



INSTITUT  
NATIONAL  
des SCIENCES  
APPLIQUÉES



Projet de Physique P6-3  
STPI/P6-3/2008 – 23



Nom des étudiants

Chun JIN

Elodie MICHEL

Aurélie LADIER

Julie COURTAT

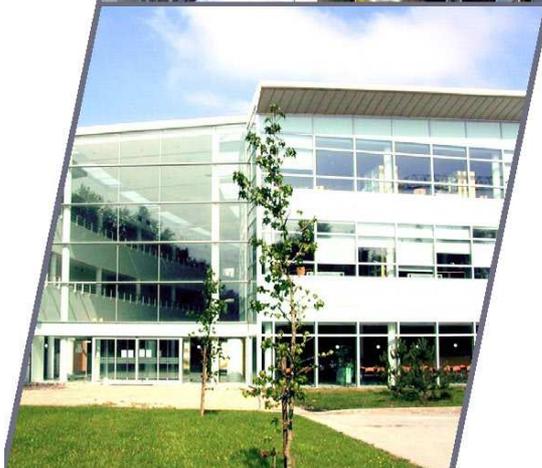
Annabelle COLLIN

Enseignant responsable du projet

Benoît VIEILLE



**ETUDE DE L'OPTIMISATION DE  
LA FORME D'UN PEDALIER DE  
VELO.**



À TAILLE  
HUMAINE  
À L'ECHELLE  
DU MONDE



Date de remise du rapport : 20/06/08

Référence du projet : STPI/P6-3/2008 – 23

Intitulé du projet : *Etude de l'optimisation de la forme d'un pédalier de vélo.*

Type de projet : *simulation, calcul*

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

*Après recherche des différentes formes de pédalier existant, il s'agit de trouver les équations des mouvements relatifs à chaque pédales, de tracer les courbes couples en fonction de l'angle que forme la manivelle avec l'horizontale du pédalier. Ainsi nous pourrions comparer graphiquement qu'elle mouvement est optimum et donc en déduire la forme du pédalier la meilleure. Enfin nous aimerions créer de petites animations afin de pour illustrer le mouvement de la chaîne (et donc la transmission) selon la forme du pédalier, et de synchroniser cela au tracer des courbes obtenues grâce aux équations établies. Ainsi un autre objectif est d'apprendre à se servir de différents logiciels tels que java, scilab, Flash...*

Si existant, n° cahier de laboratoire associé : **A30226**

# TABLE DES MATIERES

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>METHODOLOGIE/ORGANISATION DU TRAVAIL .....</b>	<b>6</b>
2.1.	Cycle de pédalage .....	6
2.2.	Problèmes rencontrés lors du cycle de pédalage .....	8
2.3.	Objectifs à atteindre pour améliorer le cycle de pédalage .....	8
2.4.	Propositions de pédalier par les inventeurs.....	9
<b>3.</b>	<b>TRAVAIL REALISE ET RESULTATS .....</b>	<b>11</b>
3.1.	<b>Cas d'une force verticale .....</b>	<b>11</b>
3.1.1.	Cas d'un pédalier classique .....	13
3.1.2.	Cas d'un plateau oval .....	13
3.1.3.	Cas d'un pédalier aux manivelles décalées .....	15
3.1.4.	Cas d'un plateau excentré par rapport à l'axe des manivelles .....	16
3.2.	<b>Cas d'une force non verticale .....</b>	<b>17</b>
3.2.1.	Cas du pédalier aux manivelles alignées .....	18
3.2.2.	Cas du pédalier aux manivelles décalées .....	19
3.3.	<b>Une nouvelle sorte de pédalier... ..</b>	<b>19</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVE .....</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>24</b>
6.1.	<b>Notion de developpement .....</b>	<b>24</b>
6.2.	<b>Description de trois types de pédalier .....</b>	<b>24</b>
6.2.1.	Le plateau Harmonic O'symetric.....	24
6.2.2.	Le pédalier Rotor .....	25
6.2.3.	Le pédalier Demultiflex .....	26

# 1.INTRODUCTION

Dans le cadre de l'UV P6-3, il nous a été proposé de réaliser un projet de physique. Nous avons tous pour premier choix, le sujet portant sur l'étude de l'optimisation de la forme d'un pédalier de vélo. Ce sujet est clairement porté sur le domaine mécanique, avec le calcul du couple du pédalier notamment, mais il est également possible de réaliser des simulations de mouvement du pédalier, afin d'exploiter les qualités de chacun.

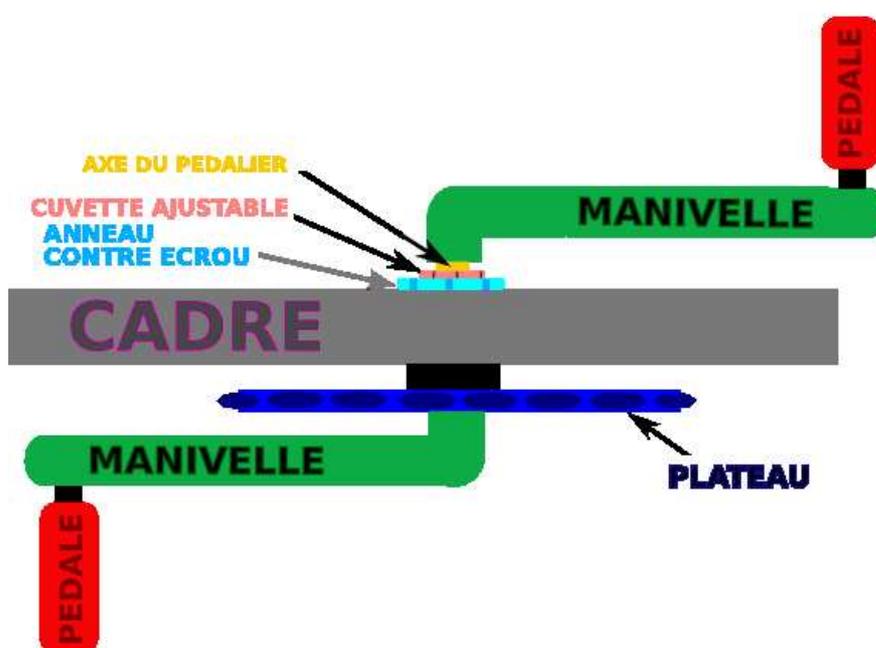
De nos jours, le vélo est très présent (Vélib' à Paris, Cy'clic à Rouen), il fait en effet parti des moyens de locomotions dits « propres », de plus en plus de personnes l'utilisent chaque jour. Ainsi il serait intéressant de permettre à ce nombre toujours plus grand d'utilisateurs, de pédaler à de moindres efforts avec autant d'efficacité. L'objectif sera donc pour nous de comprendre quel est le fonctionnement du pédalier et par quels moyens, sur quels paramètres pouvons-nous jouer pour tenter de l'améliorer.

Nous allons donc dans un premier temps nous intéresser aux problèmes que pose le « pédalier traditionnel » (pédalier circulaire) et aux différentes alternatives proposées par les inventeurs. Nous exposerons dans cette partie le bilan établi suite à nos recherches et la façon dont nous sommes répartis le travail. Puis dans une seconde partie nous exposerons nos résultats théoriques, concernant les différents types de pédaliers étudiés et les comparerons afin de trouver le pédalier pour lequel le cycle de pédalage est optimum.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

« L'essentiel du geste du cycliste est le pédalage. Quoi de plus, normal que de démarrer par là, au coup de pédale, à la manivelle, à l'axe du pédalier, à la bonne position de l'ensemble pour faire le bon geste... »

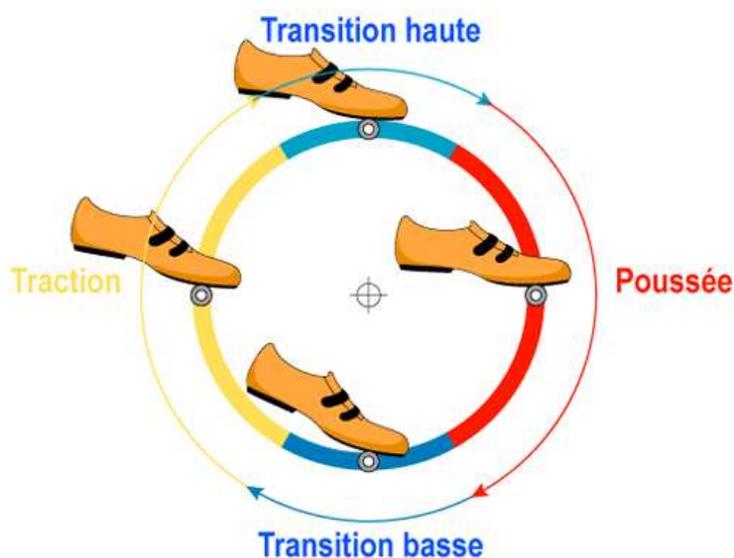
Le premier travail a consisté à nous familiariser avec un vocabulaire que nous ne connaissions pas particulièrement, celui du vélo et étudier les problèmes que peuvent poser les pédaliers traditionnels.



### 2.1. Cycles de pédalage

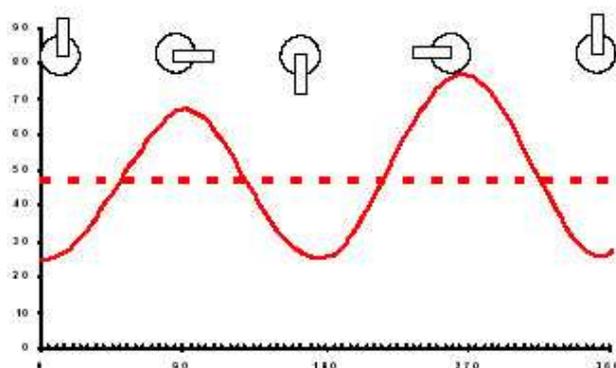
Le cycle de pédalage correspond à une révolution complète de pédalier. Au cours de cette révolution la répartition des forces exercées sur les pédales change de direction et d'intensité. Acquérir une bonne technique de pédalage tend à diminuer la perte d'efficacité aux points morts.

On peut décomposer le cycle de pédalage en quatre phases :



[1]

1. **La phase de transition haute**, à partir du point mort haut, dans lequel la force agit essentiellement en avant. C'est pourquoi, la seule possibilité ici, est de pousser en avant. Elle permet de remettre la jambe en position de poussé.
2. **La phase de poussée**, où la puissance s'exerce de façon optimale. La force est dirigée essentiellement vers le bas.
3. **La phase de transition basse**, à partir du point mort bas. La force agit essentiellement en arrière. Elle assure la transition entre la phase de poussée et la phase de traction.
4. **La phase de traction**, où la puissance est la moins bonne. C'est la phase la moins instinctive du pédalage, la force agit essentiellement vers le haut. Ici, la force verticale, c'est-à-dire la poussée du bas vers le haut est la seule à agir efficacement.



Transmission de force au cours du cycle de pédalage

## 2.2. Problèmes rencontrés lors du cycle de pédalage

Aujourd'hui, le pédalage cycliste est l'activité humaine non motorisée qui a le meilleur rendement, mais de nombreuses équipes rivalisent d'ingéniosité pour toujours augmenter celui-ci.

En effet, pour chaque cycle complet de pédalage, le cycliste doit éliminer deux phases délicates appelées « points morts ». Ces derniers se trouvent lorsque les manivelles sont à la verticale (ou plus exactement dans une zone de  $15^\circ$  autour de celle-ci), c'est-à-dire deux fois par cycle en haut et en bas. Il est bien évident que c'est le passage le plus difficile du pédalage car les deux pieds doivent à la fois tirer et pousser, mais seulement vers l'avant ou l'arrière au moment où l'on dispose du moins de force. Au point mort haut la jambe est deux fois plus faible que lorsque la manivelle est à l'horizontale, ce qui implique un ralentissement de la vitesse angulaire au point mort haut qui produit une asphyxie des muscles, à cause du couple résistant trop fort pour la jambe.

De nombreux scientifiques se sont penchés sur le problème, une chose en ressort, le plateau rond ne convient pas au cyclisme. Dans les années soixante-dix, monsieur Polchlopeck a été le premier à tenter de faire évoluer les mentalités d'un secteur très conservateur avec un plateau ovalisé. Ce dernier avait pour but d'optimiser le pédalage en réduisant les points morts lorsque les manivelles sont à la verticale. Cependant la mort du pédalier circulaire est annoncée depuis tant d'années que l'on n'y croit guère. Pourtant, loin de se lasser, les inventeurs se penchent toujours sur le problème posé par les points morts. Ainsi viennent les plateaux Harmonic, Rotor, Demultiflex, O'Symetric etc.

## 2.3. Objectifs à atteindre pour améliorer le cycle de pédalage

Pour optimiser le pédalier circulaire, le principe est très simple : Sur les  $360^\circ$  de pédalage, il y a des temps forts et des temps faibles. On profite des temps forts pour gagner en puissance et on réduit les temps faibles. Le développement et le braquet varient donc à chaque instant du pédalage. On a un braquet plus grand lors de la descente et de la remontée de la pédale (lorsque les grands groupes musculaire sont en action) et un braquet plus petit au passage des manivelles à la verticale. L'idéal serait de supprimer ses points morts, pour ce faire il faudrait trouver un pédalier pour lequel le couple transmet au pédalier est nul lors du passage au point mort. Il faudra donc jouer sur différents paramètres tels que la forme du plateau, la position des manivelles etc.

## 2.4. Propositions de pédalier par les inventeurs

L'objectif de la géométrie des plateaux dits « ovoïdes » est de faciliter le travail là où la jambe est faible (point mort haut et point mort bas ce qui implique un petit rayon) et donner du travail là où la jambe est forte (manivelles à l'horizontales ce qui implique un grand rayon). Entre les deux points morts le rayon croît proportionnellement à la force de la jambe.

La volonté d'optimiser un pédalier de vélo n'est pas d'aujourd'hui et comme nous venons de le voir, beaucoup se sont attelés à la tâche, afin de trouver le pédalier dont le rendement sera le meilleur. Les propositions sont variées, mais après de nombreuses recherches nous sommes parvenus à isoler trois types de pédalier majeur :

- Les pédaliers « ovoïdes » : *type O'Symetric Harmonic*



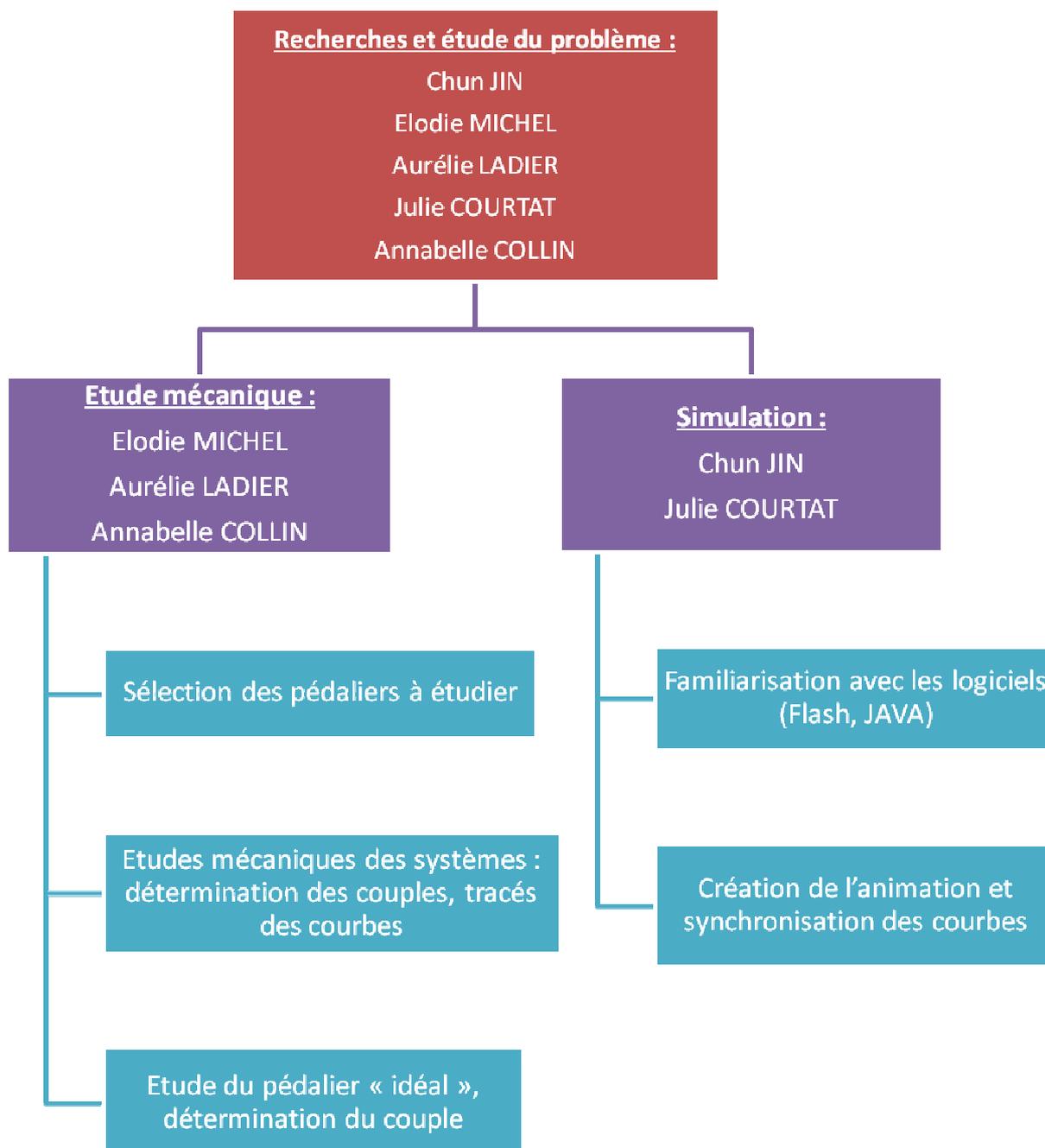
- Les pédaliers « ovoïdes ayant les manivelles décalées » : *type Rotor Q-Ring*



- Les pédaliers dont le centre du pédalier est dissocié du centre des manivelles : *type Demultiflex*



Après avoir dégagé les grands axes de notre étude, la répartition des tâches s'est imposée naturellement : Un groupe constitué de trois personnes s'occupant de l'étude mécanique des différents types de pédalier, à savoir les calculs de couples pour chaque type de configuration de plateau, ainsi que la recherche du « pédalier idéal ». Un autre groupe constitué de deux personnes s'occupant de la partie simulation, afin d'observer les différences de mouvement de chaîne entre le plateau ovoïde et le plateau circulaire et également le tracé, en simultané, des courbes représentant l'évolution du couple en fonction de l'angle d'inclinaison des manivelles par rapport au point de départ.



### 3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

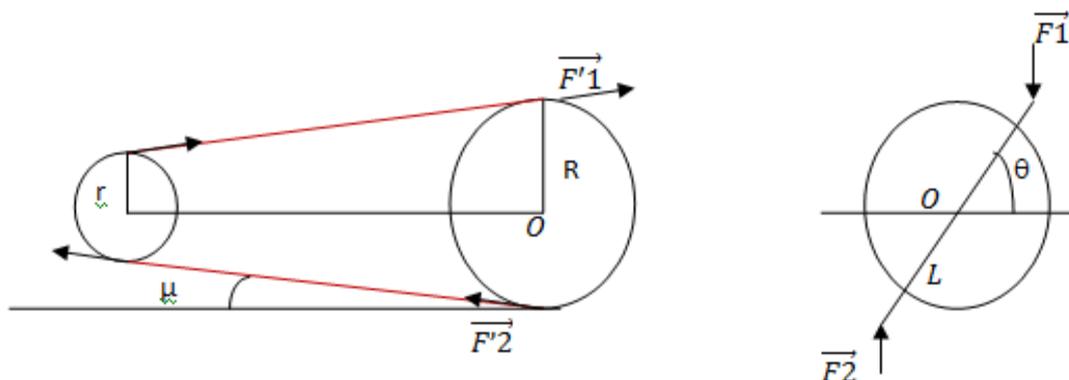
Dans ce projet nous désirons optimiser la forme du plateau de vélo afin d'obtenir une plus grande puissance ainsi qu'une disparition des points morts lors du pédalage. L'objectif de l'étude menée dans cette partie est donc de déterminer quel est le meilleur pédalier. Celui qui permet de supprimer les points morts qui apparaissent lorsque les manivelles du plateau sont en position verticale.

Nous allons donc étudier les différents types de formes de plateaux de vélo que nous avons rencontré lors de nos recherches. Dans un premier temps nous allons considérer que la force appliquée sur chaque pédale est verticale et dans un deuxième temps que cette force possède deux composantes, une suivant l'axe  $\vec{x}$  et une autre suivant l'axe  $\vec{y}$  ce qui est plus réaliste.

#### 3.1. Cas d'une force verticale

##### 3.1.1. Cas d'un pédalier classique :

Schéma :



Avec : F1 la force appliquée sur la première pédale.  
F2 la force appliquée sur la deuxième pédale.

F'1 la force exercée par le pédalier sur la chaîne :  $\vec{F}'1 = F'1 \begin{pmatrix} \cos(\mu) \\ \sin(\mu) \\ 0 \end{pmatrix}$

F'2 la force exercée par le pédalier sur la chaîne.

$$Mo(\vec{F}1) = -F1 * L * \cos(\theta)$$

$$Mo(\vec{F}2) = -F2 * L * \cos(\theta)$$

Or, nous avons considéré pour faciliter nos calculs que  $F_1 = -F_2$ .

$$C_{manivelle} = |Mo(\vec{F}_1) + Mo(\vec{F}_2)| = 2 * F * L * \cos(\theta)$$

De même :

$$Mo'(\vec{F}'_1) = -F'_1 * R * \cos(\mu)$$

$$Mo'(\vec{F}'_2) = -F'_2 * R * \cos(\mu)$$

$$C_{plateau} = 2 * F' * R * \cos(\mu)$$

Or les manivelles sont fixées au plateau donc

$$F' = \frac{2 * F * L * \cos(\theta)}{2 * \cos(\mu) * R}$$

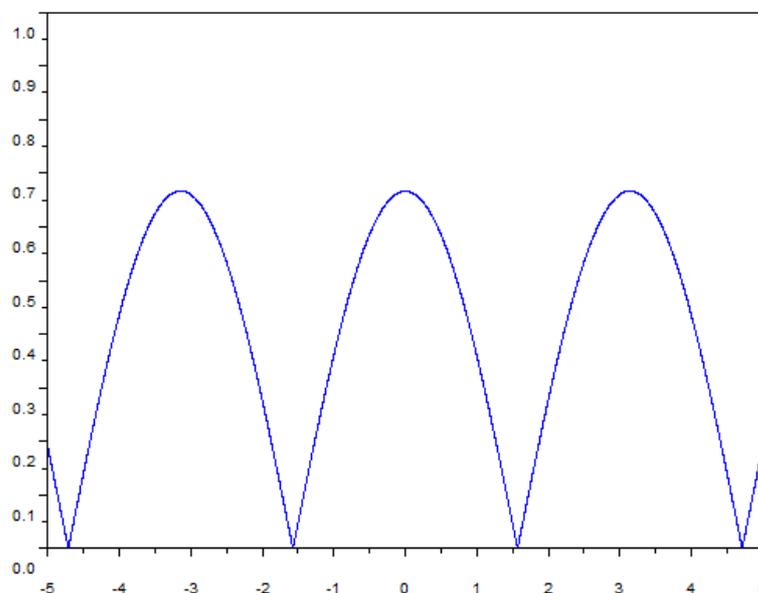
De plus, la transmission des forces se fait par chaîne donc :

$$C_{plateau} = C_{pignon}$$

Au final :

$$C_{pignon} = \frac{2 * F * L * \cos(\theta) * r}{R}$$

On obtient alors la courbe du couple en fonction de l'angle  $\theta$ :

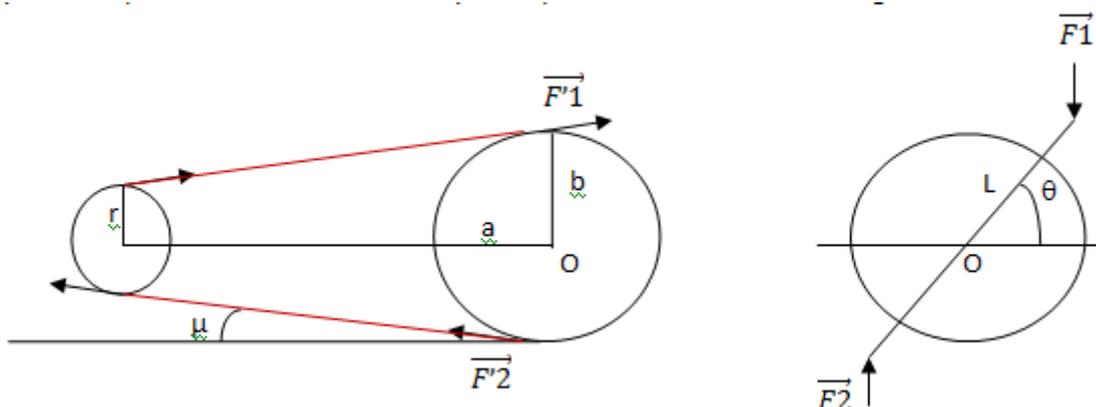


Pour des raisons graphiques, posons  $F = F_y = 1$ ,  $L = 1$ ,  $r = 1$ ,  $a = 3$ ,  $b = 2$ ,  $\alpha = \pi/24$ ,  $F_x = 0,1$ . On conservera ces valeurs tout au long du dossier afin de permettre les comparaisons entre les différentes courbes.

Cette première courbe illustre parfaitement l'existence et la position des points morts pour  $\theta = \pi/2$  [π]. Notre objectif est donc de chercher à modifier les caractéristiques du plateau afin d'empêcher cette annulation du couple.

### 3.1.2. Cas d'un plateau ovale :

Voyons si les points morts varient si le rayon du plateau est fonction de l'angle des manivelles.



La seule différence avec le cas précédent est que le rayon du plateau dépend de l'angle  $\theta$  :

$$C_{\text{ignon}} = \frac{2 * F * L * \cos(\theta) * r}{R(\theta)}$$

Ainsi, on fait intervenir un autre terme en fonction de  $\theta$  qui pourrait peut-être éviter d'obtenir un couple nul. Calculons alors  $R(\theta)$ . On sait qu'en coordonnées cartésiennes l'équation d'une ellipse est la suivante :

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$$

Soit en coordonnées polaires :

$$\left(\frac{R * \cos(\theta)}{a}\right)^2 + \left(\frac{R * \sin(\theta)}{b}\right)^2 = 1$$

$$R^2 * \left(\frac{\cos^2(\theta)}{a^2} + \frac{\sin^2(\theta)}{b^2}\right) = 1$$

$$R^2 = \frac{1}{\frac{\cos^2(\theta)}{a^2} + \frac{1 - \cos^2(\theta)}{b^2}}$$

$$R^2 = \frac{a^2 * b^2}{b^2 * \cos^2(\theta) + a^2 - a^2 * \cos^2(\theta)}$$

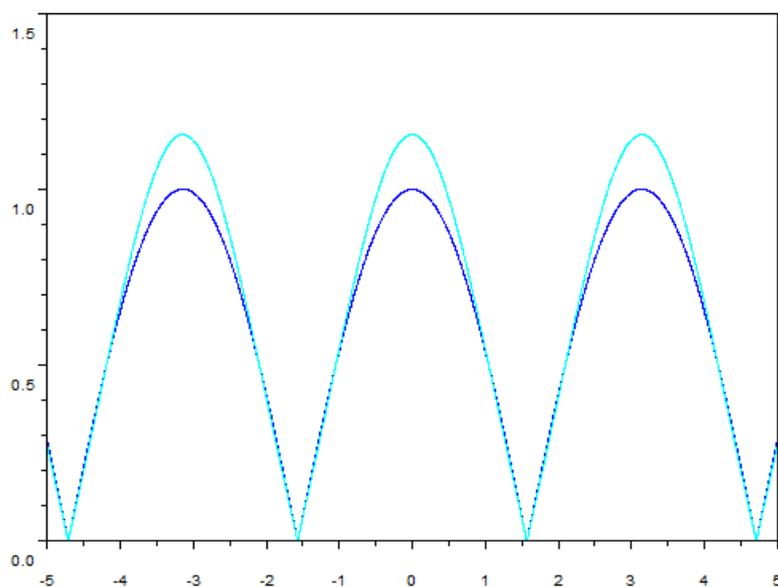
$$R^2 = \frac{b^2}{1 - (1 - b^2/a^2)\cos^2(\theta)}$$

$$R = \frac{b}{\sqrt{1 - (1 - b^2/a^2)\cos^2(\theta)}}$$

On obtient l'équation :

$$C_{pignon} = \frac{2 * F * L * \cos(\theta) * r * \sqrt{1 - (1 - b^2/a^2)\cos^2(\theta)}}{b}$$

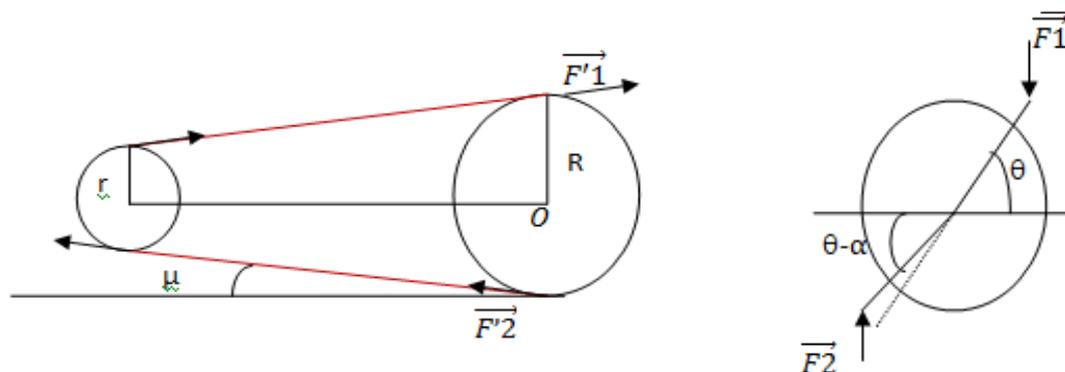
Nous avons tracé dans un même graphique le couple du pédalier circulaire de rayon b (courbe bleue) et celui d'un pédalier ovale (courbe turquoise). b étant la longueur du plus petit axe du pédalier ovale.



Nous pouvons remarquer d'après ce graphique comparatif, que la forme ovale du pédalier a uniquement permis d'augmenter la valeur maximale du couple et donc d'améliorer la performance lorsque les manivelles sont à l'horizontal. Cependant notre problème existe toujours car les points morts sont encore présents. Signalons quand même que ce genre de plateau est tout de même plus efficace que le pédalier classique car, en augmentant le couple au niveau des points « forts », le passage des points morts est légèrement facilité.

### 3.1.3. Cas d'un pédalier aux manivelles décalées

Dans nos recherches, nous avons trouvé l'existence de pédaliers possédant des manivelles n'étant pas parfaitement alignées. Etudions l'effet de ce décalage sur le couple du pignon :



Cette fois la différence intervient au niveau du calcul des moments initiaux :

$$Mo(\vec{F1}) = F * L * \cos(\theta)$$

$$Mo(\vec{F2}) = F * L * \cos(\theta - \alpha)$$

$$C_{manivelle} = F * L * (\cos(\theta) + \cos(\theta - \alpha))$$

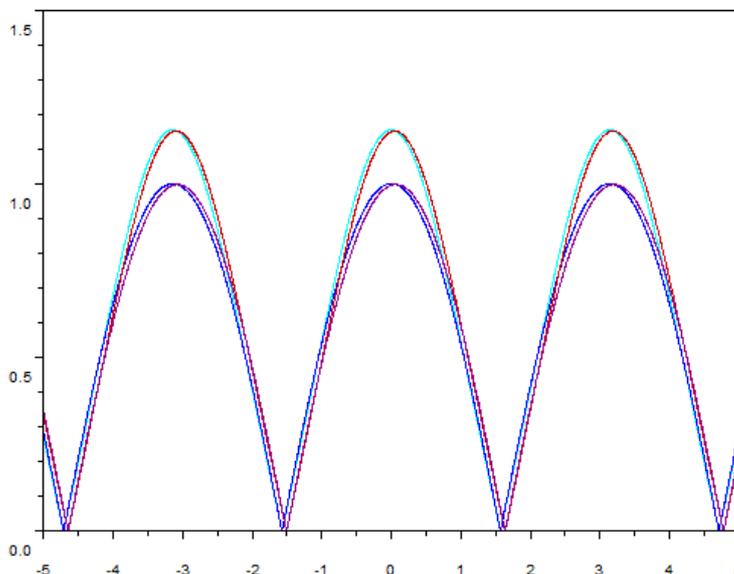
Finalement pour un pédalier circulaire :

$$C_{pignon} = \frac{F * L * (\cos(\theta) + \cos(\theta - \alpha)) * r}{R}$$

Pour un pédalier ovale :

$$C_{pignon} = \frac{F * L * (\cos(\theta) + \cos(\theta - \alpha)) * r * \sqrt{1 - (1 - b^2/a^2) \cos^2(\theta)}}{b}$$

D'où la courbe :

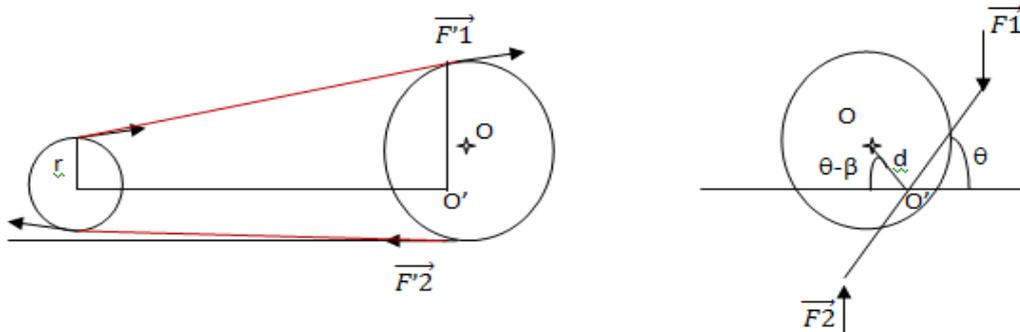


Dans ce graphique nous avons gardé les précédentes courbes et nous y avons ajouté la courbe magenta représentant le pédalier rond et la courbe rouge le pédalier ovale.

Finalement nous avons seulement réussi à décaler le point mort de  $\frac{\pi}{2}$  à  $\frac{\pi - \alpha}{2}$  [ $\pi$ ] mais en aucun cas à les supprimer. Cependant ces courbes confirment la supériorité du plateau ovale par rapport à un plateau classique.

### 3.1.4. Cas d'un plateau excentré par rapport à l'axe des manivelles :

Enfin reprenons la méthode précédente dans le cas où l'axe de rotation des manivelles n'est pas confondu avec le centre du plateau.



Cette configuration considère que le centre du pédalier est confondu avec le centre des manivelles  $O'$  mais pas avec celui du plateau  $O$ , ce dernier étant excentrée de  $\overline{OO'} = d$ . Posons l'angle entre  $\overline{OO'}$  et les manivelles  $(\overline{OO'}, \overline{O'M_2}) = \beta$ . Nous remarquerons pour la suite de nos calculs que  $O$  tourne autour de  $O'$  et que l'angle  $\beta$  est constant dans le temps.

$$Mo(\vec{F1}) = Mo'(\vec{F1}) + \overline{OO'} \wedge \vec{F1}$$

$$Mo(\vec{F1}) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -F1 * L * \cos(\theta) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d * \cos(\beta - \theta) \\ -d * \sin(\beta - \theta) \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ -F1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$Mo(\vec{F1}) = -F1 * L * \cos(\theta) - F1 * d * \cos(\beta - \theta)$$

De même:

$$Mo(\vec{F2}) = -F2 * L * \cos(\theta) + F2 * d * \cos(\beta - \theta)$$

Au final,

$$C_{manivelle} = 2 * F * L * \cos(\theta)$$

Nous retrouvons donc la même équation du couple que lorsque les manivelles sont centrées.

### 3.2. Cas d'une force non verticale

Dans cette partie nous allons considérer que la force appliquée sur chaque pédale n'est plus uniquement verticale mais plutôt diagonale et ainsi l'exprimer avec deux composantes, une suivant l'axe  $\vec{x}$  ( $F_x$ ) et l'autre suivant l'axe  $\vec{y}$  ( $F_y$ ). Nous conservons cependant l'hypothèse que la force est constante au cours du cycle. Nous allons donc refaire tous les calculs du couple des manivelles en conservant le raisonnement précédent.

$$\vec{F1} = \begin{pmatrix} F_x \\ -F_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{F2} = \begin{pmatrix} -F_x \\ F_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

### 3.2.1. Cas du pédalier aux manivelles alignées

Recommençons nos calculs :

$$Mo(\vec{F1}) = -Fx * L * \sin(\theta) - Fy * L * \cos(\theta)$$

$$Mo(\vec{F2}) = -Fx * L * \sin(\theta) - Fy * L * \cos(\theta)$$

$$C_{manivelle} = 2 * L * (Fx * \sin(\theta) + Fy * \cos(\theta))$$

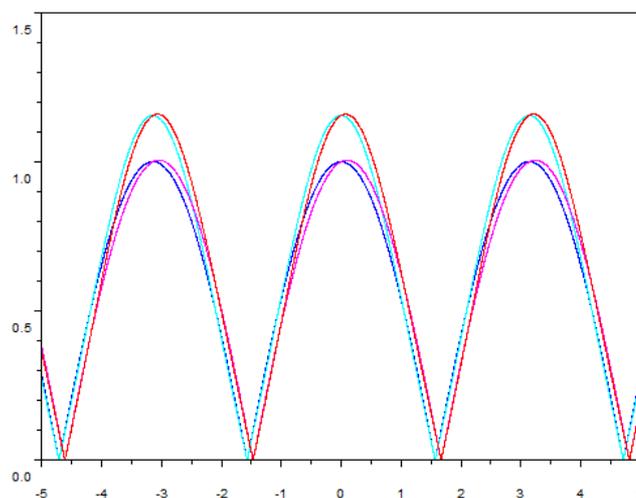
D'où, pour un plateau rond :

$$C_{pignon} = \frac{2 * L * (Fx * \sin(\theta) + Fy * \cos(\theta)) * r}{R}$$

Et pour un plateau ovale :

$$C_{pignon} = \frac{2 * L * (Fx * \sin(\theta) + Fy * \cos(\theta)) * r * \sqrt{1 - (1 - b^2/a^2) \cos^2(\theta)}}{b}$$

Nous obtenons alors les courbes suivantes:



Comme précédemment, les courbes bleues représentent les couples d'un plateau rond (bleu) et celui d'un ovale (turquoise) en considérant une force verticale. La courbe magenta montre l'évolution du couple généré par un plateau rond lorsque la force appliquée sur la pédale est diagonale et la rouge celle du plateau ovale. Une fois de plus les points morts ne sont pas supprimés mais seulement décalés.

### 3.2.2. Cas du pédalier aux manivelles décalées

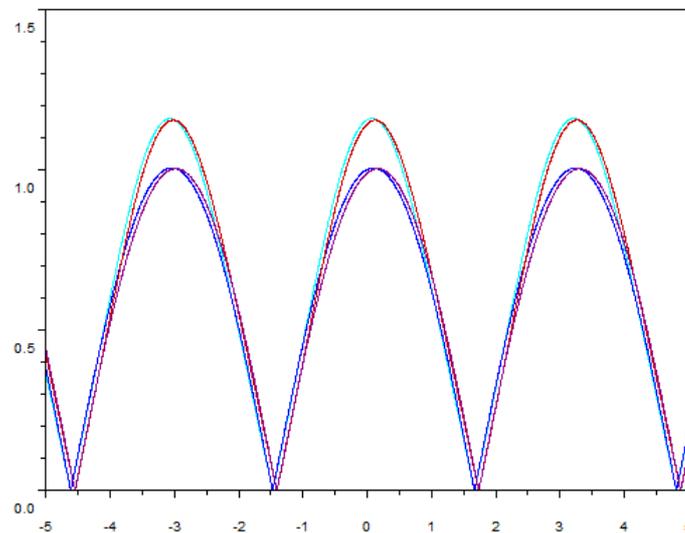
Toujours de la même manière, calculons le moment des forces  $\vec{F1}$  et  $\vec{F2}$  en o :

$$Mo(\vec{F1}) = -L * (Fx * \sin(\theta) + Fy * \cos(\theta))$$

$$Mo(\vec{F2}) = -L * (Fx * \sin(\theta - \alpha) + Fy * \cos(\theta - \alpha))$$

Le couple du pignon est alors:

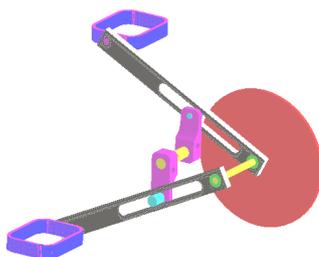
$$C_{pignon} = \frac{L * ((Fx * (\sin(\theta) + \sin(\theta - \alpha)) + Fy * (\cos(\theta) + \cos(\theta - \alpha))) * r}{R(\theta)}$$



Une fois de plus, on retrouve les mêmes courbes avec les mêmes valeurs maximales et minimales. On constate également un décalage entre les points morts pour des manivelles alignées et ceux pour les manivelles décalées.

### 3.3. Une nouvelle sorte de pédalier...

En conclusion de ce dossier nous pouvons dire que l'existence des points morts reste une constante tant que notre plateau dépend d'un mouvement de rotation. Si nous voulons résoudre ce problème, il nous faut donc chercher une manière innovante de pédaler impliquant un mouvement différent. Nous avons trouvé, suite à de nouvelles recherches un « pédalier » remplissant ces nouveaux critères.



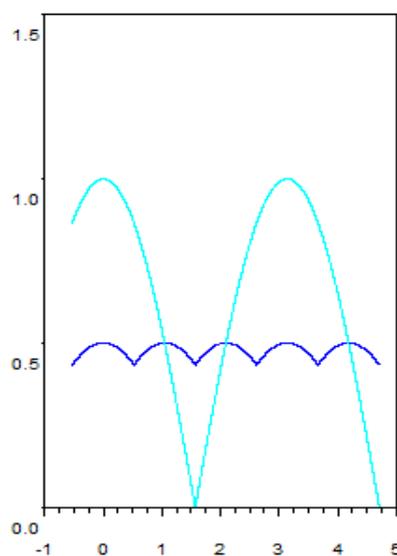
[2]

Le système de transformation de mouvement selon l'invention est constitué de deux manivelles pivotant autour d'un axe commun. Chaque manivelle possède une rainure dans laquelle vient rouler un galet. Les deux manivelles sont synchronisées par un vilebrequin central dont les galets coulisent dans les rainures des manivelles. La sortie du mouvement se fait à l'aide de deux roues libres montées à l'axe des manivelles. Ce système assure un « pédalage » sans à-coup car les deux manivelles ont la même vitesse angulaire.

Calculons le couple fourni par ce système :

$$\begin{aligned} Mo(\vec{F1}) &= F * L * \cos(\theta) & \text{ou} & & Mo(\vec{F1}) &= 0 \\ Mo(\vec{F2}) &= 0 & \text{ou} & & Mo(\vec{F2}) &= F * L * \cos(\theta) \end{aligned}$$

$$C_{manivelle} = F * L * \cos(\theta)$$



Cette fois ci, la courbe turquoise représente le couple pour un pédalier classique (forces verticales), la courbe bleue, elle, représente le couple de notre nouveau pédalier. On se rend facilement compte que cette nouvelle sorte de pédalier permet d'éviter les points morts ; cependant, le couple disponible est divisé par 2. De plus le couple minimal est beaucoup plus fréquent : une période de pédalier classique représente trois périodes sur notre nouveau pédalier.

## 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

### CONCLUSION DU PROJET

Nous avons pour objectif final de trouver une géométrie originale pour le pédalier, qui permettrait à l'utilisateur de pédaler de la façon la plus régulière possible en évitant les problèmes liés aux points morts.

Après avoir étudié différents types de pédalier déjà sur le marché, nous sommes arrivés à la conclusion que les problèmes que posent les points morts n'étaient pas supprimés mais atténués. Bien que certains, très bien étudiés du point de vue strictement mécanique (atténuation du passage aux points morts et augmentation du couple transmis), se sont révélés néfastes physiologiquement. En effet, l'organisme n'accepte pas de variations brutales de la vitesse instantanée, provoquées par ces différents dispositifs. Aussi, le pédalier circulaire, très souple dans son mode de transmission, demeure le meilleur système actuel.

Cependant nous avons trouvé un système qui propose une alternative à ces pédales traditionnels. Il s'agit encore d'un projet, un brevet à d'ailleurs été déposé par son inventeur, mais comme nous l'avons démontré précédemment, d'un point de vue mécanique cela semble être la meilleure alternative entre le pédalier traditionnel circulaire et le moteur. En effet, pour obtenir un système « parfait » en termes de puissance et de pertes, il faut utiliser un système où l'Homme n'intervient pas !

### CONCLUSION DU GROUPE

Ce projet nous a permis de nous investir dans un travail en groupe, en effet nous nous sommes repartis les tâches de façon à tirer parti des qualités de chacun. Le projet faisait intervenir deux types de tâches (simulation et calculs numériques) nous avons pu choisir ce que nous voulions effectuer suivant nos affinités. Ainsi nous avons pu apporter notre contribution chacun à notre manière et dans le domaine que nous préférons. Comme nous nous voyions chaque semaine, nous étions motivés à travailler régulièrement afin de pouvoir faire un compte rendu de nos avancées respectives et ainsi prendre part dans la construction progressive du projet. Le travail de groupe est, en effet, particulièrement enrichissant dans le sens où il apporte une ouverture sur les autres, un partage des connaissances, une méthode de travail différente. Ce qui nous a permis de mener à bien notre projet est très certainement l'implication et la bonne entente des membres de notre groupe. Il est vrai que nous avons tous eu la chance d'avoir le sujet qui répondait à notre premier vœu. Mais notre force résidait essentiellement dans notre aisance à « échanger nos connaissances » c'est-à-dire, la capacité d'expliquer aux autres ce que nous comprenions et la façon dont on pouvait voir les choses.

De plus ce projet a permis à certains de découvrir de nouveaux outils tel que des logiciels comme scilab, flash par exemple. Et également de mettre concrètement en application des outils acquis lors d'UV tel que la P9 par exemple (calcul de moments, de couples entre autres), ce que d'autres projets déjà réalisés à l'INSA ne permettaient pas forcément.

Enfin, ce projet nous a permis d'appréhender le vélo, plus particulièrement le pédalage d'une autre manière dont nous avons pour la plupart pas conscience, ni connaissance au démarrage de ce projet. S'ajoute à cela une réelle ouverture d'esprit et une nouvelle sensibilisation au monde du cyclisme, une chose qui tombe bien, à quelques semaines du « Tour de France ».

### PERSPECTIVES D'AMELIORATION

A l'avenir on pourrait améliorer ce projet en perfectionnant les animations, en testant d'autres formes de pédalier. Il serait également intéressant d'approfondir l'étude du nouveau pédalier et pourquoi pas le réaliser.

On pourrait aussi envisager de tester réellement les différents pédaliers, se pencher sur l'aspect biomécanique, ou voir quel serait l'effet de l'utilisation des vitesses. Eventuellement étudier l'impact qu'aurait l'utilisation de différentes formes pour un pignon.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

[1] lien internet : <http://www.cyclesud.fr/chroniques/entrainem-pedal.html> (validé à la date du 18/06/2008)

[2] lien internet : <http://pagesperso-orange.fr/alexandre.martenne/index.htm> (validé à la date du 18/06/2008)

[3] « Plateaux Rotor Q-Ring », *Top Vélo*, rubrique « A l'essai », avril 2007

[4] magazine *Le Cycle* n°344, octobre 2005

lien internet : [www.rotorbike.com](http://www.rotorbike.com)

lien internet (cycle de pédalage) : <http://pagesperso-orange.fr/l.reynaud/Pedalage.htm>

## 6. ANNEXES

### 6.1. Notion de développement

Le développement correspond à la distance parcourue sur la route par le vélo lors d'un tour de pédalier. En actionnant ses dérailleurs, le cycliste peut choisir la taille du plateau et la taille du pignon, il peut ainsi faire varier le développement. Avec un plateau de 52 dents et un pignon de 14 dents, le développement est de 7,93m. Si le cycliste pédale à 80tours/min, sa vitesse sera de 38 km/h. Un cycliste ayant choisi un développement long ira vite, mais il lui faudra délivrer une force importante. Avec un plateau de 39 dents et un pignon de 19 dents, la longueur du développement est de 4,39 m. Si le cycliste pédale à 80 tours/min sa vitesse sera de 21 km/h. Pour le cycliste qui choisit un développement plus court, l'effort musculaire sera plus modeste et la vitesse plus lente. Les développements choisis seront donc plus courts en côte et plus longs en descente ou sur le plat.

### 6.2. Description des trois types de pédaliers :

#### 6.2.1. Le plateau Harmonic O'symetric :



#### Le principe:

Avec un plateau rond, on observe que lors des points morts la jambe est trop faible et inversement quand la manivelle est à l'horizontale : la jambe est trop forte. L'idée des concepteurs a été de créer un plateau à géométrie variable: enlever du travail là où on est faible et en rajouter là où on est fort !

Les calculs de l'efficacité maximale (entre couple résistant et couple moteur) lui donnent une forme de « patatoïde » et non ovale. Car avec l'ovale on ne peut pas suivre point par point le travail de la jambe. Pour simplifier les calculs nous considérerons le plateau comme ovale.

### Les avantages:

Cinq études ont validé ce produit. Ces études étaient axées dans différents domaines : physiologie, électromyographie, mathématique, biomécanique ainsi que sur le terrain et toutes étaient concordantes. Les résultats ont montré un gain de 10% au niveau de la puissance maximale aérobie, 10% de puissance au seuil lactique en plus et 10% d'acide lactique en moins. Ce qui donne une augmentation jusqu'à 3% de la vitesse à puissance maximal aérobie...

Explication sur les plateaux O,symetric :

Produit étudié sous le nom d'HARMONIC et commercialisé sous le nom: O.SYMETRIC. Ce projet est un travail d'équipe spécialisé dans la performance de l'homme et la santé. Le système a été breveté en 1991.

Pour éliminer le point mort. Le principe est que la force à appliquer à la pédale est constamment proportionnelle à la force naturelle de l'athlète. Quand la pédale est en haut la force du cycliste est faible (point mort haut) le rayon est faible, quand la pédale approche l'horizontale le cycliste développe plus de force, le rayon est à son maximum et décroît ensuite jusqu'au point mort bas. Le rayon du plateau varie constamment pour adapter le braquet à la force naturelle de l'athlète. La géométrie ainsi créée est deux courbes successives ayant pour seule symétrie le point centrale de rotation.

## 6.2.2. Le pédalier Rotor



Rotor rend les manivelles indépendantes, de façon à ce qu'elles ne soient plus alignées constamment à 180°, mais plutôt de façon à ce que cet angle varie au cours d'un tour de pédale, de sorte que jamais l'une des pédales ne soit à l'opposé de l'autre, évitant ainsi les ruptures dans la puissance du pédalage. Cet effet est obtenu par l'utilisation de manivelles indépendantes dont le mouvement est synchronisé par le couplage d'un excentrique et de deux biellettes, faisant varier le développement lors d'un cycle de pédalage, et ce de façon à l'adapter constamment à l'effort musculaire de chaque jambe. En supprimant ce point mort, Rotor optimise l'effort du cycliste et réduit le risque de blessure, procurant un plus notable dans les performances avec un pédalage plus confortable et plus sain.

### Bénéfices apportés par le système rotor

En éliminant le point mort, le système rotor maximise les performances. Les résultats montrent que le système Rotor apporte un gain de puissance réel de l'ordre de 16% (Equivalent à une diminution des temps moyen de 3mns par heure) en même temps qu'une réduction de la production de lactates et de l'effort cardiaque. [3]

### **6.2.3. Le pédalier Démultiflex : le pédalier à réduction d'effort**



La conception originale et innovante de ce système breveté permet un gain important de l'effort et permet une performance très supérieure quelle que soit la distance à parcourir. Le pédalier Démultiflex est constitué de deux plateaux solidaires (petit plateau fixe de 52 dents, grand plateau de 54 à 60 dents), d'une chaîne intérieure entraînée par une couronne appelé réducteur et dont la taille varie selon le niveau du cycliste. Démultiflex a pour but de réduire l'effort à fournir pendant le pédalage, puisque lorsque les manivelles font un tour complet, le plateau extérieur ne fait qu'environ 7/8ème de tour. [4]