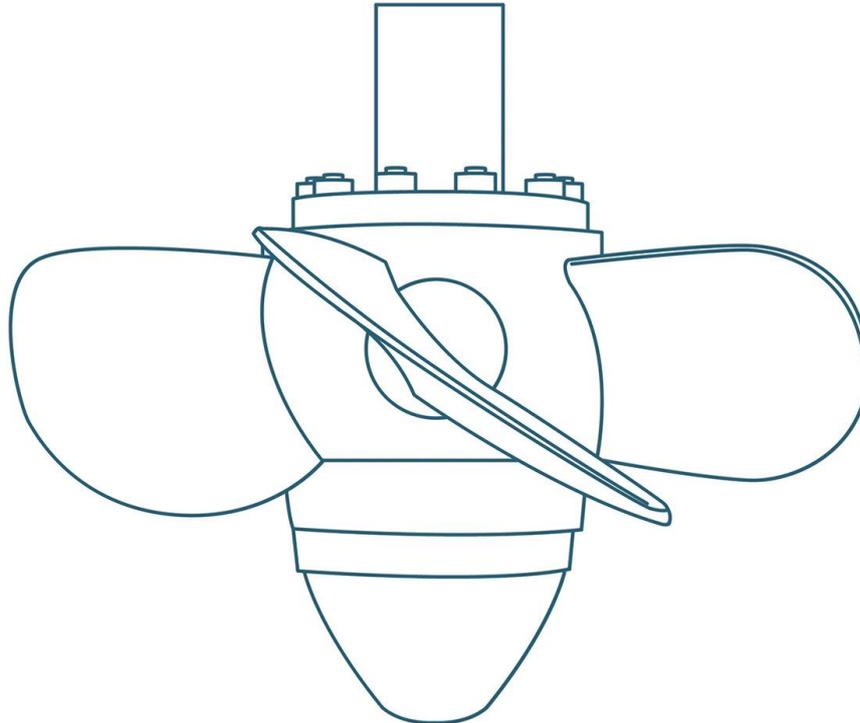


Microturbine hydroélectrique personnelle



Equipe de projet: RITTER Kevin, CLIVAZ Xavier, HÉRITIER Aurélien

Métier: Electronicien

Année d'apprentissage: 1ère année

Nom de l'école ou de l'entreprise: École des métiers du Valais

Nom de l'enseignant ou du maître d'apprentissage: MÉTRAILLER Joseph

Résumé du projet:

Le but de notre projet est de produire de l'électricité à partir de la pression de l'eau de la douche. Cela avec une turbine hydroélectrique miniature et un petit générateur électrique.

Projet Innovation: Potentiel d'économie d'énergie en kWh par an:

Notre moteur économisera 0.5 Wh par ans par personne qui l'utilise.

Soit $5 \cdot 10^{-4}$ kWh par ans.

Mais si une majorité des foyers suisse (~ 3 millions de foyers) utiliserait notre microturbine (qui n'est qu'un prototype) on économiserait alors 1500 kWh par ans.

Mais nous aurions pu aussi améliorer le moteur pour produire ainsi plus d'énergie mais par manque de temps et d'argent nous n'avons pas pu nous concentrer sur cette tâche.

Catégories du concours: Notre projet s'inscrit dans la catégorie innovation.

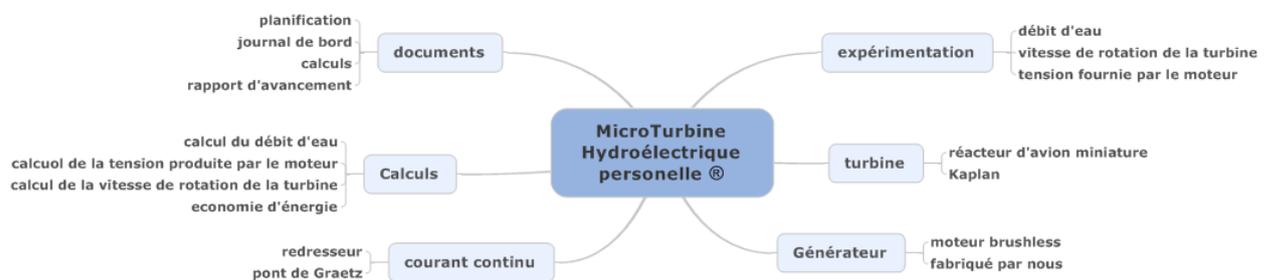
Sommaire

Introduction	3
1.1. Situation de départ	3
1.2. Bases	3
1.2.1 Les turbines	3
1.2.2 Les moteurs	4
1.3. Motivations	6
2. Recherche d'idées / définition du projet.....	7
2.2. Définition du projet et objectifs	8
2.3. Faisabilité	9
3. Planification du projet.....	10
3.1. Les étapes les plus importantes	11
3.2. Plan détaillé des tâches	11
4. Mise en œuvre concrète	12
5. Calculs.....	15
6. Rapport du projet	16
6.1. Rétrospective	16
6.2. Perspective	16

Introduction

1.1. Situation de départ

Nous consommons en moyenne 150 litres d'eau par jour et par habitant. Nous consommons entre 1600 (pour un appartement 2 pièces normales avec une cuisinière électrique) et 13000 kWh (pour une villa 5 pièces, avec chauffage électrique, chauffe-eau électrique et cuisinière électrique) par année en moyenne. Nous pouvons limiter notre consommation mais ne pas nous en passer et c'est pourquoi il faut récupérer l'énergie partout où elle se trouve. Il est facile de produire de l'électricité, il faut donc profiter de toutes les occasions pour en faire.



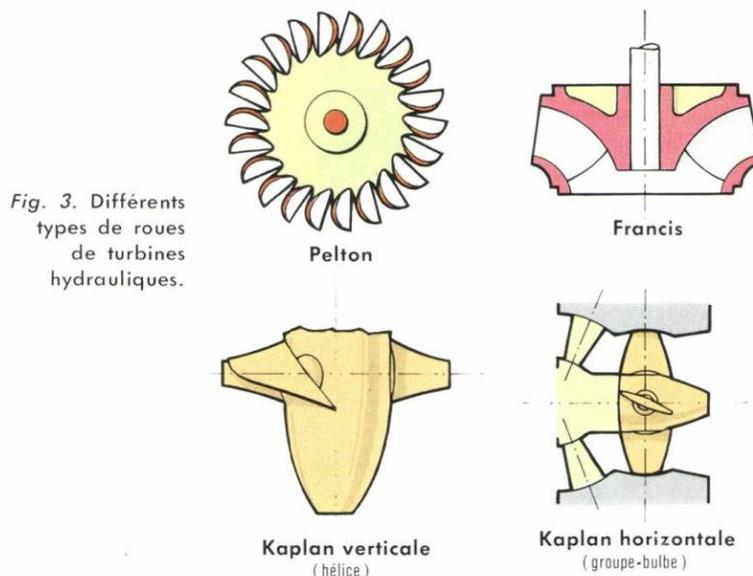
1.2. Bases

1.2.1 Les turbines

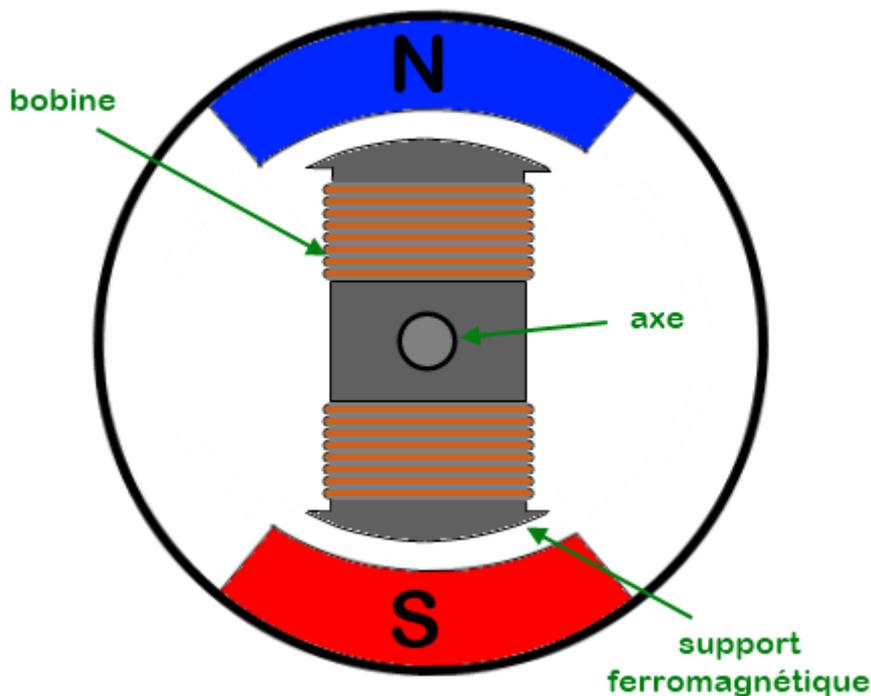
Afin que vous puissiez comprendre tout ce qui est montré dans ce document, je vais vous expliquer les bases de nos connaissances.

Pour commencer il y a 3 différents types de turbines. Les Pelton, les Francis et les Kaplan. Chaque type de turbine à ses caractéristiques, ses points forts et ses points faibles. C'est pour cela qu'il est très important de choisir la bonne turbine.

Différents types de turbines



- **Les roues Pelton** sont très utilisées en Valais notamment au barrage de la grande Dixence.
Pourquoi ? Parce que les roues Pelton sont utilisées quand l'eau a beaucoup de force. Il faut donc une grande pression et donc, une très grande hauteur de chute. Les roues Pelton sont donc adaptées à un milieu avec de grands montages et des barrages très hauts en altitude.
- **Les turbines Francis** sont utilisées pour des hauteurs de chutes moyennes. Elles ont une architecture plus complexe et sont donc plus difficiles à fabriquer.
- **Les turbines Kaplan** sont les plus simples car elles ressemblent beaucoup aux hélices de bateaux. Elles sont adaptées à de faibles hauteurs de chutes (elles ont donc beaucoup plus de chance de tourner avec la pression fournie par les robinets que l'on trouve dans nos maisons).



1.2.2 Les moteurs

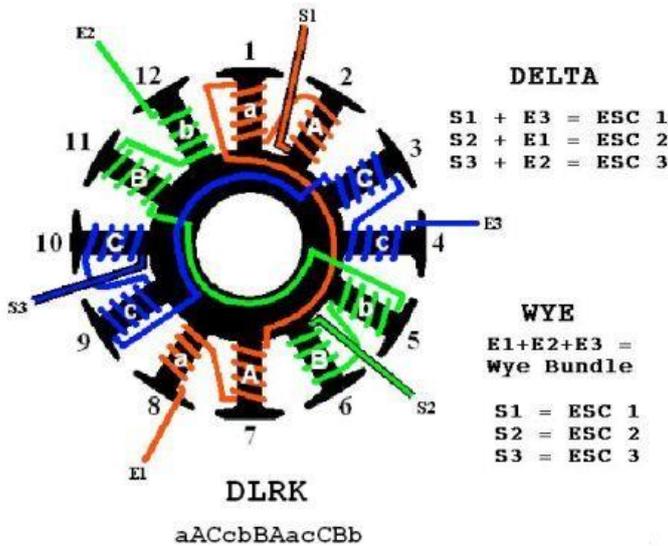
Schéma basique d'un moteur

- **Un moteur électrique** est un composant « électromécanique ». Il transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique (travail). La base du travail correspond à une force qui se déplace dans sa direction.
En règle générale un moteur est constitué par un bobinage et des aimants permanents.

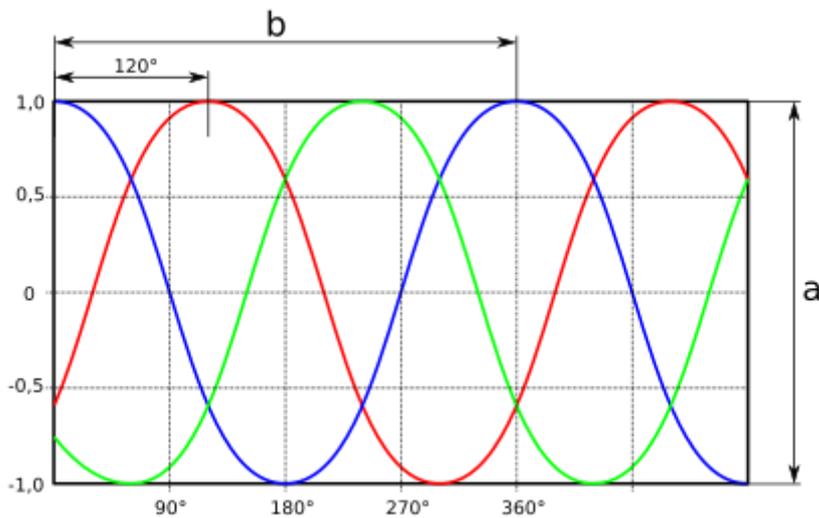
- 1) Le couple est proportionnel au courant

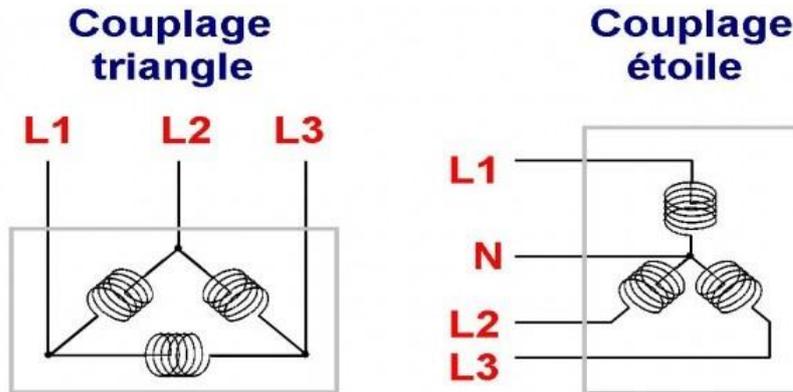
- 2) Le couple est proportionnel à la longueur des éléments de courant (donc au nombre de tour des bobinages).

L'énergie perdue par effet Joule dans les bobinages de couple est nuisible mais inévitable. Si on veut minimiser cette perte il faut diminuer la résistance des bobinages, donc prendre un fil très conducteur (Cuivre) et donc augmenter le poids du moteur.



Notre moteur est constitué de 3 pôles. C'est un moteur triphasé, ce qui signifie que 3 signaux sinusoïdaux décalés l'un de l'autre. Par rapport au mouvement circulaire du moteur, les signaux sont décalés de 120° l'un de l'autre.





Comme le moteur à 4 fils (le quatrième étant un neutre), c'est un couplage étoile.

- **Les aimants permanents** simples sont des pièces (composants) qui ont différentes formes :

1. Cylindres ou anneaux
2. Parallélépipèdes ou petites plaques
3. Fer à cheval ou autres formes

Un aimant simple est polarisé sous la forme de 2 pôles (Nord et Sud). Le nombre de pôles magnétiques est toujours pair.

- **Les bobinages.**

En complément des aimants permanents un moteur comporte généralement un ou des bobinages. La disposition des aimants et des bobinages détermine la famille du moteur. Chaque bobine ou partie de bobinage sera caractérisée :

1. Par la longueur et le diamètre du fil de cuivre (isolé par émailage)
2. Par le nombre de « spires »
3. Par la résistance de la bobine R_i (résistance interne) qui jouera un rôle important dans l'énergie perdue par effet Joule.

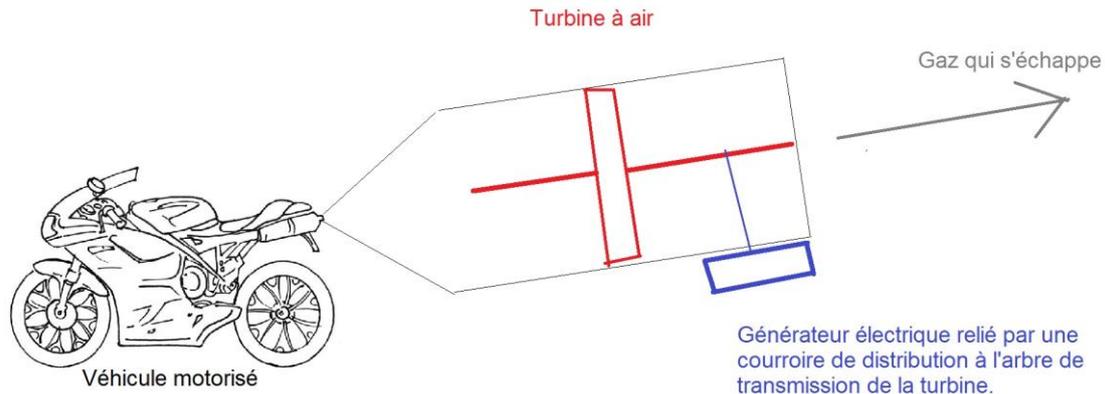
1.3. Motivations

Nous pensons qu'il est important de participer au concours de l'atelier pour le climat car de nos jours nous utilisons beaucoup de ressources. Nous pouvons limiter notre consommation en électricité mais nous ne pouvons pas nous passer de l'électricité. Il est donc primordial de savoir produire de l'électricité de manière écologique pour ne pas polluer. Il y a de multiples manières de faire de l'électricité sans polluer : les éoliennes, les centrales solaires ou les barrages hydroélectriques...

Il y a beaucoup d'énergie que l'on n'utilise pas et le minimum serait de combler ces pertes en s'en servant pour produire de l'énergie. Par exemple, toute la pression qu'il y a à la sortie de nos robinets d'eau est de l'énergie perdue. Nous pourrions par exemple l'utiliser et produire ainsi de l'énergie. Cela limiterait les pertes.

2. Recherche d'idées / définition du projet

Notre but final était de produire de l'électricité à partir des pertes produites par nos actions de tous les jours. Notre premier prototype proposait de produire de l'électricité à partir du gaz qui s'échappait du pot d'échappement des voitures et motos actuels.



Idee de projet 1

En grande lignes, le but était que le gaz qui s'échappe du pot d'échappement du véhicule quelconque fasse tourner une turbine qui entraînerait alors un générateur électrique (simple moteur).

Mais finalement, le projet a été abandonné. Nous nous sommes rendu compte que la pression du gaz qui s'échappait du véhicule n'était pas assez forte pour faire tourner une turbine. De plus, le moteur aurait été contraint de produire plus de gaz et donc, aurait consommé plus. L'idée était bonne mais **le projet n'était pas réaliste** car il consommerait plus d'énergie qu'il en produirait.

Nous avons donc décidé de reprendre le même type de mécanisme et de faire tourner la turbine cette fois ci par de l'eau. Et nous avons donc pensé qu'il serait possible d'utiliser la pression fournie par l'eau qui sort du robinet des foyers moyens.

2.2. Définition du projet et objectifs

Notre projet est relativement simple : à partir d'une turbine et d'un moteur nous devons être capable de produire de l'énergie. Nous avons commencés à faire des plans certains était pas rentables ou irréalisables.

Par exemple, nous voulions tout au début utiliser une turbine Pelton verticalement. Mais nous n'avions certainement pas suffisamment de force pour la faire tourner convenablement. De plus, à sa sortie l'eau se serait écoulee de manière libre et irrégulière et n'aurais donc pas pu être utilisée d'une quelconque manière. **Nous n'avons donc pas choisi ce type de configuration.**

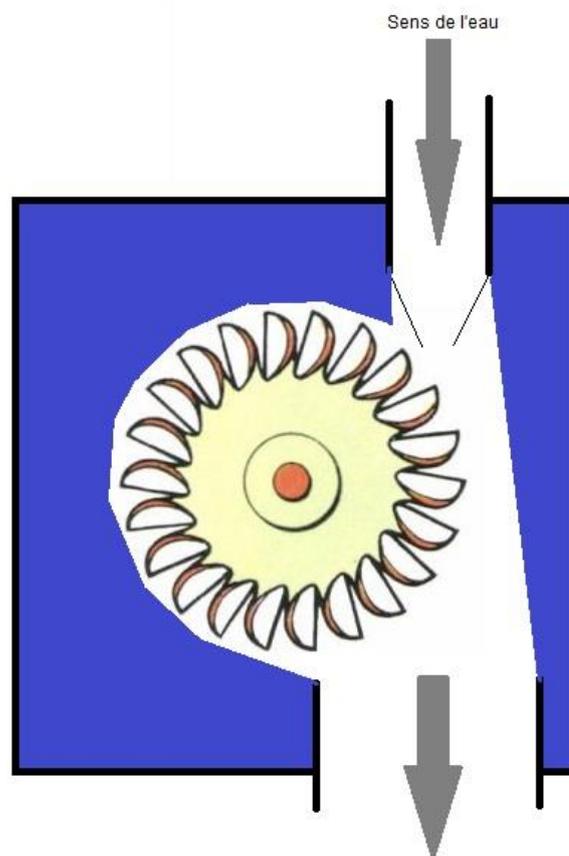


Schéma 1

Nous nous sommes donc tournés vers la roue Kaplan qui demande beaucoup moins de hauteur de chute. De plus, comme la turbine aurait été submergée, l'eau à la sortie aurait coulé normalement, de la même manière qu'à l'entrée.

Pour une question de taille et de budget, nous avons utilisés une turbine d'avion de chasse radiocommandé qui est similaire à la Kaplan.



Turbine d'avion RC



Turbine Kaplan

Voici un plan du prototype que l'on va tenter de fabriquer.

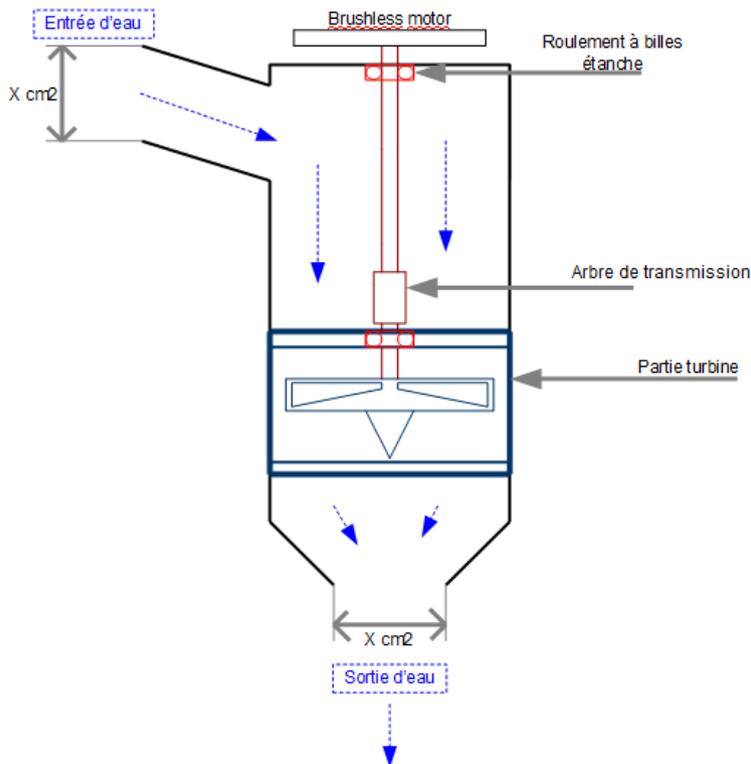


Schéma 2

2.3. raisabilité

Pour construire le prototype nous avons eu beaucoup de problèmes de temps et d'argent. Nous avons par exemple été contraints d'utiliser un moteur de lecteur de disquette de récupération, car il aurait été trop cher d'en acheter un, neuf adapté à nos besoins.

Pour la turbine aussi nous avons utilisé une turbine de réacteur d'avion radiocommandé parce que ça aurait coûté beaucoup trop cher et ça aurait pris beaucoup trop de temps d'en concevoir une et de la faire fabriquer.

3. Planification du projet

Le but de notre projet est de récupérer l'énergie produite par la pression de l'eau dans les canalisations. La planification a été remplie au début du projet puis a été complétée au fur et à mesure de l'avancement du projet.

DATE	M. CLIVAZ Xavier *	M. HÉRITIER Aurélien	M. RITTER Kevin **	Avancement (ce qui a été fait)
26.01.2015	Brainstorming, recherche d'idées.			Groupes créés.
02.02.2015	Premier rapport sur l'avancement.	Premier rapport sur l'avancement.	Premiers schémas. Première planification du projet. Premier rapport sur l'avancement.	Trouver une idée de projet faisable et rentable.
09.02.2015	Regarder différents types de moteurs sur internet.	Faire et approuver la planification. Faire un mindmap.	Trouver et commander des types de turbines pour le prototype. Faire un schéma au propre du prototype.	Documents prêts à être utilisés. Premiers schémas effectués. Composants choisis.
16.02.2015 (Vacances)	Faire un rapport de 1 page sur les moteurs « Brushless ».	Faire un schéma de la partie électronique de la machine (pont de Graëtz, condos ...). Sur LT Spice (tout) et sur Target.	Préparer un prototype et effectuer des tests dessus. Faire le schéma final au propre et choisir les composants finaux.	Turbines commandées. Tubes en PVC achetés. Premier schéma fait.
23.02.2015 (rapport à rendre en V1)	Regarder avec son père pour le débit d'eau. Calculer les coûts du projet.	Fabriquer le circuit avec le pont de Graëtz + condo etc... Faire des calculs selon différentes tensions (3, 5, 12 V)	Faire des calculs de la puissance fournie par le moteur en fonction de la vitesse de rotation.	Rapport sur les moteurs brushless. Schéma et simulations faits sur LT Spice. Prototype presque terminé et test sur le moteur faits.

02.03.2015	Faire des calculs (basés sur des tests) sur la vitesse de rotation en fonction de la pression de l'eau.	Refaire des calculs de la puissance fournie par le moteur en fonction de la vitesse de rotation.	Affiner le rapport pour la V2.	Prototype amélioré : raccordement pour l'arrivée de l'eau. Rapport complété.
09.03.2015 (rapport à rendre en V2)	FINIR LE RAPPORT + le rendre dans sa version finale avec calculs + schéma etc...	Approuver le prototype final. Mise au point.	Assembler le prototype final. Faire un rapport sur l'assemblage du prototype.	Rapport terminé. Calculs effectués. Prototype assemblé et testé.
16.03.2015	Rendre le projet.			Projet rendu

3.1. Les étapes les plus importantes

Quoi ?	Délai	Exécuté ?
Fabrication du prototype.	02.03.2015	OK
Fabrication du circuit.	02.03.2015	OK
Rapport à faire.	09.03.2015	OK
Présentation à faire.	16.03.2015	En cours

3.2. Plan détaillé des tâches

Quoi ?	Qui ?	Délai
Schémas du prototype.	Kevin	23.02.2015
Schémas du circuit.	Aurélien	23.02.2015
Fabrication du prototype.	Kevin / Xavier	02.03.2015
Fabrication du circuit.	Aurélien	02.03.2015
Test à effectuer	Tout le monde	09.03.2015

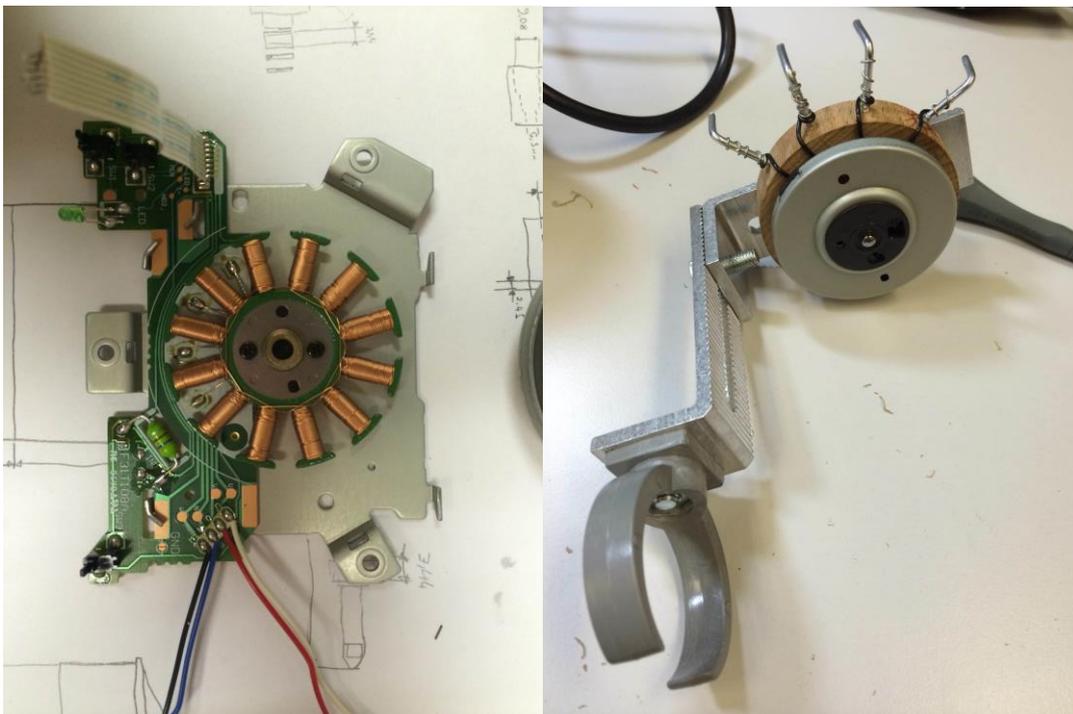
4. Mise en œuvre concrète

Nous nous sommes basés sur le *schéma 2* pour faire notre prototype. Pour cela nous avons utilisé :

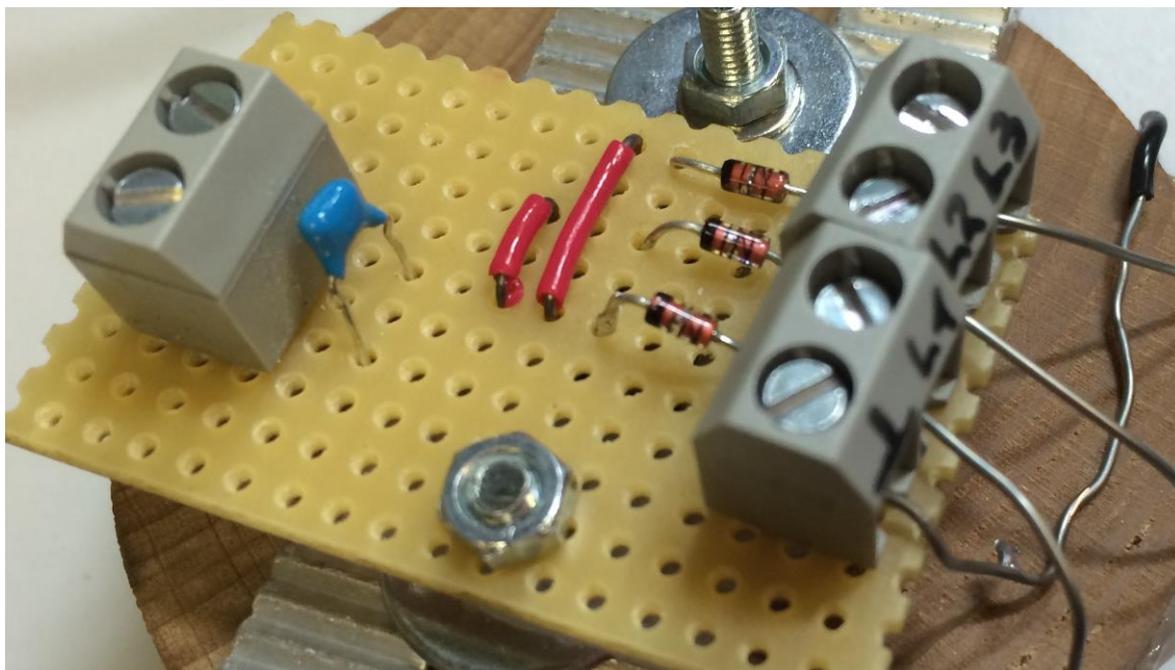
1. Un tube en PVC blanc
2. Une turbine de réacteur d'avion radio commandé
3. Un moteur de lecteur de disquette
4. Des tiges en acier de diamètre 3 et 4 (mm)
5. Des restes d'un ancien moteur de réacteur d'avion radio commandé
6. Trois roulements à billes avec un diamètre intérieur de 3mm
7. Des équerres en aluminium
8. Un disque de bois
9. Quelques pièces métalliques (vis, écrous, rondelles)
10. Des composants électroniques sur un circuit Veroboard®.

Pour commencer nous avons coupé le tube en PVC en deux afin de pouvoir y placer nos éléments. Nous avons fixé la turbine d'avion dans la partie inférieure du tube et nous y avons fixé la partie principale de l'ancien moteur afin de soutenir la turbine. Nous avons accroché une tige en acier de diamètre de 3mm sur la turbine et le moteur pour faire un arbre. Nous avons percé un trou dans le sommet du tube en PVC pour pouvoir faire sortir la tige en acier.

Nous avons mis la tige en acier qui dépassait dans un roulement à bille étanche que nous avons fixé dans un tube en plastique pour réduire le frottement et empêcher l'eau de sortir par le haut.



Nous avons enlevé le moteur de son circuit imprimé et Nous l'avons accroché à un disque en bois. Nous avons soudé les 4 fils qui sortaient du moteur à vis, vissées dans le bois.

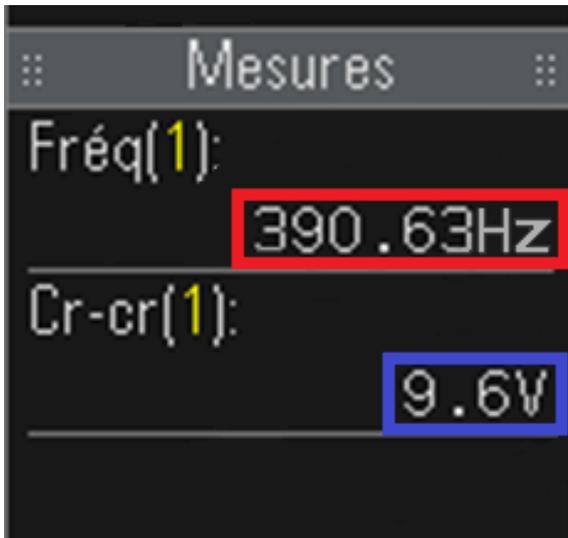


Nous avons fabriqué un circuit pour transformer les 3 signaux alternatifs en du courant continu. Pour cela nous avons juste utilisé 3 diodes, et un condensateur 100 [nF].

Pour améliorer la pression de l'eau exercée sur la turbine nous avons mis un tuyau (en bleu) plus fin. Et pour finir nous avons monté le tout avec des équerres en aluminium.



5. Calculs



FREQUENCY [Hz]	RPM	VOLTAGE OUT [V]
390.0	23400	9.60
333.3	20000	8.03
250.0	15000	6.03
166.7	10000	4.02
83.3	5000	2.01
16.7	1000	0.40
8.3	500	0.20
3.3	200	0.08
1.7	100	0.04
0.8	50	0.02
0.4	25	0.01
0.1	5	0.00
1RPM = 1/60*[Hz]		

Nous avons fait des mesures sur le moteur en le faisant tourner à l'aide d'une perceuse à colonne. A 390 [Hz] ~ le moteur produisait 9,6 [V]. Nous avons donc fait un tableau Excel avec la tension produite selon les rotations par minute. Pour calculer les rotations par minute à partir de la fréquence (car la perceuse n'affichait pas sa vitesse) nous avons fait le calcul suivant : $1/60 * [\text{le nombre de Hz}]$

Puissance de l'eau d'une douche (approximative) :

$$P = Q \cdot g \cdot h \cdot p$$

P => Puissance ; Q => Volume par seconde ; g => gravité terrestre (9.81) ; h => hauteur de chute ; p => pente

$$Q : \text{ - durée douche : 10 min} \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{100}{10 \times 60 \times 1000} = \frac{1}{6} = 0.17 \times 10^{-3}$$

- volume d'eau : 100 l/h

g x h : on peut estimer :

- $P_{IN} = 6 \text{ bars}$
- $P_{OUT} = 3 \text{ bars}$
- $\Delta P = 3 \text{ bars} \cong \text{chute de } 30 \text{ m}$

$$P = Q \times g \times h \times p = 0.17 \times 10^{-3} \times 9.81 \times 30 \times 1 = 50 \times 10^{-3} [W]$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50 \times 10^{-3}}{10} = 5 [mA]$$

En admettant que le moteur produise un courant de 5[mA] comme démontré ci-dessus et qu'une personne moyenne se douche 10 minutes par jour avec une puissance d'eau qui ferait tourner la turbine à 5'000 [RPM] le moteur produirait :

Calcul du nombre de Watt produits : $W = I \times U = 0,005 \times 2,01 = 0,01005W$

Calcul des Watt Heure produits : $W \times t[H] = 0,01005 \times 0,16 = 0,001675 \text{ Wh}$

Calcul des Watt Heure par an : $Wh \times t[\text{jours}] = 0,001675 \times 365 = 0,611375 \text{ Wh par Ans}$

6. Rapport du projet

6.1. Rétrospective

Nous pensons que nous avons atteint notre objectif et sommes content de cela. Nous avons dû utiliser un moteur de lecteur de disquette car nous n'avons pas le budget de choisir un moteur adapté.

Nous avons eu les conseils de Monsieur Philippe Ritter, ingénieur en hydroélectricité, de Monsieur Albéric Clivaz, chef de la section installation sanitaire dans une entreprise de construction et de Monsieur Thierry Piffaretti, enseignant à l'EMVs.

6.2. Perspective

Le projet ne s'est pas totalement déroulé comme prévu. Par exemple nous avons prévu de mettre 3 ponts de Graëtz sur le circuit mais finalement on a mis de simples diodes car cela aurait été trop complexe et cela aurait trop baissé la tension de sortie (chaque diode absorbe de la tension).