« Concours CGénial-Collège » Édition 2022 – 2023

UNE MINI-EOLIENNE POUR TOUS

Élèves : Albertazzi Filippo, Fruttero Matthieu, Lusher Edward, Louis Clémence, Rousselot Thomas

Enseignants : Amador Ingrid, Raimond Yann, Vaute Thierry

Partenaire : Amade (Association Mondiale des Amis de L'Enfance)

Etablissement : Collège **F**rançois d'**A**ssise **N**icolas **B**arré – Monaco

Lien Youtube vidéo : https://youtu.be/lvNwBRv0Cik

I – Présentation et objectif global “pourquoi une mini éolienne ?” (Thomas)

Au vu de la situation actuelle, « la crise énergétique » et le « réchauffement climatique », il est important de produire de l’énergie électrique à partir d’une source renouvelable à faible coût et en autonomie. Le but étant de générer de l’électricité grâce au vent sans installer une grande éolienne.

Une mini éolienne compacte peut-être une solution pour alimenter l’éclairage d'un domicile d’environ 3 à 4 pièces. Nous allons privilégier un axe de rotation vertical car l'aérodynamisme est ainsi particulièrement bien adapté à la turbulence des vents en milieu urbain.

De plus une mini éolienne ne nécessite pas ou peu d’autorisations pour être installée dans un jardin ou sur une terrasse (ou balcon). Peu bruyante, quasi invisible, ne générant aucune vibration, ne nécessitant pas de permis de construire, et jouissant d'un entretien simplifié à l'extrême, ces éoliennes ne présentent que des avantages.

Motivation des élèves :

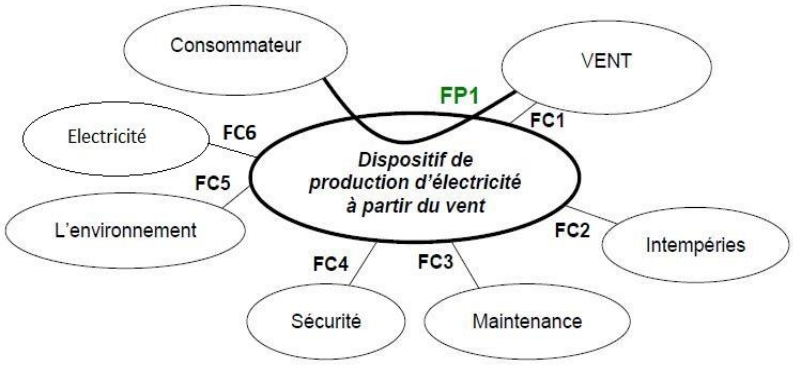
- ***Clémence*** : Nous avons décidé de participer à ce projet car nous trouvions ce sujet intéressant. En effet l’énergie est un sujet très important car nous savons que si nous continuons d’en produire comme nous le faisons aujourd’hui nous manquerons de ressources, c’est pourquoi il faut trouver des solutions durables comme une éolienne.
- ***Thomas*** : Nous avons décidé de participer à ce concours car nous avons envie de savoir comment une éolienne marche et se construit, afin de pouvoir nous cultiver sur les nouvelles énergies qui nous entourent.
- ***Filippo*** : Nous avons décidé de participer à ce concours car nous sommes très curieux et voulons comprendre comment marche une éolienne et quels en sont ses composants. Nous sommes aussi très intéressés de découvrir des alternatives durables aux énergies fossiles qui, à long terme, vont s’épuiser.
- ***Edward*** : Pour moi, il est important de participer à ce concours car notre éolienne est une solution simple pour répondre à un besoin d’énergie propre. Elle peut être facilement installée sur nos toits, elle est silencieuse, et durable. Nous avons les compétences, la passion et l'engagement nécessaires pour essayer de créer une éolienne qui pourrait, si produite à plus grande échelle, améliorer notre avenir énergétique.
- ***Matthieu*** : Pour moi, participer à ce concours offre la possibilité de créer et perfectionner une mini éolienne pour la rendre plus performante. Elle peut être installée de partout pour répondre à un besoin énergétique simple.

II – Principe et fonctionnement de chaque partie

a) Besoin, étude fonctionnelle (*Edward)* :

C’est un dispositif de production d’électricité à partir d’une énergie renouvelable, le vent. Il peut fournir l’éclairage d’un appartement 3 à 4 pièves, pour des particuliers, en passant par un stockage sur batterie de 12 ou 24 volts. (FP1)

On peut le décomposer en fonction de contraintes suivantes :

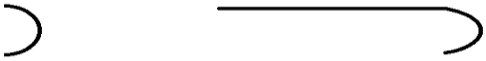


FC1 : transformer le vent en Energie mécanique
FC2 : résister aux UV, pluie, et intempéries
FC3 : permettre un entretien facile
FC4 : être stable, sans danger pour les personnes
FC5 : utiliser des matériaux recyclables
FC6 : générer de l'électricité basse tension et charger une batterie

Notre étude va porter sur le principe et l'amélioration pour les pales et l'alternateur d'une éolienne déjà existante, fabriquée par des élèves en cours de technologie avec M. Vaute.

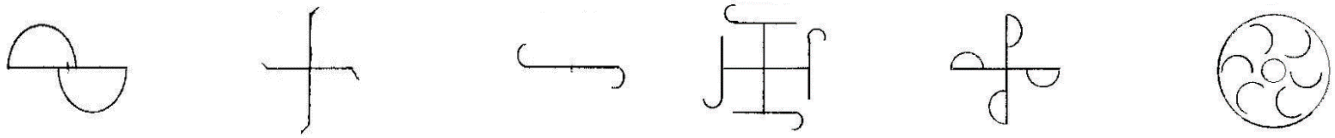
b) FC1 : Pales et aérodynamismes (*différents profils, Clémence) (les matériaux, Thomas*)

- Pour la forme des ailes ou pales, il y a deux formes qui sont combinées de différentes façons, demi-cylindre ou profil aile :



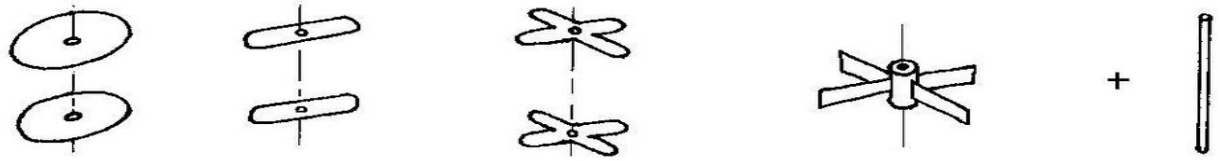
- Au départ, six modèles différents ont été pensés :

Demi-cylindre 4 pales 2 pales aile avion La sphère la turbine



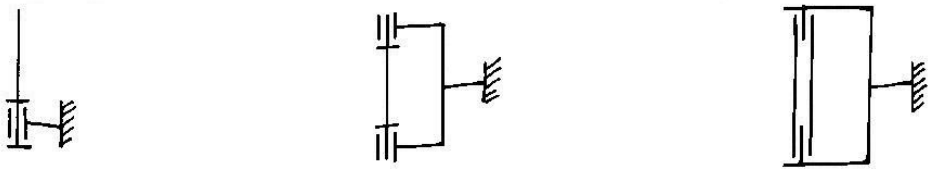
- Pour les supports rotatifs des pales, il a été imaginé quatre solutions :

La flasque, la plaque, la croix plate, la croix droite, et l'axe.



- Et pour le support fixe de l'éolienne, il y a trois solutions :

Guidage simple, deux guidages de l'axe, deux guidages par le tube.

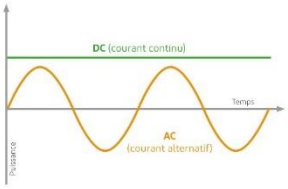


- Les matériaux

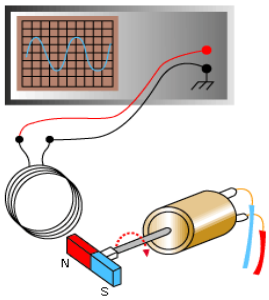
Dans le domaine des éoliennes, les matériaux les plus couramment utilisés sont la fibre de verre ou de carbone pour les pales, de l'inox ou du galvanisé pour les parties métalliques extérieures, des plastiques en polycarbonate pour résister aux UV et intempéries sur les coques et moulures, du titane pour les pièces mécaniques nécessitant une résistance élevée à faible poids ou de l'acier, du cuivre pour les bobinages et les fils électriques.

c) FC6 : **<u>générateur de courant ou alternateur/convertisseur</u>** (champ magnétique, bobinage, paramètres)

Pour l'alternateur (qui joue le rôle du générateur), c'est un alternateur à aimant permanent ou dynamo qui a été choisi, et dont nous exposons le principe ci-dessous **(*Filippo*)** :



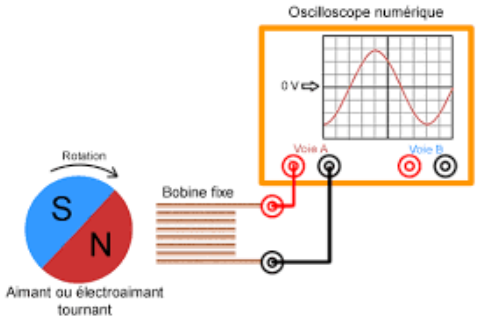
Le fonctionnement de l'alternateur est basé sur le principe de l'induction électromagnétique. Le **champ magnétique** est une région de l'espace soumise à l'action d'une force provenant d'un aimant. Un aimant dispose de deux pôles, le pôle Nord et le pôle Sud et génère un flux magnétique. Avec un fil conducteur disposé sous la forme d'un enroulement circulaire formant une **bobine,** et le déplacement d'un aimant par rapport à une bobine de cuivre, on crée un courant. Ce courant est appelé le courant induit. Lorsqu'un pôle nord approche d'une bobine, un courant positif est créé, quand le pôle Nord s'éloigne de la bobine cela produit un courant négatif, le phénomène est inversé lorsque c'est un pôle sud, le courant est négatif puis positif. Si l'on fait tourner un aimant près d'une bobine de cuivre on crée donc un courant alternatif.

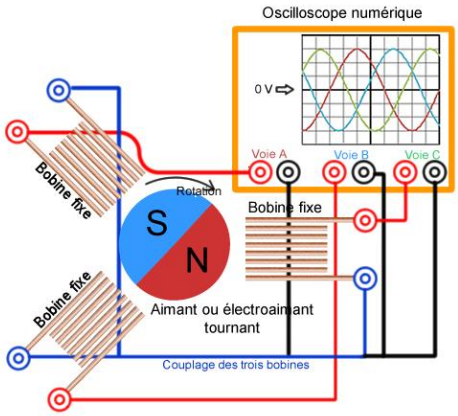


L'intensité du champ magnétique est à son maximum au centre de la bobine. Pour accroitre l'intensité du champ, on augmente le nombre de tour de fils sur la bobine, appelés spires.

- Signal triphasé **(*Matthieu*)**

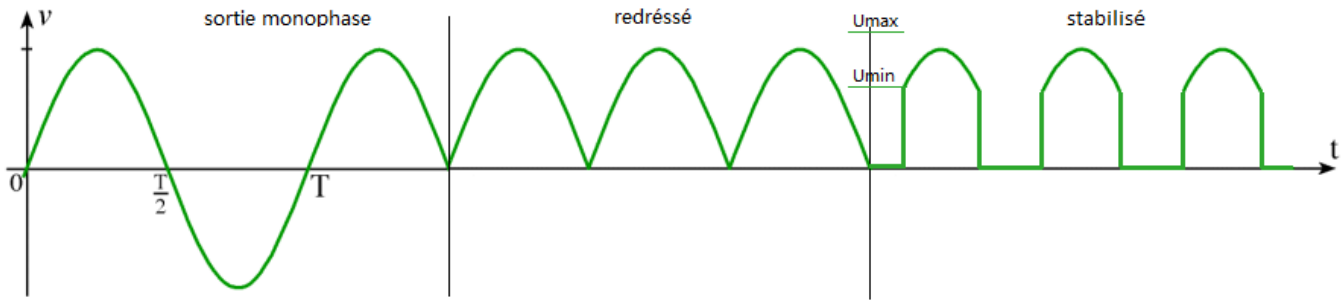
Si l'on fait tourner l'aimant près de plusieurs bobines de cuivre, le courant alternatif produit possède alors plusieurs phases. Les alternateurs industriels possèdent tous un tri-phasage.

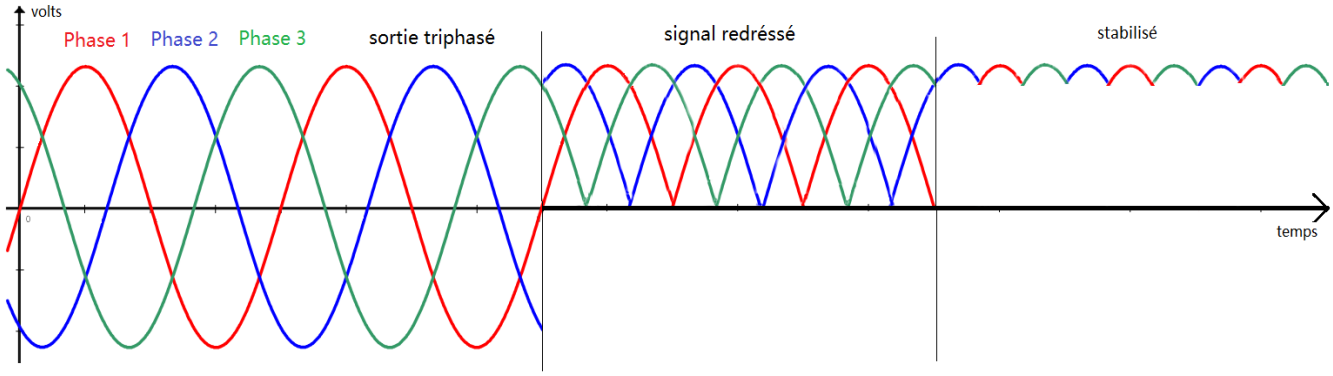




Dans notre cas, le montage en triphasé va permettre de récupérer un signal électrique plus stable et régulier comme nous allons le voir.

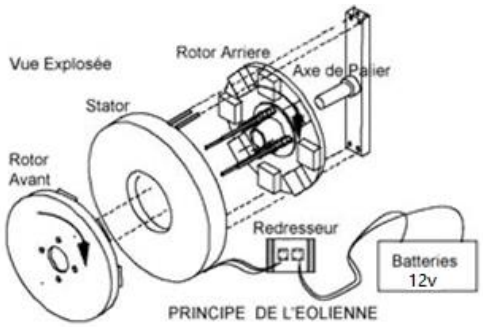
Nous pouvons comparer ci-dessous un signal monophasé et un signal triphasé qui sont redressés et stabilisés. Nous pouvons mettre en évidence l'avantage d'un signal triphasé qui sera beaucoup plus constant qu'un monophasé :

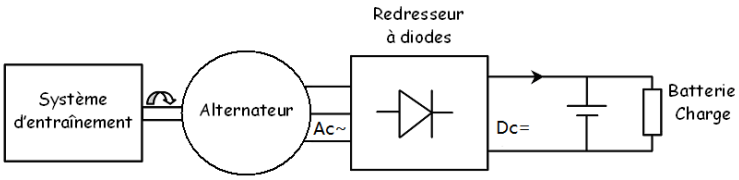




- Conversion triphasé/continu (branchement triphasé, redressé, stabilisé) **(*Edward*)**

Actuellement, en sortie de l'alternateur de l'éolienne nous avons un courant alternatif. Les courants vont dans un sens, puis dans un autre dans le matériau conducteur. Le courant alternatif de notre éolienne est produit par le mouvement d'un rotor avec des aimants devant un stator avec les bobines. Ainsi le courant produit n'est pas en continu mais en alternance d'où le nom.





Cette disposition est un alternateur et le courant produit doit être consommé sur place car ce courant ne se stocke pas contrairement au courant continu. C'est pourquoi nous voulons faire usage d'un redresseur ou pont de diodes associé avec un condensateur. Aussi, un courant continu est plus facile à gérer sur de courtes distances et peut être stocké dans une batterie.

Nous pouvons voir sur les deux tracés de courbe précédents le fonctionnement d'un **redresseur**, pont de diode, qui passent tout le signal en positif et ensuite celui du **régulateur de tension**, un condensateur, qui filtre seulement le signal au-dessus d'une tension minimale pour obtenir le signal stabiliser comme représenté. Celui-ci nous permettra d'obtenir un courant quasiment continu, on pourra donc stocker l'énergie produite et par conséquent, diversifier les utilisations possibles.

Ainsi, nous avons accompli la première étape pour convertir le triphasé en courant continu. Il faudra ensuite stocker cette énergie par le biais d'un **régulateur de charge** dans une batterie.

- Paramètres qui agissent sur la production de courant de notre alternateur **(*Filippo*)**

- Aimant (taille, puissance)

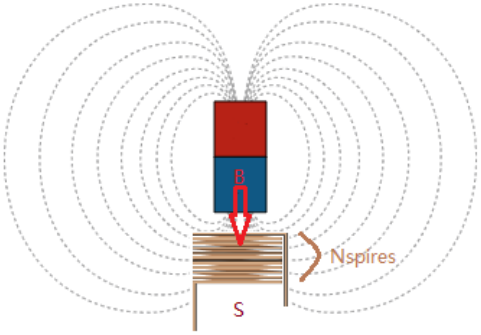
En effet plus la taille de l'aimant, donc le volume, augmente, plus son champ magnétique B augmente. On va parler plus de force d'aimant qui peut être exprimé en Newton ou en Kilogramme.

Parallélépipède magnétique 30 x 10 x 5 mm, tient env. 6,5 kg	Parallélépipède magnétique 30 x 10 x 10 mm, tient env. 8,8 kg

- Bobinage (taille, nombre de spirales, épaisseur)

Plus il y a de spires N, plus le courant induit Φ est élevé. Plus la surface de la bobine S est grande devant le champ magnétique B, plus elle produit de l'énergie. Cependant, il ne faut pas sortir de l'influence des lignes de champ magnétique, ni avoir des bobines trop épaisses.

$$\Phi = N.\ B.S$$



- Vitesse de rotation et tension

Plus la vitesse de rotation de notre alternateur est élevée, plus la tension de sortie des bobines augmente. Et plus le diamètre du fil est grand, plus l'intensité pourra être élevée.

III – Analyse de l'existant, étude et présentation de l'éolienne déjà produite

Problématique : Améliorer une éolienne déjà produite par des élèves en réduisant ses dimensions, augmentant sa performance et sa production électrique.

d) Les pales et les matériaux *(Clémence et Thomas)* :

Plusieurs modèles d'éoliennes ont été imaginés par des classes précédentes. Elles ont par la suite toutes été testées grâce à des mini maquettes à l'aide d'un ventilateur et d'un tachymètre. On peut voir la vidéo des essais de maquette en salle et en extérieur sur la chaine YouTube (TVFANB).

Lien : https://youtu.be/Gky7VL_yuhI

Tableau de mesure des vitesses de rotation :

Éolienne	1	2	3	4
Vitesse tr/min	47 tr/min	91 tr/min	60 tr/min	100 tr/min

A la fin de ces tests seulement 2 modèles ont été retenus pour être fabriqués en taille réelle :

N°2 profil aile d'avion

N°4 turbines

Des vidéos ont aussi été faites sur ces éoliennes en situation réelle, toujours sur la chaine YouTube.

N°2 : https://youtu.be/nnXez_wOHQE N°4 : https://youtu.be/x6SIM_jMcnQ

L'éolienne que nous avons à disposition pour travailler, est déjà une version améliorée avec les pales en forme de demi-cylindre et comporte aussi un petit déflecteur de vent. Vous pouvez la voir, version V1, dans la vidéo envoyée pour le concours.

- Les matériaux

Le modèle que nous voulons améliorer est composé de fibre de verre pour les pales, de bois contreplaqué marin pour les plateaux, d'un disque acier pour le support d'aimants, et de fil de cuivre coulé dans de la résine polyester pour le stator. Ces matériaux sont lourds, ils ont donc du mal à être mis en rotation par le vent, par conséquence l'éolienne produit moins d'électricité.

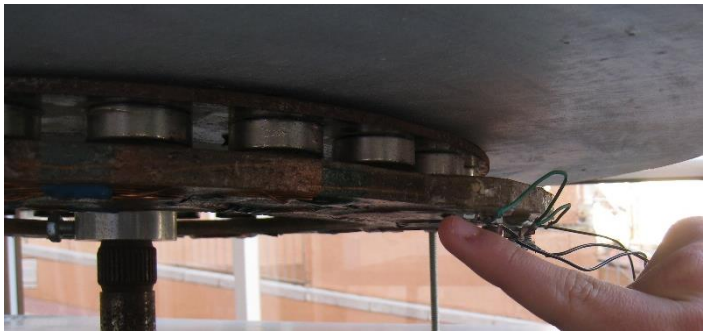
e) L'alternateur et le redresseur :

- Le rotor (Matthieu)

Dans ce rotor, fixé sous le plateau tournant inférieur, il y a 24 aimants néodyme N42, diamètre 30 mm, épaisseur 10 mm, force de 16 Kg, montés en alternance Nord/Sud sur un disque en acier de 34 cm de diamètre, épaisseur 3 mm. Le réglage en hauteur par rapport au plateau est fait par des tiges filetées avec des écrous.

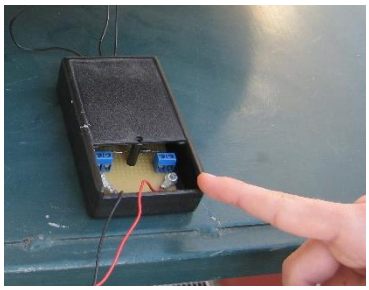
- Le stator (Filippo)

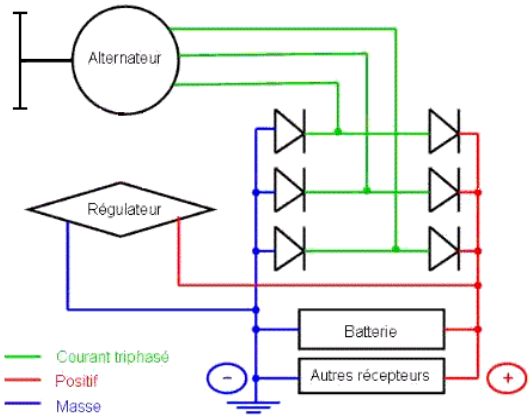
Dans ce stator, il y a 18 bobines en fil de cuivre 0,63 mm de section, de diamètre intérieur 25 mm, épaisseur 1 cm, avec 80 spires, disposées et connectées en trois phases sur un plateau en PVC expansé et coulé dans de la résine polyester. Le stator est fixé sur le bâti de l'éolienne avec un réglage possible en hauteur sur 3 tiges filetées avec contre écrou.



- Le redresseur (Edward)

Pour un redresseur, nous n'avons pas trop de choix, le seul montage possible étant avec un pont de diode et un condensateur comme représenté sur le schéma :





f) Défauts divers constatés sur les deux éoliennes :

En commençant par la partie rotative de l'éolienne, nous pouvons constater que l'éolienne a du mal à se mettre en rotation, sûrement à cause du poids de l'ensemble rotatif (pale, plateau, rotor) qu'il faut mettre en mouvement avec la seule force du vent.

- Pour les pales, on peut voir ci-dessous les mesures fournies par les anciens élèves qui avaient comparé les deux grands modèles en classe :

Résultat et mesure de la vitesse de rotation en fonction du vent avec 3 vitesses de ventilateur en classe :

Éolienne	**Vent faible**	**Vent moyen**	**Vent fort**
N°2 ailes	38 tr/min	55 tr/min	62 tr/min
N°4 turbines	28 tr/min	57 tr/min	68 tr/min

Au vu des vitesses obtenues le modèle N°2 réagi mieux à des vents faibles et le N°4 c'est le contraire.

Chaque modèle a donc un point faible !

On peut également voir sur les précédentes vidéos que les plateaux en bois ne sont pas assez précis et ne tournent pas à plat. Nous envisageons de les changer pour des plateaux de meilleure qualité et plus précis.

- pour le rotor, le poids est un gros inconvénient, nous ne pouvons pas trop réduire celui des aimants pour ne pas perdre de force magnétique.

- pour le stator, combiné au rotor, c'est l'encombrement de ce montage qui est un problème, un alternateur de 34 cm de diamètre pour avoir moins de 12 volts en sortie, il faudrait trouver une solution pour l'optimiser.

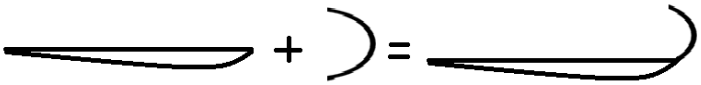
- Pour le redresseur, régulateur, il n'y a pas de problème, nous conserverons le même montage.

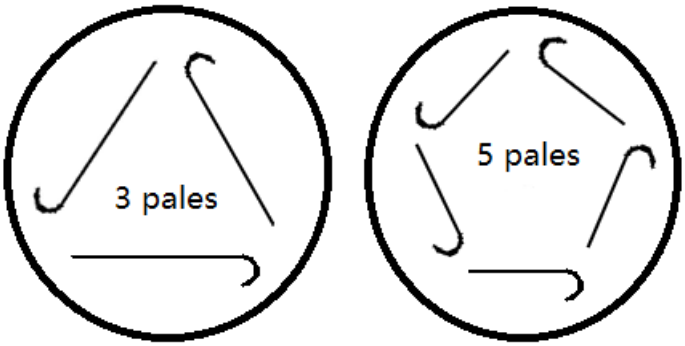
IV – Améliorations du modèle existant

g) Sur les pales (Clémence)

On va modifier le profil de l'aile. Nous envisageons une combinaison de la turbine et de l'aile d'avion en une seule forme de pale pour que l'éolienne soit plus réactive avec peu de vent mais aussi avec un vent plus fort. En effet, on va garder la forme cylindrique vers l'extérieur et la forme aile d'avion vers l'intérieur. Mais aussi optimiser la forme du tube afin d'éviter un maximum de turbulence. Nous voulons aussi faire des essais sur l'orientation des pales les unes par rapport aux autres, et trouver le nombre idéal de pales. Si nous pouvons, nous souhaitons également mesurer l'influence de l'inclinaison de chaque pale.

Pale :





Nombre de pales :

h) Sur les matériaux (Thomas)

Notre objectif serait de diminuer la masse de toutes les parties rotatives de l'éolienne. Pour les pales, en trouver des plastiques plus légers. Etant donné que nous n'avons pas les moyens techniques de les faire en fibre de carbone, nous allons essayer avec des tubes en pvc plus fins et la voilure en film Polyéthylène transparent.

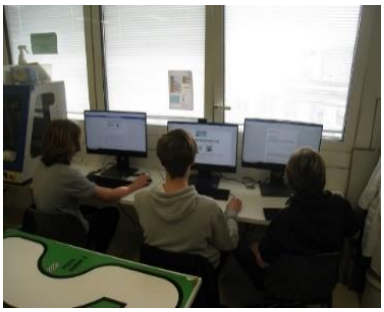
i) Sur le rotor (Matthieu) / stator (Filippo)

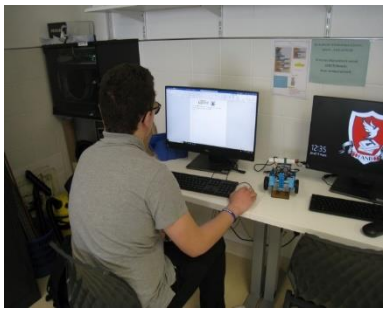
Pour améliorer la masse, nous allons essayer de mettre des aimants plus légers diamètre 25 mm, épaisseur 7 mm, force de 12 Kg, et les monter sur un support plus léger. On va récupérer pour cela des disques de frein de scooter. Pour l'encombrement, nous allons essayer de réduire sa taille, en montant deux plateaux tournant de 12 aimants chacun, avec le bobinage au centre, pour voir si nous arrivons à la même production de courant. Nous allons aussi prendre des vis plus légères, changer d'alliage, réduire les frottements entre les différentes pièces de l'alternateur qui causent des pertes.

j) Sur le redresseur et la recharge batterie (Edward)

Nous souhaitons améliorer notre éolienne en rendant possible le chargement d'une batterie ce qui nous permettra de diversifier ses usages. Afin de pouvoir recharger la batterie, il faut un courant continu, c'est là où intervient notre redresseur, comme déjà exposé. Mais il faudra ajouter un **régulateur de charge** qui nous servira donc à ne pas surchauffer la batterie et à ne pas la surcharger. Aussi, cela permet de ne pas réduire la durée de vie de la batterie ni de l'endommager. Ce régulateur sert aussi à répartir l'usage de la batterie sans créer de force contre électro-magnétique si on utilise directement le courant en sortie de l'alternateur, ce qui freine considérablement notre éolienne.

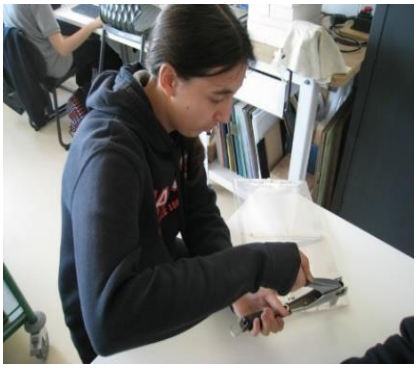
V – Fabrication et bilan



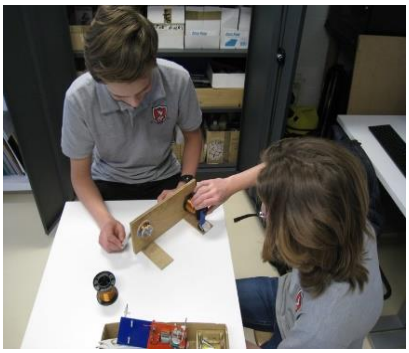


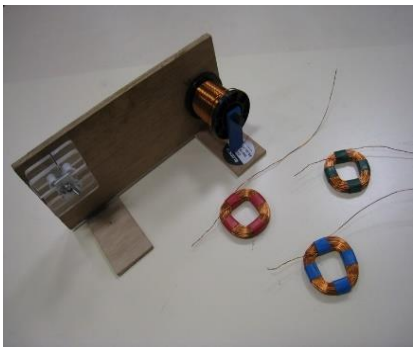
k) Fabrication en image

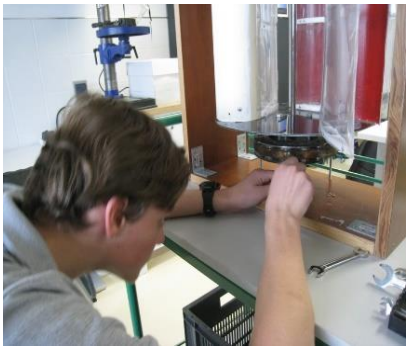
- Pales



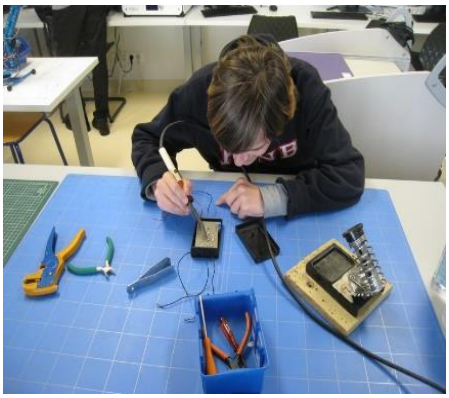
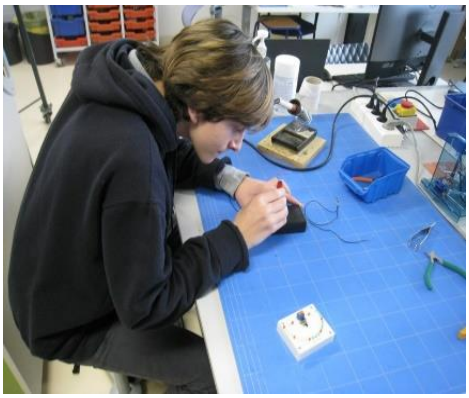
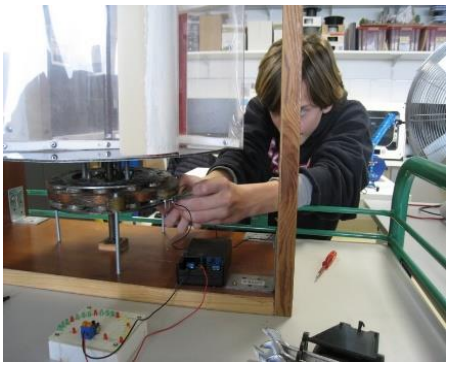
- Alternateur







- Redresseur

I) Analyse du résultat

La fabrication de l'éolienne est satisfaisante sur le gain de masse, sur les profils des pales et les vitesses de rotations obtenues, même si, il est difficile de l'optimiser avec les moyens de fabrication que nous possédons au collège.

Pour l'alternateur, nous avons testé le double plateau, donc un gain d'encombrement très favorable, mais la diminution des aimants n'est pas une réussite car nous n'avons pas augmenté la tension de sortie comme nous le souhaitions. Nous avons environ 10 Volts en sortie courant continu, comme on peut le voir sur la vidéo.

VI - Problèmes rencontrés

Nous avons eu de nombreux problèmes lors de la réalisation de ce projet. Nous avons beaucoup manqué de temps et n'avons pas pu réaliser tout ce que nous souhaitions faire pour améliorer notre éolienne, et pas le temps de corriger les défauts identifiés sur le modèle V2.

Cette éolienne demande également une fabrication précise d'un point de vue technologique et des matériaux qui ont un coût assez onéreux (cuivre et fibre de carbone), ce qui va par la suite nous poser un problème dans sa fabrication pour qu'elle soit optimisée au maximum.

Nous avons également un gros problème pour trouver des entreprises partenaires, du côté entreprise industrielle. Nous avons à ce jour aucune entreprise qui s'est engagée, toujours des réunions et des autorisations hiérarchiques en attente et sans suite. La plupart des entreprises ne sont pas intéressées en évoquant que notre contexte scolaire ne leur correspond pas pour établir un partenariat.

VII – Entreprises contactées

1. Franck Turlan (confection et commercialisation d'une éolienne compact, présentée au salon EVER Monaco en 2012) : coordinateur du Pôle énergie 11 (il nous a éclairé sur sa raison d'abandonner son projet en 2015)
2. Novares (mecaplast), directeur général Pierre Boulet (message envoyé via la prise de contact sur le site web, dans l'attente d'une réponse, pour éventuellement le moulage des pales en plastique)
3. http://sare-monaco.net/ En attente de validation (entreprise pour faire du bobinage)
4. https://riva-mbs.com/fr/ En attente de validation (entreprise pour faire la fabrication des pales de l'éolienne en fibre de carbone)
5. Et beaucoup d'autres entreprises non intéressées que nous ne citons pas !

VIII - Partenariat et suite envisagée :

Le seul partenariat que nous avons pu avoir est plus dans une action humanitaire. En effet, l'association Amade est intéressée par notre projet pour mettre au point et fabriquer cette mini éolienne, sous forme d'un kit à exporter et assembler dans des pays en voie de développement, principalement des villages en Afrique. L'intérêt porte sur l'apport d'une source d'énergie pour avoir de la lumière dans des écoles ou des maisons qui sont retirées et ne possèdent pas d'installation de ligne électrique.

C'est pour nous un intérêt encore plus valorisant, même s'il va falloir continuer de faire évoluer notre éolienne avec une obligation de résultat satisfaisant. Il faudra trouver aussi des fonds pour développer ce projet et passer à une fabrication plus industrielle.

Jérôme FROISSART - Secrétaire Général

AMADE MONDIALE • 4 rue des Iris - 98000 Monaco
Tél : + 377 97 70 52 60 • Fax : + 377 97 70 52 72 • Mob : + 33 (0)6 78 63 94 20
jerome.froissart@amade-mondiale.org • **www.amade-mondiale.org**

La suite envisagée est donc de continuer notre éolienne, il faudra apporter les modifications suivantes :

- Comparer et tester l'éolienne avec 5 pales ;
- Modifier et optimiser le profil ainsi que l'orientation des pales, idéalement en soufflerie ;
- Fabriquer les pales en une pièce en fibre de carbone ou de verre ;
- Mettre un plateau métallique pour le support d'aimants plus léger ;
- Augmenter la surface et la puissance des aimants du rotor, nous les avons déjà achetés mais pas eu le temps de les monter ;
- Faire les bobines du stator avec un fil plus fin et augmenter le nombre de spires, nous avons aussi déjà les bobines brutes ;
- Mettre un roulement à rouleau conique et monter l'éolienne sur un seul pivot inférieur ;
- Monter l'éolienne sur un trépied pour avoir plus de mobilité.

Nous remercions l'Amade, l'établissement et les professeurs pour toutes les connaissances et le soutien que nous avons eu.