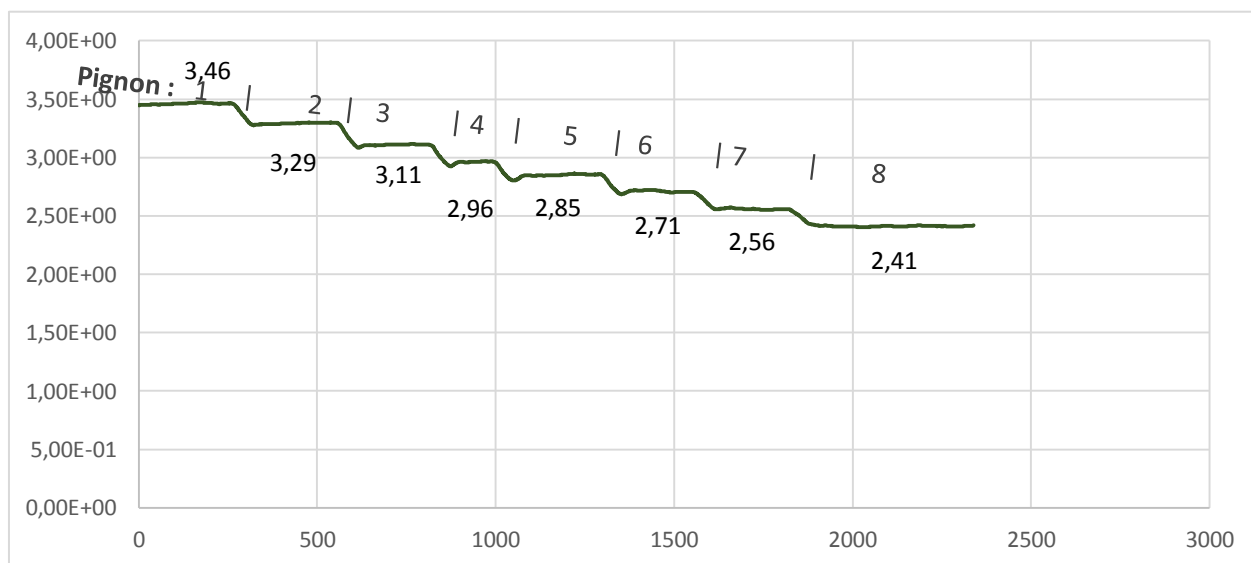
Pour cela nous avons eu recours à un potentiomètre linéaire alimenté sous 5V : potentiomètre dont la résistance varie linéairement avec la position du curseur. Nous avons attaché le curseur au câble puis relevé les valeurs de la tension aux bornes du potentiomètre pour chacune des positions du dérailleur. De plus, nous avons réalisé un programme simple permettant d'envoyer des consignes de positions au vérin électrique pour qu'il actionne le câble.



Voici les mesures obtenues :

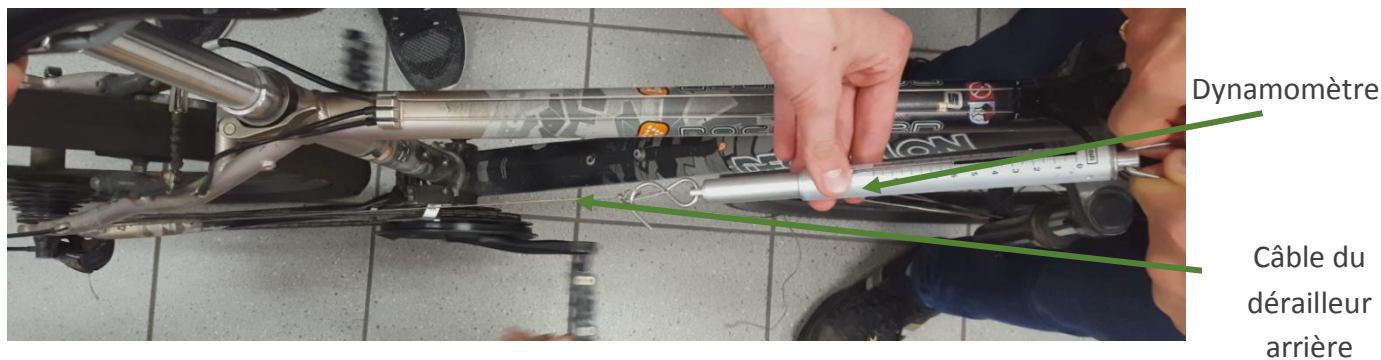
Pignon	Tension (V)	Distance totale de relâchement du câble (mm)	Distance de déplacement du câble pour chaque pignon (mm)
1	3,46	0	0
2	3,29	3,8	(3,8 - 0 =) 3,8
3	3,11	7,8	(7,8 - 3,8 =) 4,0
4	2,96	11,2	(11,2 - 7,8 =) 3,4
5	2,85	13,6	(13,6 - 11,2 =) 2,4
6	2,71	16,8	(16,8 - 13,6 =) 3,2
7	2,56	20,2	(20,2 - 16,8 =) 3,4
8	2,41	23,5	(23,5 - 20,2 =) 3,3

La courbe représentant la tension relevée aux bornes du potentiomètre en fonction de la distance totale de relâchement du câble (en mm x 10<sup>2</sup>) :



### 3.3. Mesure des efforts de traction sur le câble

Pour évaluer l'effort à transmettre au câble pour obtenir son déplacement, nous avons mis en place le dispositif suivant.



Tout en actionnant le pédalier nous avons tiré sur le câble avec un dynamomètre jusqu'au passage de vitesse. La valeur de l'effort mesurée ainsi est de 75N.

### 3.4. Choix de l'actionneur

Le choix de notre actionneur a été déterminé par :

- L'effort qu'il peut transmettre: c'est à dire qu'il doit être capable de tirer et maintenir le câble en différentes positions ;
- Sa course qui doit être au minimum de 3cm pour pouvoir être sûr de pouvoir tirer le câble du dérailleur pour chaque pignon ;
- Sa vitesse de déplacement : le changement de rapport de transmission doit se faire rapidement pour éviter d'abîmer la chaîne, les pignons ou les plateaux.

Nous avons préféré l'utilisation d'un vérin électrique à celle d'un servomoteur, car ce dernier est réversible et nécessite une consommation d'énergie même à l'arrêt. De plus le vérin électrique est nettement moins encombrant.

### 3.5. Détermination des consignes de positions à appliquer au vérin et programmation

Nous avons réalisé une expérience d'étalonnage de notre vérin. Dans un premier temps, nous avons réalisé un programme simple sur Arduino nous permettant de sélectionner la position du vérin en fonction de la durée d'une impulsion.

Nous avons ensuite disposé le vérin et une règle sur la table afin de déterminer la variation de la position du vérin en fonction des impulsions données.

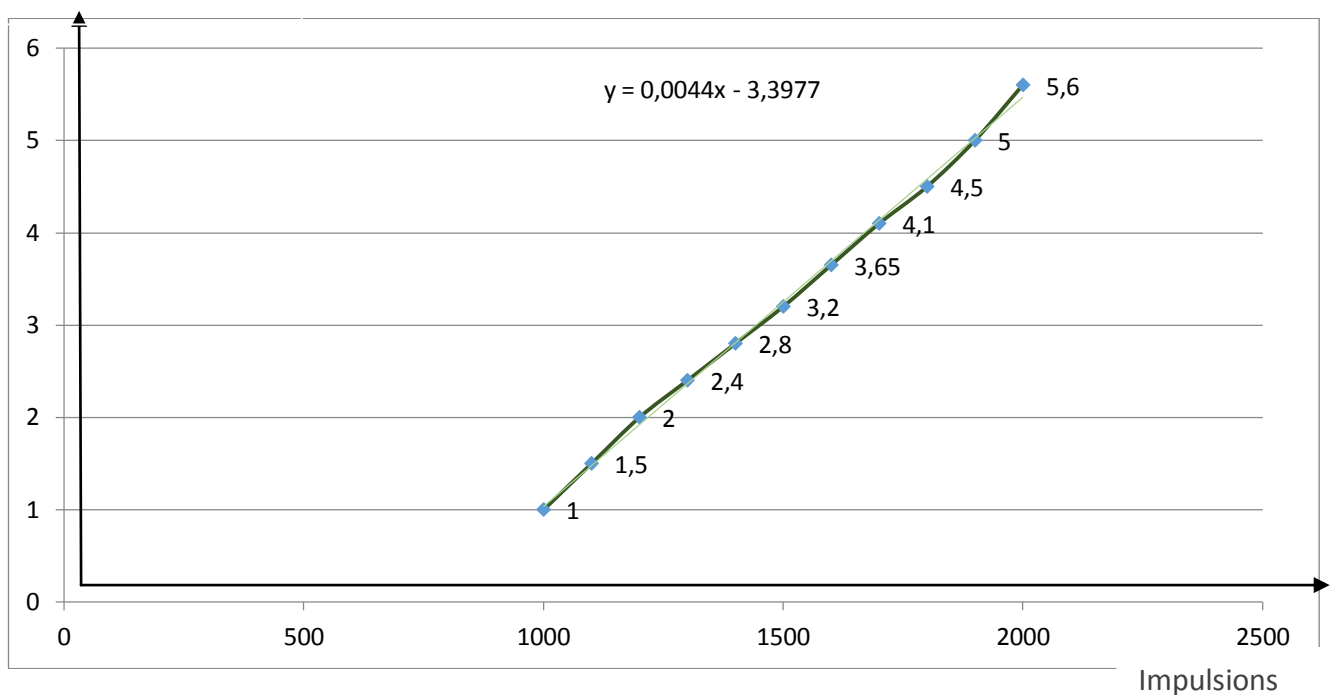


Cette expérience nous a donc permis de déterminer la course du vérin en fonction de la largeur d'impulsion envoyé au vérin via une carte Arduino.

Largeur d'impulsion envoyée au vérin ( $\mu\text{s}$ )	Déplacement du vérin (cm)
1000	1.0
1100	1.5
1200	2.0
1300	2.4
1400	2.8
1500	3.2
1600	3.65
1700	4.1
1800	4.5
1900	5.0
2000	5.6

On trace ainsi la courbe du déplacement du vérin en fonction de l'impulsion envoyée.

Déplacement en cm



Nous obtenons donc la fonction :  $f(x) = y = 0.0044x - 3.3977$

Où x est l'impulsion et y est la longueur de déplacement du vérin en cm.

Nous avons pu construire les tableaux suivant en faisant correspondre l'impulsion du vérin et sa taille associée pour chaque plateau et vitesse grâce à la fonction du dessus :

Plateau	Impulsions vérin	Taille du vérin (cm)
1	1900	5,0
2	1650	3,9
3	1450	3,0

Vitesse	Impulsions vérin	Taille du vérin (cm)
1	1300	2,3
2	1400	2,8
3	1500	3,2
4	1550	3,4
5	1600	3,6
6	1625	3,8
7	1675	4,0
8	1750	4,3

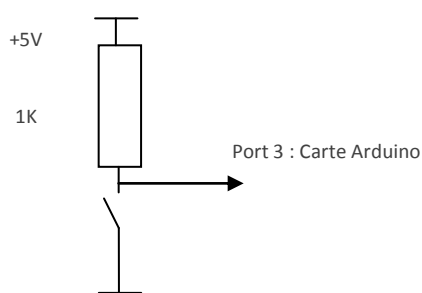
### 3.6. Acquisition de la fréquence de pédalage du cycliste et de la vitesse du vélo

Afin de permettre au cycliste de pédaler à une fréquence constante, il nous a fallu acquérir cette information. Nous avons utilisé un Interrupteur à Lames Souples, ILS. Le capteur est placé sur le bâti du vélo et les aimants, au nombre de 2, sont placés sur le dernier plateau. Voici le schéma simplifié d'un ILS :



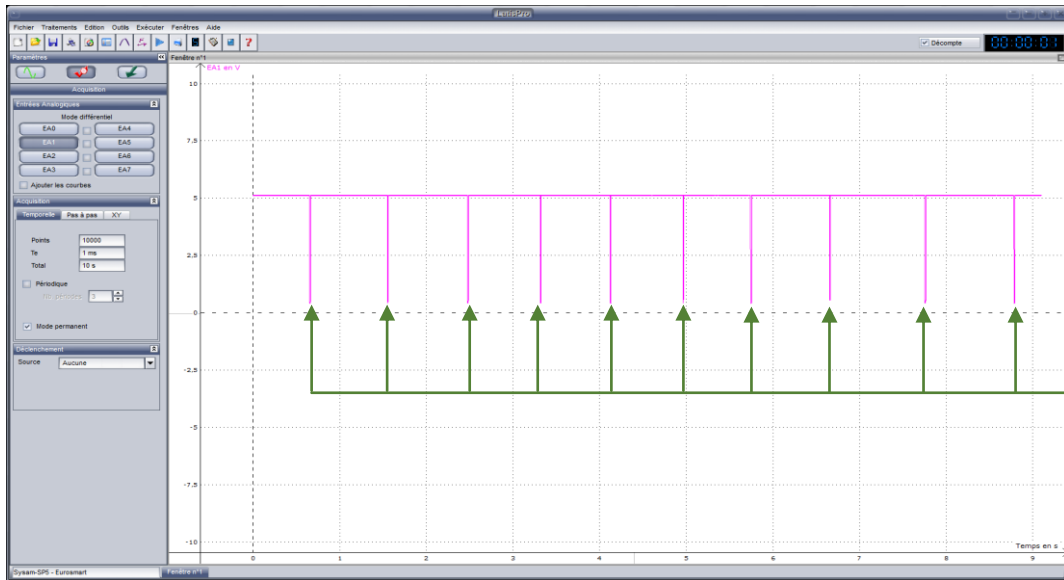
Lorsque l'aimant passe à proximité de l'ILS celui-ci s'ouvre et ainsi ne laisse plus le courant circuler.

Montage utilisé pour transmettre l'information du passage de la manivelle à la hauteur du capteur :





Ci-dessous la courbe de la tension mesurée sur le montage du précédent en fonction du temps. La tension varie lorsque l'aimant passe à proximité de l'ILS qui s'ouvre et donc la tension devient nulle.

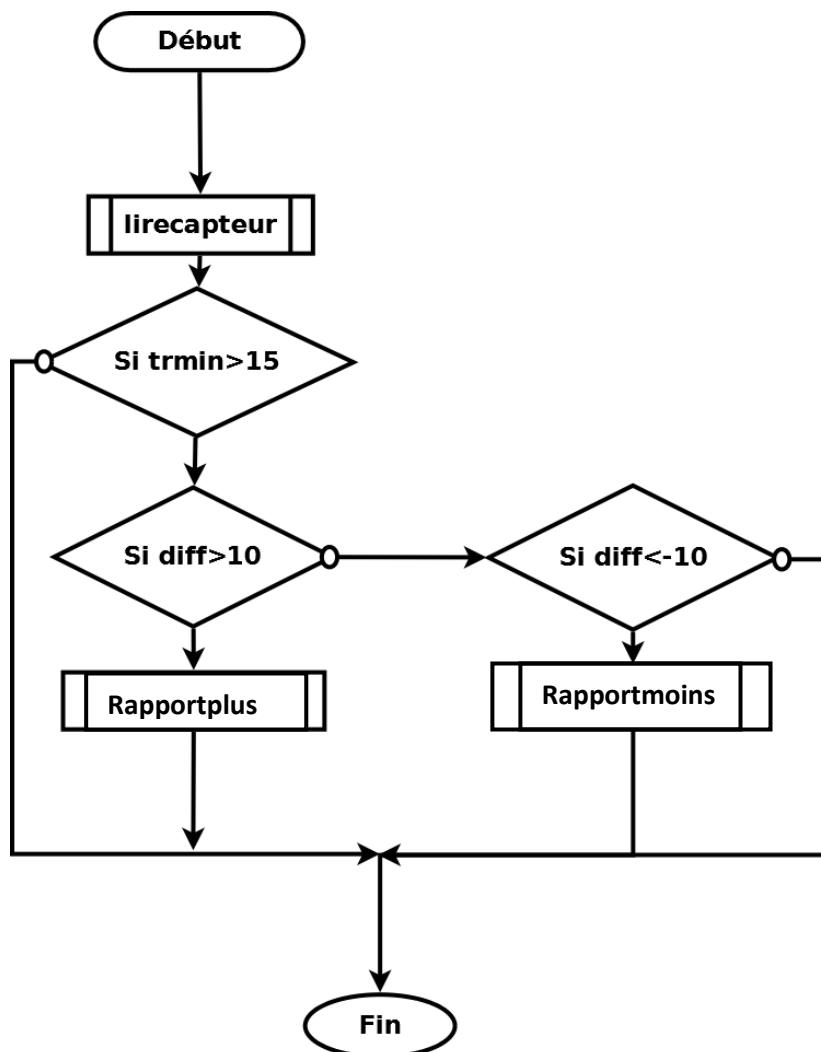


Pics où la tension est nulle

### 3.7. Détermination de la loi de commande du vérin en fonction de la fréquence de pédalage et la vitesse du vélo

Algorithme de commande changement de rapport :

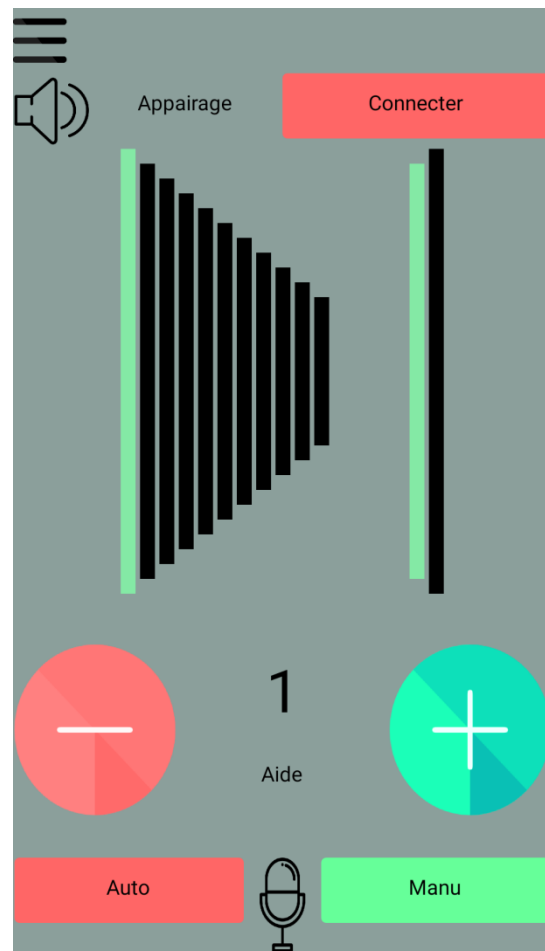
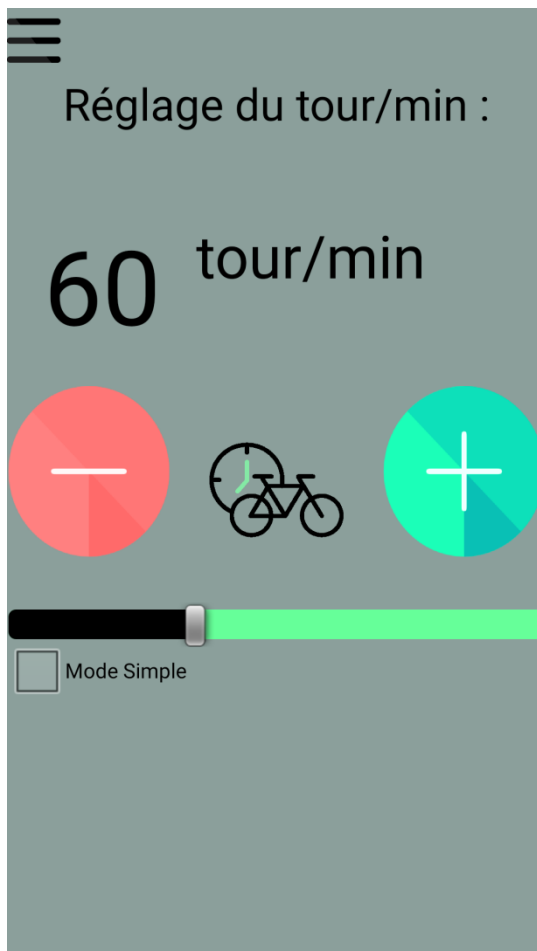
La stratégie de changement de vitesse consiste à augmenter le rapport de transmission si la fréquence de pédalage devient supérieure à la consigne fixée par l'utilisateur à l'aide l'application, et à le diminuer si on remarque une baisse de la cadence (l'utilisateur est certainement en train de forcer).



### 3.8/ Adaptation d'une interface de dialogue par téléphone portable Android

Afin de pouvoir interagir avec le système, nous avons créé une application "VeloApp" celle-ci permet de paramétrer le changement des rapports de transmission en mode automatique.

En effet, en appuyant sur « personnalisation », on accède à un menu permettant de choisir la fréquence de pédalage désirée. Par exemple, si on veut rouler avec une fréquence de pédalage de 70 tours/min, l'application renvoie la valeur 70 à la carte Arduino qui va définir ce chiffre comme la nouvelle fréquence de pédalage. Ci-dessous la capture d'écran du mode personnalisation de l'application suivie de celle du mode manuel.



Quand on revient au menu principal, on peut choisir entre le mode automatique ou manuel, qui permet de définir le mode que le cycliste souhaite.

Ainsi, quand on choisit un rapport de transmission en mode manuel, l'application envoie les valeurs 1, 2, 3, ...8 à la carte qui traite l'information pour alors changer les rapports de transmission. On peut aussi appuyer sur le micro et indiquer oralement le rapport de transmission souhaitée (1, 2, 3, ...8). Si l'on est en 1 et que l'on dit oralement 5, l'application va transmettre 2, puis 3, puis 4, puis 5 avec un petit intervalle entre chaque chiffre, pour ne pas abimer le dérailleur.

# 4. Conclusion

Notre projet est abouti, il permet à un cycliste amateur ne maîtrisant pas les rudiments du passage des rapports de transmission, de s'affranchir de cette tâche après avoir préalablement défini la cadence de pédalage qu'il souhaite conserver.

Nous avons corrigé le défaut de notre premier prototype en remplaçant le servomoteur par un vérin ce qui nous permet d'améliorer grandement l'autonomie du système.

## 4.1. Les améliorations

- Nous sommes conscients que des tests à grande échelle sur des échantillons d'utilisateurs potentiels nous auraient aidés à mettre au point un programme de changement de rapport peut-être plus adapté au plus grand nombre.
- Notre application pourrait être aussi informée par un capteur de fréquence cardiaque permettant ainsi de fixer automatiquement une fréquence de pédalage optimum pour l'utilisateur.
- Notre programme pourrait aussi tenir compte de l'effort appliqué par l'utilisateur sur la pédale. Nous pouvons très bien imaginer que notre cycliste puisse fournir une puissance constante. Ce mode de fonctionnement pourrait aussi être intéressant pour des programmes d'entraînement de cyclistes de haut niveau.
- Nous aurions pu imaginer un dispositif de recharge de la batterie, mais placer une génératrice sur le vélo augmenterait sensiblement le poids de notre dispositif. Nous pourrions rajouter une estimation de la quantité d'énergie restante dans la batterie du système sur l'application.
- Nous pourrions aussi informer les utilisateurs sur la puissance utile transmise par l'intermédiaire de leur téléphone portable.

## 4.2. Applications du projet

Etant donné le caractère universel de notre projet, il serait possible de toucher un très grand nombre d'utilisateurs. L'utilisation du vélo en ville se généralise ce qui est plutôt une bonne chose pour notre cadre de vie. Le système est adaptable sur tout type de vélo disposant d'un dérailleur traditionnel.

- Un marchand de cycles peut très simplement installer notre système sur un vélo d'occasion.
- Notre système peut être installé de série sur les vélos neufs.
- Notre système pourrait être installé sur des vélos en libre-service mis en place par les communautés urbaines comme Vélo'v à Lyon ou Vélib' à Paris. Notre dispositif pourrait simplifier l'utilisation des vélos en milieu urbain permettant aux utilisateurs encore réticents

de trouver du plaisir à se déplacer à vélo. Il serait aussi possible de mettre en place sur les bornes de rangement des vélos, un dispositif permettant la recharge de la batterie.

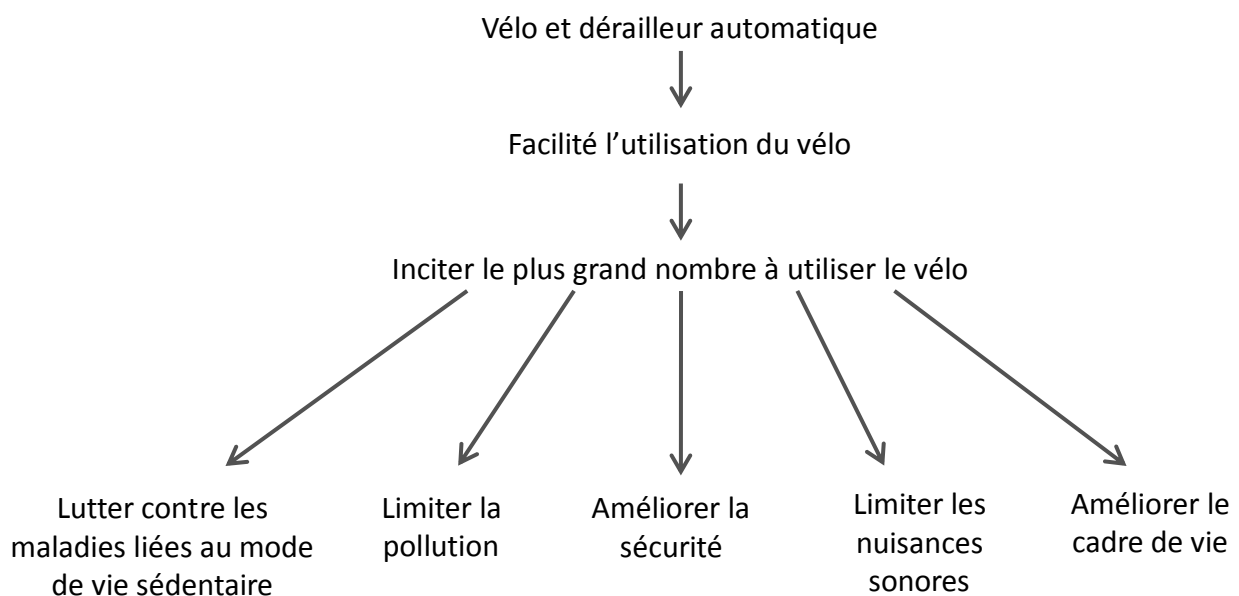
- Ce système pourrait être adapté pour réaliser des programmes d'entraînement pour des cyclistes avertis et professionnels.

Ce travail collaboratif nous a permis de nous rendre compte des capacités à mettre en œuvre lors d'une réalisation de projet. Malgré notre modeste expérience nous avons réussi à mener à bien cette réalisation grâce à notre motivation. Nous avons bien sûr, rencontré des problèmes d'organisation, mais nous avons su tirer le meilleur des compétences de chacun.

Ce projet nous a aussi permis de prendre contact avec des entreprises. Nous sommes en partenariat avec BBcycle un vélociste, qui nous prête un vélo de marque BMC dont l'usage correspond à celui d'un professionnel (ou du moins un amateur confirmé). Ce vélo est équipé d'un dérailleur électrique que nous comptons automatiser afin de montrer que notre projet s'adapte à tous les types de vélos.

L'entreprise Électrifil a pu réaliser notre attache du servomoteur sur le cadre et la poulie (qui ont été remplacé par les vérins).

Notre projet est abouti, il fonctionne. Nous ne sommes pas à cours d'idées pour faire évoluer notre système. De plus, il s'inscrit dans une logique de développement responsable de notre société en permettant au plus grand nombre d'utiliser le vélo dans leurs déplacements. Le but étant de limiter les déplacements avec des véhicules à moteur, générateurs de pollutions, et d'inciter les gens à faire de l'exercice physique.



# ANNEXE

Plateaux	Vitesses	Rapport de transmission	Développement (m)
1	1	0,83	3,48
	2	0,96	4,02
	3	1,09	4,54
	4	1,25	5,22
1	5	1,47	6,14
	6	1,67	6,96
	7	1,92	8,04
	8	2,27	9,50

Plateaux	Vitesses	Rapport de transmission	Développement (m)
2	1	1,13	4,74
	2	1,31	5,46
2	3	1,48	6,18
	4	1,70	7,10
	5	2,00	8,36
	6	2,27	9,47
	7	2,62	10,93
2	8	3,09	12,91

Plateaux	Vitesses	Rapport de transmission	Développement (m)
3	1	1,4	5,85
	2	1,6	6,75
	3	1,8	7,63
	4	2,1	8,77
	5	2,5	10,32
3	6	2,8	11,70
	7	3,2	13,50
	8	3,8	15,95