

# GENEBIKE

## Rapport

A.Bulteau, B.Kerléguer, M.Louart, T.Loridant, V.Perrin

April 23, 2016

---

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Etude magnétique</b>	<b>3</b>
2.1	Méthode d'étude . . . . .	3
2.2	hypothèses d'étude . . . . .	3
2.3	Critère de choix . . . . .	3
2.4	Machine à flux axial . . . . .	4
2.5	Machine à flux radial . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Etude de la puissance théorique</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Conception du moyeu</b>	<b>7</b>
4.1	Normes . . . . .	7
4.2	Choix des quotations . . . . .	7
4.3	Choix des matériaux . . . . .	8
4.4	Conception . . . . .	8
4.5	Réalisation . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Conclusion? autre nom pour presenter la dernière partie? ou Véri- fication de la théorie?</b>	<b>9</b>
	Des remerciements?	

---

# 1 Introduction

Ce projet est la reprise de celui d'un groupe de l'année dernière. En constatant leur réalisation, nous avons décidé de partir de zéro. La raison primaire à cela est que la réalisation de l'an passée étant en plastique, ne pouvait supporter les efforts mécaniques. La seconde raison est que le couple de détente est trop important. Pour vous donner une idée, la valeur du couple de détente est équivalent à ce que le vélo ne puisse pas descendre une pente de 10% sans effort ajouté par l'utilisateur. Nous nous sommes donc intéressés à un modèle plus "classique" avec des matériaux pouvant répondre aux contraintes mécaniques. Nous avons envisagé deux solutions au début du projet. Soit, la conception d'une machine dit à flux axial, c'est à dire que le flux magnétique est orienté suivant l'axe du moyeu. Ce système nous permet d'avoir un couple de détente nul et il est utilisé dans divers applications telles que les éoliennes. Ou bien, reprendre une machine à flux radial comme le prototype de l'année dernière mais en essayant de minimiser ce couple de détente.

Après le confort de l'utilisateur, nous nous intéressons à la partie sécurisée qui va se focaliser sur la partie éclairage. En récupérant l'énergie de notre génératrice, nous allons nous demander : comment respecter les normes de l'éclairage, comment assurer que le système puisse fournir assez de puissance pour une vitesse donnée et comment assurer un éclairage lorsque le cycliste est à l'arrêt durant la nuit.

Le tout est de dimensionner le moyeu pour pouvoir répondre à ces divers attentes. Nous détaillons les différentes démarches par la suite.

## 2 Etude magnétique

### 2.1 Méthode d'étude

**E** tant donné le fait que la condition principale du cahier des charges soit une tension de 6V à vide pour notre génératrice, il a été choisi de d'abord déterminer une géométrie pour le circuit magnétique pour concevoir ce dernier et simuler ces performances pour valider ou non la géométrie. Pour simuler les performances des différents circuits magnétiques envisagés nous avons décidé d'utiliser le logiciel ANSYS Maxwell permettant de modéliser des circuits magnétiques 3D.

### 2.2 hypothèses d'étude

**P** our réaliser l'étude des différentes géométries envisagées et concevoir notre génératrice certaines hypothèses simplificatrices sont utilisées:

- La variation du flux dans une spire en fonction de l'angle du rotor par rapport au stator est considérée sinusoïdale.

### 2.3 Critère de choix

**L** es critères permettant de valider ou nous l'utilisation du circuit magnétique étudié lors de la simulation les critères suivant seront utilisés:

- Placer un maximum d'aimants permanents
- Flux assez important pour permettre d'atteindre 6V à vide avec un nombre de spires par bobine raisonnable.
- Placer les bobines dans la géométrie.
- Couple de détente le plus faible possible.

## 2.4 Machine à flux axial

Dans un premier temps nous avons choisi d'étudier une géométrie de type machine à flux axial (dont la géométrie typique est présentée ci-dessous) pour notre génératrice. En effet ce type de géométrie possède plusieurs avantages:

- Masse faible.
- Facilité d'usinage.
- Possibilité de ne pas utiliser de fer.

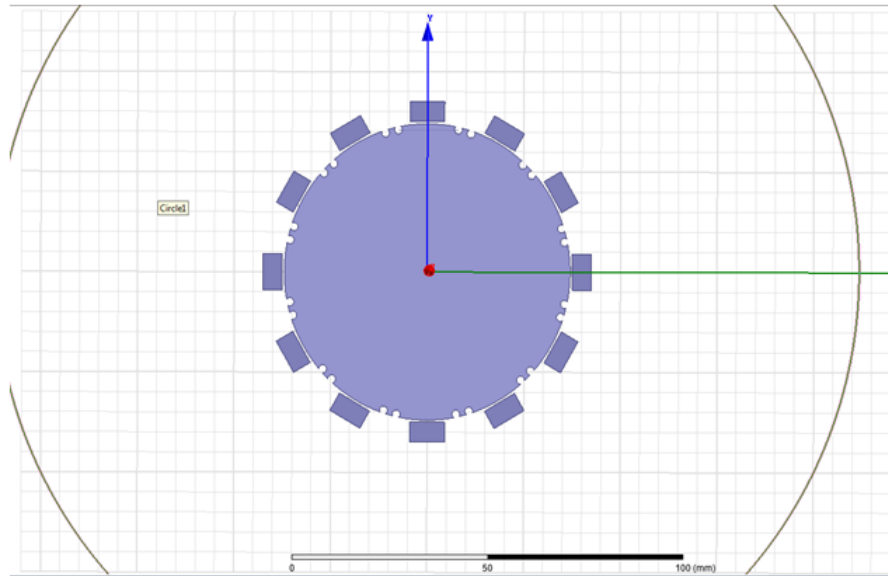
Le premier élément à déterminer est le nombre d'aimant NdFeB à utiliser. Ce nombre doit être le plus grand possible pour augmenter le nombre de paires de pôles. Cependant si l'on utilise trop d'aimants ceux-ci seront trop proches les uns des autres et on verra apparaître des lignes de champs reliant les aimants juxtaposés, on voit apparaître un court-circuit magnétique. Pour les dimensions de la génératrice, et les aimants choisis, on peut montrer avec les simulations que le nombre d'aimants à utiliser est de 18. Le nombre d'aimants étant déterminé, on peut simuler la géométrie pour différentes valeurs de l'espace entre les aimants. On voit que cet espace doit être minimiser pour avoir le flux le plus grand possible au centre des aimants. Cependant même en réduisant au maximum cet espace en tenant compte de l'épaisseur du stator utilisé et des limites mécaniques le flux obtenu est trop faible pour permettre d'atteindre une tension de 6V à vide en utilisant un nombre raisonnable de spires par bobine.

## 2.5 Machine à flux radial

Nous avons donc décidé de choisir une géométrie à flux radial pour concevoir notre génératrice. Cette géométrie nécessite l'utilisation de matériau ferromagnétique pour canaliser le flux magnétique il faudra donc être vigilant au couple de détente qui peut devenir important lors d'utilisation de matériau ferromagnétique.

Dans un premier temps nous avons décidé d'étudier une solution utilisant une couronne de fer comme stator dans laquelle on pratiquera des extrusions pour venir y loger les spires des bobines. Un dessin avec Maxwell de la géométrie est présenté ci-dessous.

**Figure 1:** Représentation de la première géométrie à flux radial envisagée



Là encore le premier élément à déterminer est le nombre d'aimant à utiliser. Nous avons ici aussi choisit d'utiliser 18 aimants car compte tenu de leurs disposition et de leurs dimensions, le phénomène de court-circuit magnétique n'est alors pas observé. Le nombre d'aimants est aussi limité par le coût de production de notre génératrice, en effet il faut que cette dernière soit compétitive avec les autres génératrices déjà présentes sur le marché.

La simulation avec Maxwell fournit les résultats suivants:

- Flux maximal par spire par bobine :  $1.10^{-5}$ Wb
- Couple de détente maximal : 1.4 Nm

Ce couple de détente bien que peu important est non négligeable. On peut déterminer le nombre de spires par bobines nécessaire pour atteindre une tension d'amplitude 6V en fonctionnement nominal à vide :

$$U = \frac{N^2}{2} \cdot M \cdot \Phi \cdot \omega$$

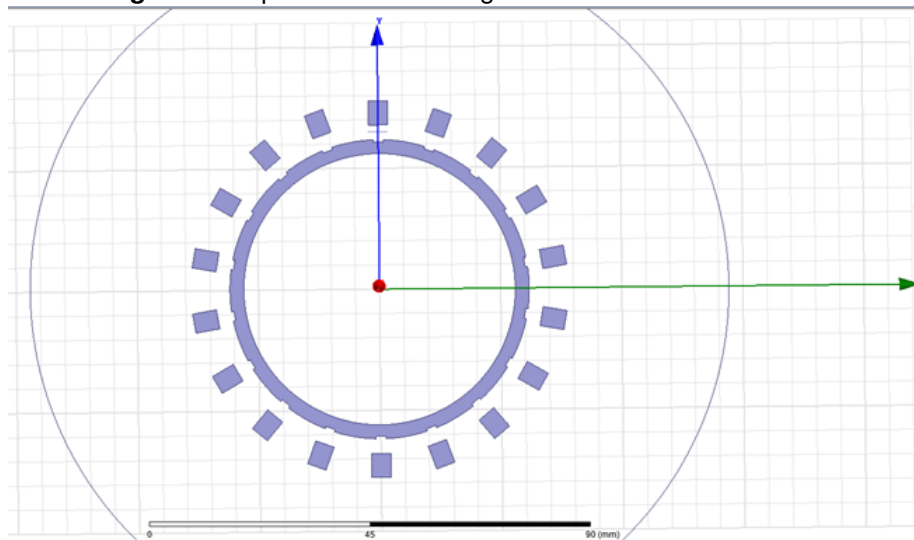
Où :

- N : Nombre d'aimants
- $\Phi$  : flux par spire par bobine en Wb
- $\omega$  : vitesse de rotation mécanique en rad/s
- M : Nombre de spires par bobine

Ici on obtient donc en résolvant cette équation  $M=274$  ce qui est trop important vis à vis des chutes de tension ohmiques lors de l'utilisation en charge de la génératrice. De plus le bobinage de cette machine ainsi que son usinage n'étant pas pratiques, nous avons étudié une dernière solution.

Pour cette solution, nous avons décidé d'utiliser des portes-bobines en aluminium pour ne pas induire de couple de détente trop important comme ce fut le cas l'année dernière. Le dessin de cette géométrie sous Maxwell est présenté ci-dessous .

**Figure 2:** Représentation de la géométrie finale avec Maxwell



L'encastrement des portes-bobines dans le stator sera effectué par le biais de simples encoches dont les dimensions ne génèrent pas de discontinuités importantes du matériau ferromagnétique et ainsi ne devrait pas généré de couple de détente trop important.

Les résultats fournis par la simulation sont les suivants:

- Le flux par spire par bobine moyen mesuré est d'environ  $0,562 \cdot 10^{-4}$  Wb
- Le couple de détente a une valeur maximale de 0.2 Nm

Ces résultats sont bien plus intéressants que les géométries précédentes. En utilisant le même raisonnement que précédemment on constate qu'il faudra utiliser 49 spires par bobines pour atteindre une tension à vide d'amplitude 6V. Il faudra donc concevoir les portes-bobines en conséquence. Nous aurions pu envisager d'utiliser plus d'aimants pour réduire le nombre de spires par bobine et donc les chutes de tension ohmiques lors de l'utilisation en charge de la génératrice, cependant nous verrons par la suite qu'il n'est pas possible de disposer plus que 18 porte-bobines sur le pourtour du stator. Ainsi nous ne nous sommes pas intéressés à cette solution.

### 3 Etude de la puissance théorique

L'étude du circuit magnétique final ainsi que le choix des cables de cuivres nous

---

permet d'étudier la puissance théorique de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation mécanique et de la charge à ses bornes.

## 4 Conception du moyeu

### 4.1 Normes

Avant toute chose, il a fallu faire une recherche élargie sur la connaissance des normes associée à un moyeu de vélo, afin d'éviter tout problème d'incompatibilité et de rendre notre modèle le plus standard possible. Voici une liste des normes qu'il a fallu prendre en compte :

- Le rayon et la longueur maximal de notre moyeu.
- La longueur d'antrax de la fourche étant de 110mm.
- Le filtage sous la norme BSC (British Standard Cycle).
- 

### 4.2 Choix des quotations

En appliquant les normes. On constate qu'on n'a pas de liste de différentes dimensions de moyeu, ainsi la conception du moyeu va reposer essentiellement sur ces critères :

- Minimiser la masse du système
- Les résultats expérimentaux de l'étude magnétique
- Le respect des normes d'un moyeu de roue avant
- L'usinabilité des pièces
- La résistance de l'assemblage suite à un effort radial image de la masse de l'utilisateur plus celui du vélo.

Il faut savoir que la dimension des rayons n'est qu'une problématique à prendre qu'à la fin. Il existe un abac en ligne très riche sur la dimension des rayons en fonction :

- Du nombre de rayons
- Dimension du moyeu et de la roue (29 pouce)
- Du type de montage, c'est à dire, si on fait un deux ou trois croisement

L'encombrement du cylindre est de 60mm de long pour 100mm de diamètre, nous nous intéressons à l'encombrement du cylindre car la partie axe réceptionnant la fourche est une partie standard respectant les normes cités ci-dessus.

---

### 4.3 Choix des matériaux

Suite à l'expérience de l'année dernière, nous avons décidé de ne pas reproduire cette erreur qu'était de se lancer dans l'impression 3D de toutes les pièces. Ces pièces étaient fabriquées avec une excellente qualité géométrique et d'état de surface mais ces dernières ne pouvaient pas supporter les contraintes exercées par l'utilisateur. Nous avons décidé d'utiliser des matériaux beaucoup plus résistants tels que la contrainte impliquée sur le moyeu ne déforme aucune pièce. Voici la liste des matériaux présents dans l'assemblage :

- Acier d'usage général
- Aluminium standard
- plastique du type ABS (Acrylonitrile butadiène styrène)
- Acier spécifique pour les roulements : 100 Cr 6

L'acier est utilisé sur les pièces subissant les contraintes les plus importantes et fermer les lignes de champ magnétique. L'aluminium est utilisé pour les autres pièces subissant des contraintes moins importantes. Puis une pièce est fabriquée par impression 3D en ABS qui ne subit aucun effort, elle a pour but de placer les aimants.

### 4.4 Conception

Lors de la conception des pièces, nous avons dû penser aux différents procédés d'obtentions qui nous sont disponibles tels que :

- Tour manuel
- Fraise manuel
- Electro-érosion

A partir de ces connaissances, contraintes, nous avons pu modéliser nos pièces sous un logiciel de CAO tel que Catia. Ainsi, nous avons modélisé deux modèles pouvant répondre au cahier des charges. La différence entre les deux modèles diffère au niveau de la conception de la partie statorique de la génératrice.

Le premier modèle

Cette première solution permet de réduire au maximum le couple de détente et de pouvoir garantir le cahier des charges sur le niveau de la puissance. Le couple de détente est proportionnel aux irrégularités de la révolution du stator aux propriétés ferromagnétiques, plus il y a d'irrégularité plus le couple de détente est important. La réalisation des portes bobines restent néanmoins compliquée de par la précision demandée par l'outil d'usinage et aussi de par les propriétés du matériau. L'aluminium s'usine trop bien à cela induit le problème de l'usinage souhaité. Il a fallu être astucieux et comprendre la finesse de la machine et de sa capacité. L'autre difficulté intervenant dans l'usinage des supports bobines réside sur l'épaisseur de certaines parties étant de



l'ordre de quelques dixièmes. La seconde solution permet de passer à travers se problème d'usinabilité des supports bobines. On gagne en temps et en facilité d'usinage en restant sur une fraise et tour manuel. De plus, nous gagnerons sur la valeur de la FEM créée parcontre le couple de détente sera supérieur à la première solution. Le couple de détente reste tout de même nettement inférieur à celui présent sur le premier prototype issue du groupe de l'année précédente. Par la suite, l'usinage des autres pièces se font de manière aisé.

#### **4.5 Réalisation**

Après l'usinage des pièces à l'aide de notre co-encadrant, voici les deux modèles de génébike

PHOTO MODELE 1

PHOTO MODELE 2

### **5 Conclusion? autre nom pour presenter la dernière partie? ou Vérification de la théorie?**