

# Réalisation d'une génératrice pour éolienne ou pour de l'hydraulique



Etudiants :

Mariana CAMPOS    Mingyu LIU

Romain KORNIG    Zhe LONG

Antoine ROUGERON

Enseignant-responsable du projet :

François Guillotin



Date de remise du rapport : **22/06/09**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2009 – 013**

Intitulé du projet : Réalisation d'une génératrice pour une éolienne ou pour de l'hydraulique

Type de projet : **Expérimental**

Objectifs du projet (*10 lignes maxi*) :

Réaliser une génératrice à faible vitesse de rotation. Récupérer un courant continu de faible voltage pour des applications comme allumer des Del, charger une batterie, allumer une radio...

Matériaux à disposition :

- Bois
- Bobines / Aimants
- Tige filetée, Ecrou, Rondelle
- Roulement à bille
- Vis, Fil de cuivre, Dominos, Diode de redressement, Condensateur



## 1. TABLE DES MATIERES

1. Table des matieres.....	4
2. Introduction.....	5
3. Méthodologie / Organisation du travail.....	5
4. Theorie .....	7
4.1. Qu'est-ce qu'une génératrice .....	7
4.2. Les différents types de génératrices .....	7
4.2.1. Synchrones/Asynchrones.....	7
4.2.2. Aimant permanent ou électro-aimant.....	7
4.2.3. Bobines et aimants .....	7
4.2.4. Monophasé, biphasé ou triphasé.....	8
4.2.5. Branchement en étoile ou en triangle .....	8
4.2.6. Redressement du courant obtenue.....	9
5. Travail réalisé et résultats .....	10
5.1. Montage .....	10
5.1.1. Conception .....	10
5.1.2. Choix du matériel .....	10
5.1.3. Réalisation .....	11
5.1.4. Réalisation finale .....	12
5.2. Expérience.....	13
5.2.1. Observations.....	13
5.2.2. Résultats .....	17
6. Conclusions et perspectives.....	18
7. Bibliographie.....	19
8. Annexes .....	20
8.1. Documentation technique.....	20
8.2. Schémas de montages, plans de conception... ..	20



## 2. INTRODUCTION

Dans le contexte actuel de la préoccupation de notre environnement nous sommes de plus en plus intéressé par les énergies propres (renouvelable) tel que le solaire la géothermie ou encore l'éolien. Il est tendance d'être éco citoyen à savoir le plus autonome en énergie par la pose de panneau solaire ou la récupération d'eau de pluie ou l'installation d'éolienne dans son jardin.

C'est ainsi par cette intérêt commun que nous nous sommes rencontré dans ce projet « génératrice pour éoliens ou hydraulique » nous avons chacun trouvé intéressant dans ce thème d'actualité de voir comment ça marche ces éoliennes que l'on voit construire partout, et même si ce n'est pas tout à fait les mêmes technologies de voir au moins le principe de base. A savoir la conversion d'énergie mécanique (créée par le vent dans les pales et permettent la rotation du rotor ou l'eau dans les turbines même mouvement de rotation) en énergie électrique ici courant alternatif rectifié.

Nous allons ainsi à travers ce rapport vous exposer les différentes phases de travail que nous avons effectué.

## 3. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

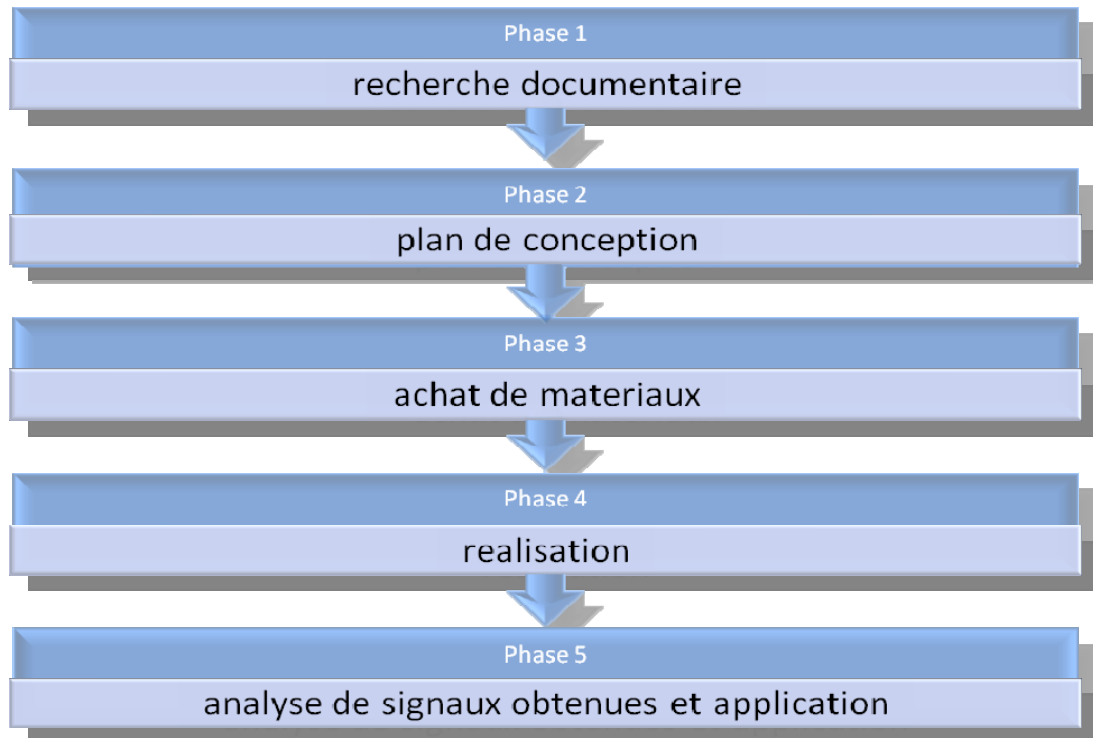
Un fois que les groupes et les projets ont été déterminés, notre premier défi, a été de comprendre ce que nous avions à faire. Nous étions tous novices dans le domaine de l'électricité et de l'électronique.

Dans un premier moment, nous avons essayé de trouver le maximum d'information autour des génératrices sur internet. Ainsi, les simulations, les forums, ont été d'une grande aide pour le groupe. C'est pendant cette période que nous avons recherché quel modèle mécanique conviendrait le mieux à notre projet.

Nous avons donc analysés les travaux des années précédentes qui nous donnés une première idée de notre objectif.

Comme le groupe était réduit puisque nous n'étions que cinq, tous les membres se sont montrés attirés vers le projet et on a décidé de participer, tous, sur chaque partie. De façon que chaque membre puissent s'engager dans la totalité du projet.

Ainsi il est possible de distinguer cinq grandes phases. Il faut remarquer que ces phases ce sont superposées au fur et à mesure du développement du projet. La partie de réalisation a en effet impliquée de revenir au plan de conception et de faire des petites modifications une fois que le groupe a constaté que certains mécanismes pouvaient se montrer plus efficace que d'autres.



Les trois premières phases ont eut lieu dans les premières semaines du projet et n'ont pas posée de problèmes. Grâce principalement à l'aide inconditionnelle de notre responsable projet, M. Guillotin. Les achats ont été fait a Brico-Dépôt, et le groupe a aussi essayer de réutiliser au maximum ce qui était disponible au laboratoire, de façon a optimiser le budget .

La partie réalisation a été sans doute la plus longue. Le passage de la théorie a la pratique s'est montré plus difficile que prévue et le matériel à disposition était parfois inefficace. Ainsi, le groupe n'a pas hésité à travailler à l'extérieur des créneaux pour faire un montage de meilleure qualité.

Une fois que le montage a semble réussit, le groupe est passé à phase d'analyse et des mesures. L'analyse nous a conduits à des nouveaux perfectionnements, et à de nouvelles recherches. Ceci nous a bien montré que la construction d'une génératrice est un travail de longue haleine.



## 4. THEORIE

### 4.1. Qu'est-ce qu'une génératrice

Un générateur électrique est un dispositif permettant de produire de l'[énergie électrique](#) à partir d'une autre forme d'[énergie](#). Par opposition, un appareil qui consomme de l'énergie électrique s'appelle un [récepteur électrique](#) (cas des moteurs électriques).

Pour nous l'énergie électrique sera produite à partir d'énergie électrique.

### 4.2. Les différents types de génératrices

#### 4.2.1. *Synchrone/Asynchrone*

Si l'on dit que le moteur est synchrone, c'est parce que l'aimant au centre tourne à une vitesse constante qui est synchrone avec la rotation du champ magnétique.

C'est en fait le rotor qui distingue la génératrice asynchrone de la génératrice synchrone. Le rotor comporte un certain nombre de barreaux en cuivre et en aluminium reliés électriquement entre eux par deux cercles en aluminium situés aux deux extrémités.

Sur l'image tout en haut de la page, vous voyez le rotor muni d'un noyau de fer qui comporte plusieurs fines lames d'acier isolées avec des trous pour les barreaux conducteurs en aluminium. Le rotor est placé au centre du stator qui, également dans ce cas, est un stator à quatre pôles raccordé directement aux trois phases du réseau électrique.

#### 4.2.2. *Aimant permanent ou électro-aimant*

Un aimant permanent est composé d'alliage comme l'alnico (alliage d'aluminium, de nickel, de fer, de cobalt). Ce sont les aimants classiques que l'on trouve dans le commerce. Les génératrices synchrones utilisent des aimants permanents. Ce type d'aimant est plus cher et perd de son efficacité au cours du temps.

Les électro-aimants sont utilisés lorsque l'on a besoin d'une grande puissance d'aimantation (pour soulever des voitures à la casse par exemple). Un électro-aimant est constitué d'un noyau métallique (alliage de fer) entouré d'une bobine de fil porteuse d'un courant électrique. Lorsque l'électricité passe dans la bobine un champ magnétique est créé. La puissance de ce champ magnétique dépend de l'intensité du courant électrique et du nombre d'enroulements de la bobine.

#### 4.2.3. *Bobines et aimants*

Le stator et le rotor peuvent être soit des aimants soit des bobines. Ainsi, soit on peut décider de fixer les bobines qui seront donc pour ce montage le stator et faire tourner autour des aimants qui seront alors le rotor. Ce qui est notre cas

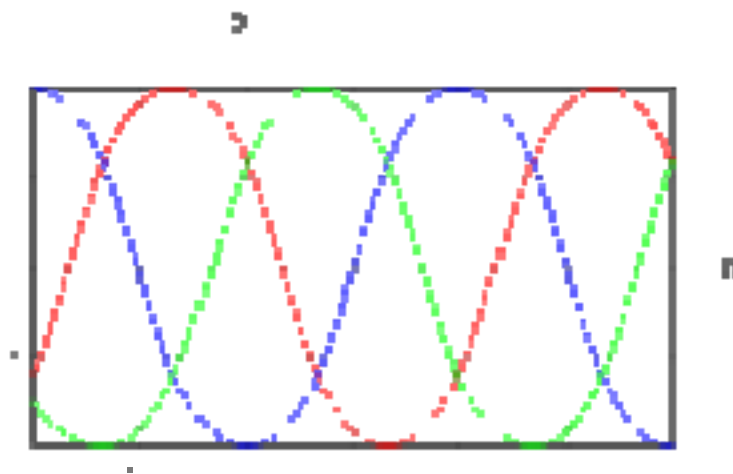
Mais l'autre solution est aussi envisageable mais difficile à réaliser sachant que les bobines sont reliées entre elles

#### 4.2.4. Monophasé, biphasé ou triphasé

Une génératrice produit un courant alternatif. Ce courant peut être monophasé, biphasé ou triphasé. C'est-à-dire qu'il est constitué d'une, deux ou trois phases. De plus, pour chaque phase une ou plusieurs bobines peuvent être couplées en série ou en parallèle. Des bobines en parallèle favoriseront l'intensité, en série la tension.

Nous avons décidé de les mettre en parallèle

Le biphasé se dit d'un système de courants résultant de la superposition de deux courants monophasés, déphasés d'un quart de période ( $\pi/2$ ). Le triphasé est un système de trois courants sinusoïdaux de même fréquence et valeur efficace et déphasés l'un par rapport à l'autre de ( $2\pi/3$ ) radians.

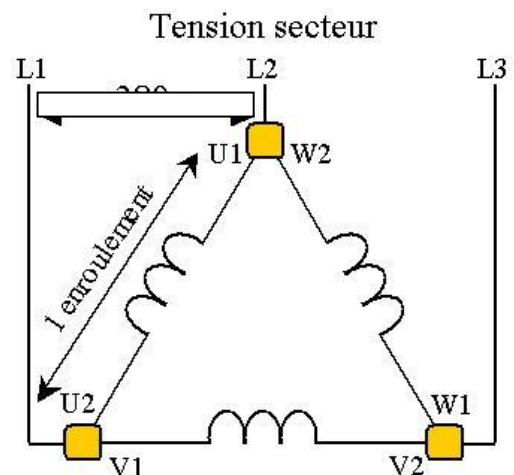
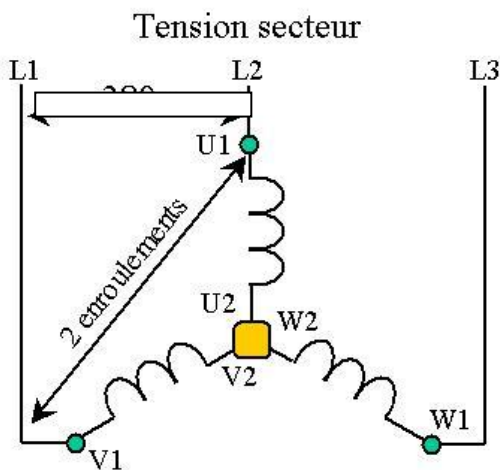


#### 4.2.5. Branchement en étoile ou en triangle

Enfin, il va falloir relier ces trois phases ensemble. Deux possibilités s'offrent à nous. On peut choisir le montage en étoile ou le montage en triangle.

En étoile, les bobines sont en parallèles, ce qui favorise la tension.

En triangle, les bobines sont en série, l'intensité est favorisée.







#### **4.2.6. Redressement du courant obtenue**

Dans ce projet on veut avoir un courant redressé a partir d'un courant alternatif.

Notre courant de départ étant alternatif triphasé, on réalise un pont de diodes composé (4 diodes). Un tel pont permet d'obtenir en sortie une seule tension redressée, soit la valeur absolue de la somme des courants qui se trouvent en entrée.



## 5. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

### 5.1. Montage

#### 5.1.1. Conception

Nous avons basés notre conception préliminaire sur le travail de l'année dernière. La génératrice fonctionnait mais pouvait être améliorée sur plusieurs points :

La distance de passage entre les aimants et les bobines.

Impossibilité de régler le montage

Haute vitesse nécessaire pour obtenir du courant

Uniquement quatre aimants alors qu'ils sont bon marché

En réalité tous ces paramètres sont liés. En augmentant le nombre d'aimant on diminuerait la vitesse de rotation. De plus en réduisant la distance entre les aimants et les bobine et en mettant deux disques d'aimant on augmenterait les variations de champs magnétiques et donc la puissance disponible à vitesse identique.

Nous nous sommes donc réorienté vers un montage avec deux disques disposant chacun de huit aimants fixés sur un axe horizontal réglable facilement. Dans ce montage, les aimants seront toujours orthogonaux aux bobines ce qui permettra de réduire la distance entre les différents disques. Avec une distance réduite et un nombre d'aimant plus important nous disposerons de plus de puissance en ayant une vitesse de rotation inférieure.

#### 5.1.2. Choix du matériel

Le budget disponible a limitée notre choix de matériel. Nous avons essayé de recycler les anciens projets, récupérant les bobines et même quelque partie des supports.

Pour son pris et son efficacité en tant que support, le bois s'est imposé comme notre matrice pour la partie mécanique. Le défi était de trouver la meilleure géométrie, c'est à dire la meilleure façon de le couper.

Tout au début, on pensait faire nos propre bobines à partir des câbles de cuivre disponible au labo, puis Mr. Guillotin, plus prudent nous a fournis des bobines toutes prêtes qui convenaient très bien.

Les bobines on été fixée au disque central part des élastiques. Puis, par des ficelles, qui maintenaient beaucoup mieux. A la fin, nous avons également rajouté de la colle pour définitivement les fixer.

La récupération du courant à été possible grâce à des fils électriques qui arrivent sur les dominos. Ces dominos ont permis une meilleure organisation du câblage et ont facilité l'exploitation du projet.

Les aimants utilisés dans le projet sont en ferrite et sont relativement bon marché. Nous avons placé les aimants sur les disques mobiles. (le rotor) à l'aide de liens plastiques, l'idée de départ étant de pouvoir décaler les aimants le long des liens pour changer le diamètre du rotor. (et du stator) Après avoir choisi un diamètre qui convenait bien, nous avons placé un petit point de colle sur l'extérieur de chaque aimant pour éviter qu'un élève s'en prenne un dans la figure à cause de la force centrifuge!



### 5.1.3. Réalisation

Nous avons rapidement commencé notre montage. Après quelques achats à brico-dépôt, nous étions en possession du matériel nécessaire à une bonne réalisation.

Cependant la rigidité de notre modèle n'était pas suffisante pour soutenir deux disques en rotation. De plus les roulements à bille récupérés sur les petites roues étaient de qualité moyenne. Il y avait un problème de coaxialité qui entraînait des forces internes au système importantes et par conséquent des frottements considérables.



Nous nous sommes rapidement réorientés sur une seconde version avec cette fois-ci avec des roulements à bille de qualité supérieure. Nous avons également changé le maintien de l'axe sur les supports en raison des nouveaux roulements.



Puis nous avons fixé les aimants sur les disques, les disques sur l'axe et fait un premier essai !

C'est avec beaucoup de joie, que nous avons constaté l'apparition d'une petite tension alternative sur chacune des bobines lorsque les disques entraient en rotation.

Cependant il restait plusieurs points faibles avec notamment le maintien des bobines par des élastiques. Les bobines entraient en résonance à certaines vitesses et finissaient par se décaler jusqu'à venir toucher les aimants.

De plus les deux supports en bois n'étaient ni suffisamment rigides, ni réglables. Nous avons compris depuis le début du projet que la mécanique serait déterminante pour l'efficacité de la génératrice et resterait constamment notre point faible.





#### 5.1.4. Réalisation finale

Pendant la période des vacances de pâque est arrivée la phase de réalisation finale de la génératrice. Nous devons trouver un moyen de fixer l'axe de façon plus solide qui permettrait de plus de faire des réglages pour que les plans des disques soient parfaitement parallèles au plan des bobines.

Nous avons pu remplir un tel cahier des charges principalement grâce à l'utilisation de deux supports bois épais qui apportent une grande stabilité. De plus les supports sont fixés par des vis dans le bâti, ce qui permet de régler le parallélisme ainsi que l'écartement entre les disques d'aimants et les bobines assez facilement.

Il suffit en effet de desserrer les vis de positionner les bois, et de resserrer les vis.

Après de longs réglages pour obtenir une distance très faible, la partie mécanique du projet était achevée.

Nous avons alors câblés la génératrice pour que chaque bobine ait un renvoie sur le tableau électrique. (Vu de dessus ci-contre)

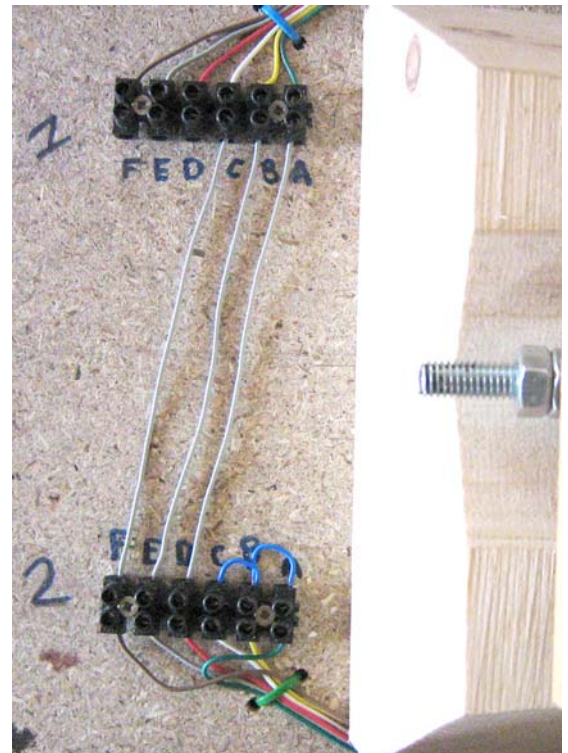
Ainsi la bobine A à ses deux points de branchement qui se font face à face. (A1 - A2)

On voit que le fil A1 est connecté au D2. Ainsi entre A2 et D1 on obtient l'équivalent d'une seule bobine.

De plus les fils A2, B2, C2 sont tous connectés ensemble. Le neutre se situe en effet aux points A2, B2, C2 les trois points sont en effet au même potentiel. (voir l'annexe 7.2.2)

Ceci est pour obtenir un montage étoile. Ainsi entre A2 et D1, nous nous plaçons entre une phase et le neutre.

En D1, E1, F1, nous obtenons les trois phases.

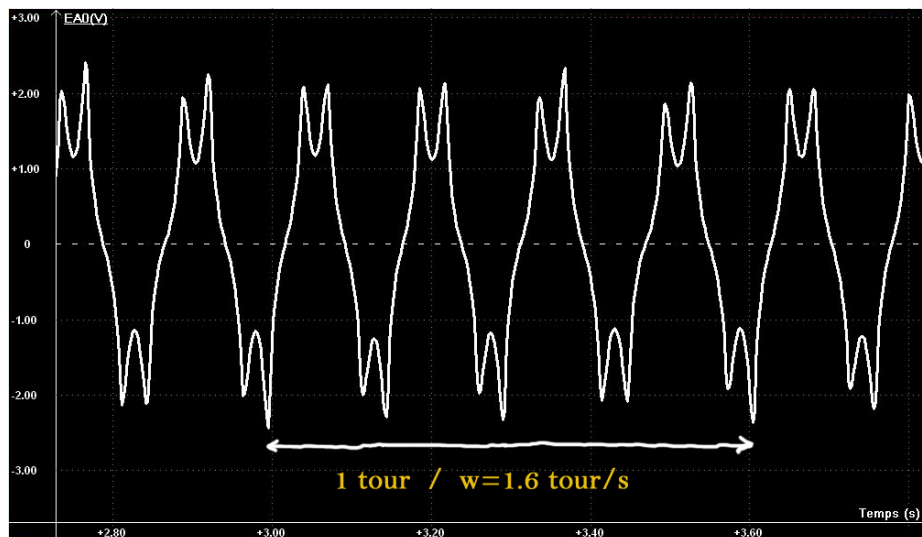




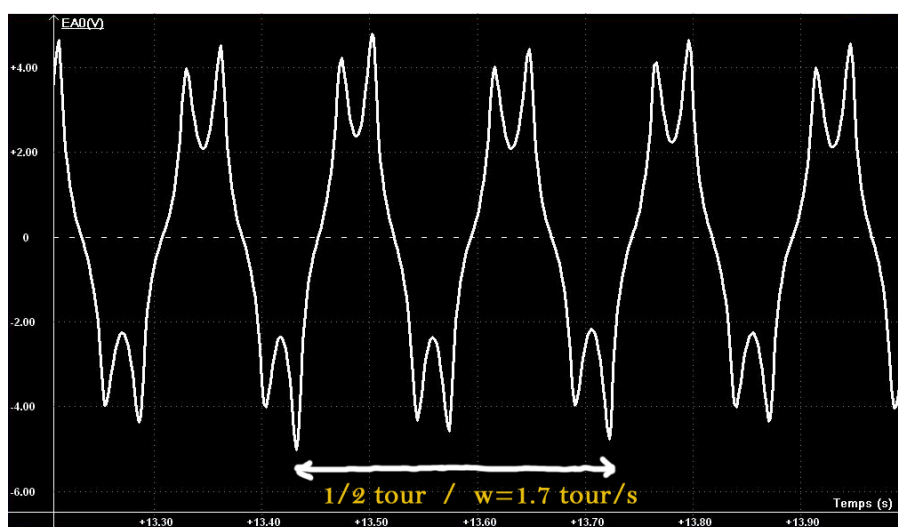
## 5.2. Expérience

### 5.2.1. Observations

Rapidement nous avons entamés la phase de résultat. Nous avons réalisés nos acquisitions à l'aide des cartes présentes au labo, et avons récupéré les données grâce au logiciel synchronie. Dans notre analyse on a essayé de comparer les résultats mesurés a ceux qui étaient attendues. Théoriquement nous devrions avoir une sinusoïde...



Voici la tension obtenue sur une seule bobine. Cette première prise nous a permis de constater qu'à vitesse constante l'amplitude est identique, ce qui indique la stabilité du montage. Nous avons été étonnés des doubles crêtes présentes à chaque alternance. Ces variations de tensions doivent s'expliquer probablement par le champ magnétique produit par les aimants n'est pas ponctuel.



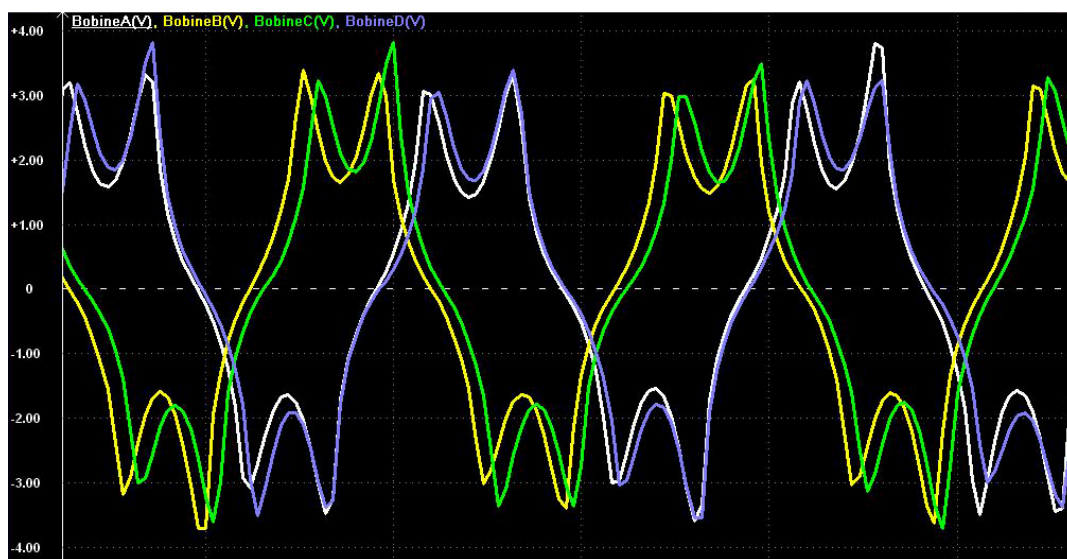
Ci dessus la tension aux bornes de deux bobines se faisant face à face branchées en série afin de doubler la tension. On remarquera qu'avec une vitesse de seulement 1.7 tour par seconde, nous obtenons une tension crêtes à crêtes de 9 volts.



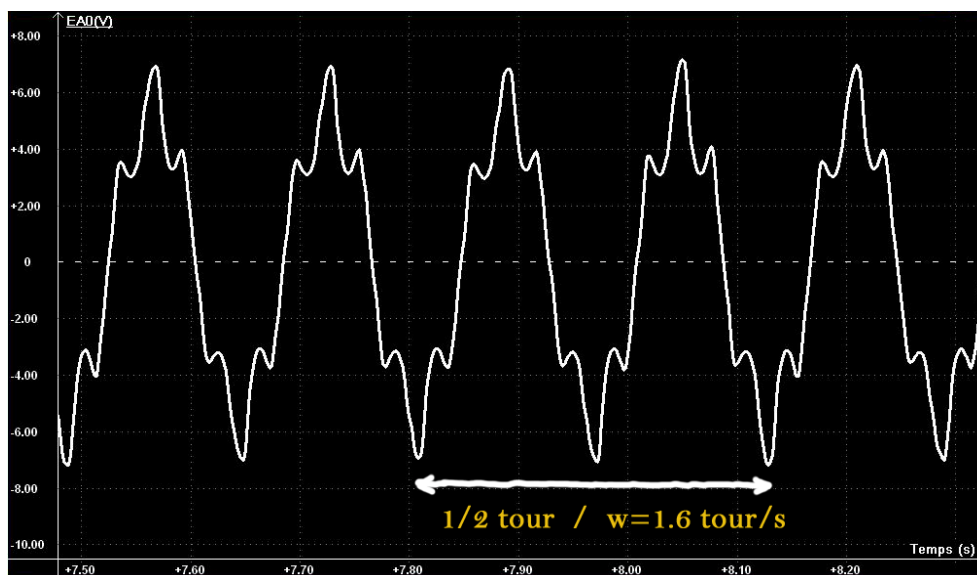
Ci dessous, nous avons quatre bobines présent simultanément. Nous n'avons pu en prendre que quatre car synchronie permet de faire seulement quatre acquisitions simultanées en mode différentiel. Nous avons choisi ici de prendre deux fois deux bobines se faisant face à face pour montrer leurs superpositions.

On constate que l'amplitude de la tension aux bornes de chaque bobine est similaire, ce qui souligne une géométrie relativement bonne de la génératrice.

On observe tout de même ici un léger décalage entre la bobine B et C.



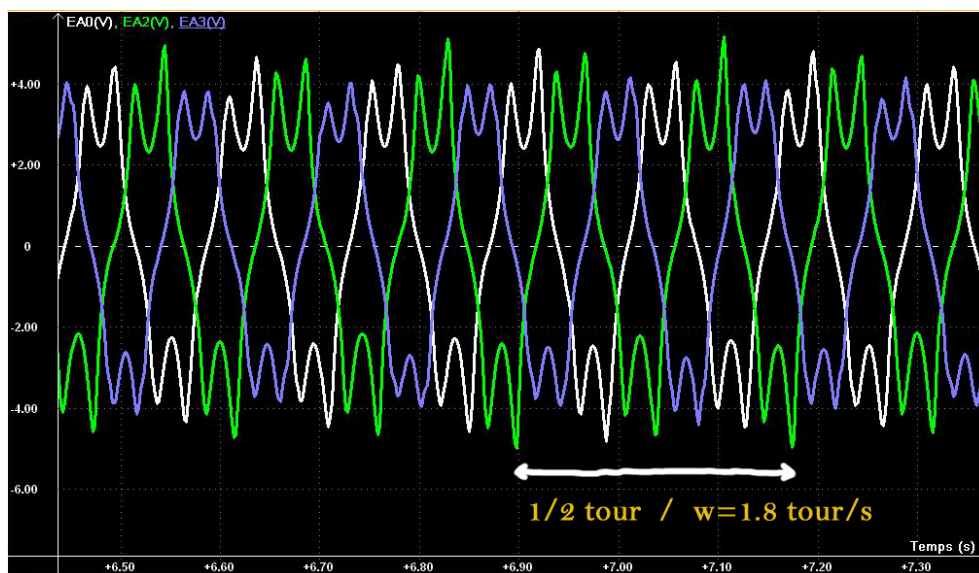
Ci dessous nous avons la tension entre deux phases de la génératrice. Le montage est un montage étoile qui permet d'obtenir une tension supérieure. (voir annexe 7.2.2) Entre deux phases crêtes à crêtes nous obtenons ainsi 14 Volts, à 1.6 tour/s.





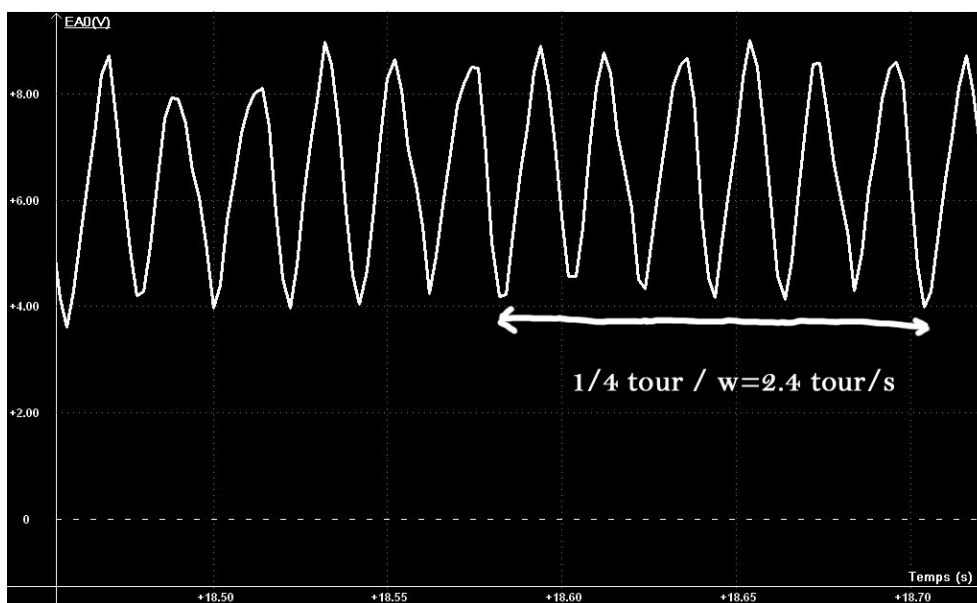


Voici ci dessous l'allure des tensions entre chaque phase et le neutre (annexe 7.2.2). Cette prise nous a permis de vérifier l'aspect triphasé de notre montage des dipôles. Il est possible de constater un décalage de  $2\pi/3$  entre deux périodes, ce que correspond bien a l'approche théorique. En plus les trois phases relativement la même amplitude ce que indique que la distance à laquelle les aimants passent de chaque bobine est équivalente.



Nous avons utilisés des diodes pour redresser cette tension. (Annexe 7.2.7) De plus nous avons enlevé le condensateur pour pouvoir observer les variations de tensions.

Nous avons 24 crêtes par tour de génératrice. On peut expliquer ceci par le fait que 24 est le premier multiple de 8 et de 6. Le redressement est fait entre les trois phases sans le neutre. (schéma 7.2.7) Ainsi le graphe ci dessous s'obtient "mathématiquement" par l'addition de trois fois la valeur absolue du graphe "entre deux phase". (deux graphes plus tôt)

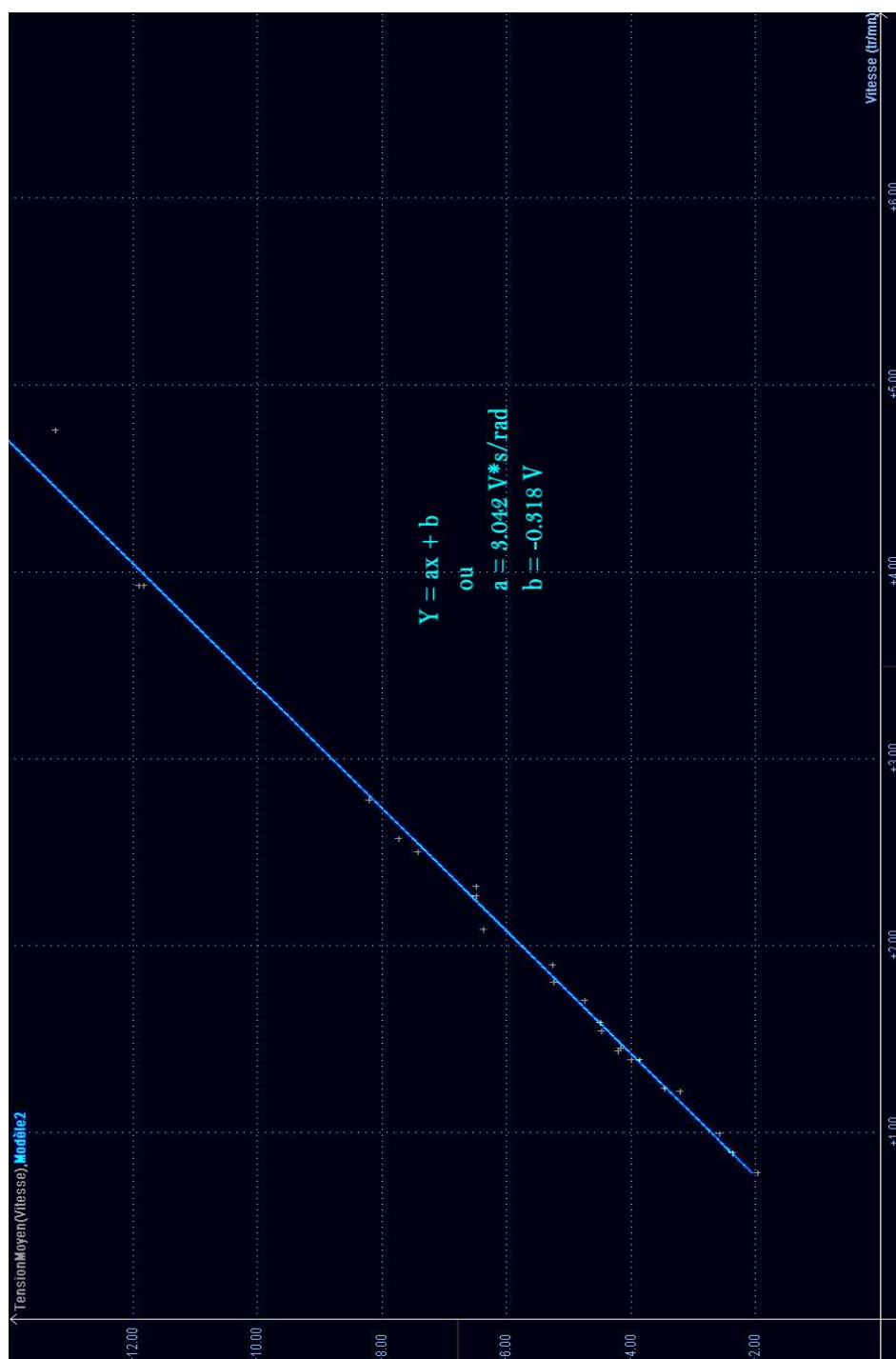




Finalement, nous avons cherché à trouver une relation entre la tension en sortie et la vitesse de rotation. Pour ça on s'est servi de deux résistances de 100 K pour faire un pont diviseur afin d'éviter la saturation lorsque la génératrice tourne rapidement.

Pour faire cette analyse, nous avons fait un grand nombre de mesure de tension à l'aide de synchronie à différentes vitesses. La droite a un coefficient de corrélation  $r = 0.99738$  ce qui est très bon. Le coefficient directeur vaut environ 3, ce qui signifie que à chaque fois que le nombre de tour/s augmente de 1 la tension au borne de la génératrice augmente de trois.

La valeur affine vaut -0.32 volt. Nous pensons qu'elle est due aux deux diodes qui devraient prendre 0.6 V chacune au passage du courant. Cependant avec une très faible intensité (ici de  $5\mu\text{A}$  si il y a une tension de 1 V) les diodes "prennent" surement moins de tension, ici chaque diode prendraient 0.16 v.







### 5.2.2. Résultats

Il est aisé de tourner la génératrice entre 1 et deux tours seconde. A deux tours seconde la tension à vide est de 10 v, tandis que l'intensité de court circuit est de 130 mA. A 4tr/s respectivement de 16v et 210 mA.

Nous avons connecté la génératrice à une résistance, pour avoir une première idée de sa puissance. En sortie, nous avons obtenu une tension de 2,530 volt, une intensité de 62,2 mA à 2 tr/s; puis 5,335V et 130 mA pour une vitesse de 4 tr/s. De plus n'oublions pas les deux diode de redressement qui prennent 1,2 V.

On peut donc en déduire( $P=U*I$ ) la puissance du courant continu qui est dans le premier cas de 0,157Watt et dans le deuxième 0,69 Watt.

Comme nous obtenons du courant continu en sortie une foule d'application est envisageable, telles que allumer des DEL, charger des piles, faire tourner un petit ventilateur, ou allumer une radio !





## 6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Notre fort investissement personnel nous a permis de réussir à faire cette génératrice. L'objectif pour nous était de réaliser une génératrice électrique (aimant et bobines), et nous pouvons dire maintenant que cela a été réussi avec cette réalisation.

Nous avons été très motivé car le fait de construire soit même un objet physique était valorisant pour chacun d'entre nous. Nous avons réalisé dans un premier temps un schéma de la structure de notre génératrice afin d'avoir la géométrie la plus parfaite possible pour maximiser les forces magnétiques sur les bobines.

Puis nous sommes passé à la théorie pour comprendre comment cela allait fonctionner (bobines opposé lié en parallèles, courant triphasé etc..) Après cela nous sommes passé à la fabrication de la génératrice.

Tout ce travail nous a permis de mieux aborder le fait de travailler en équipe. Nous avons su nous organiser afin d'optimiser notre temps, Certains découpaient le bois pendant que d'autre collaient les aimants. Le travail sur ce projet a permis de créer une cohésion, et aussi une entraide pour que tout le monde comprennent bien ce que l'on faisait aussi bien au niveau théorique que pratique.

La réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans Mr. Guillotin que nous tenons fortement à remercier pour ses efforts inlassables, sa connaissance ainsi que sa patience.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

[1] Noms des auteurs, "Titre du livre", *Editeur*, année.

[2] Noms des auteurs, "Titre de l'article", *Titre du journal*, volume, pages, année.

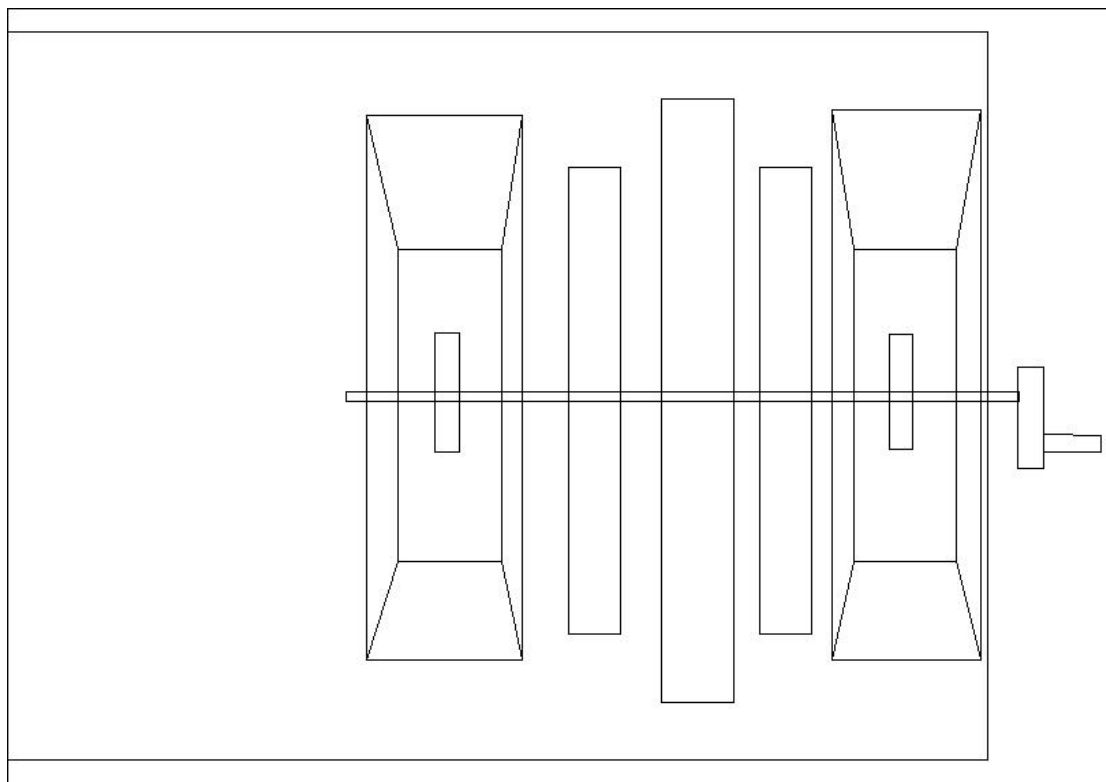
[3] lien internet : <http://www.####> (valide à la date du ##/##/20##).

## 8. ANNEXES

### 8.1. Documentation technique

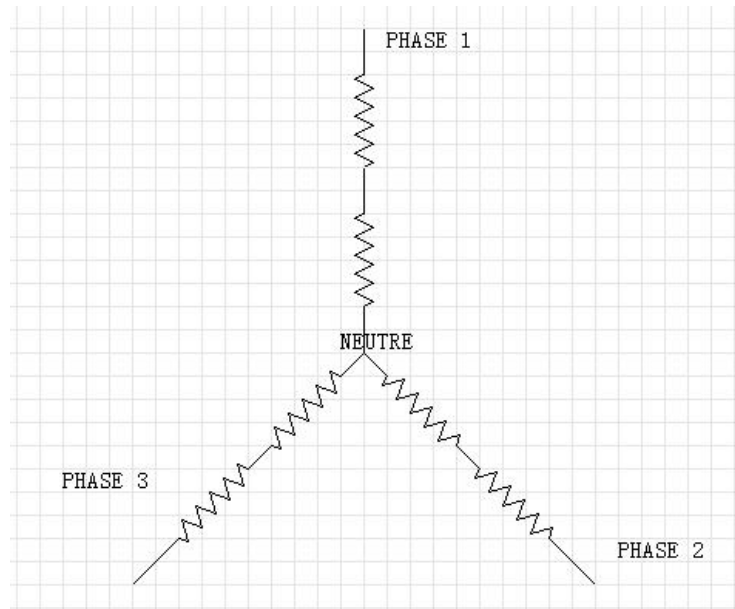
### 8.2. Schémas de montages, plans de conception...

#### 7.2.1. Plan de conception

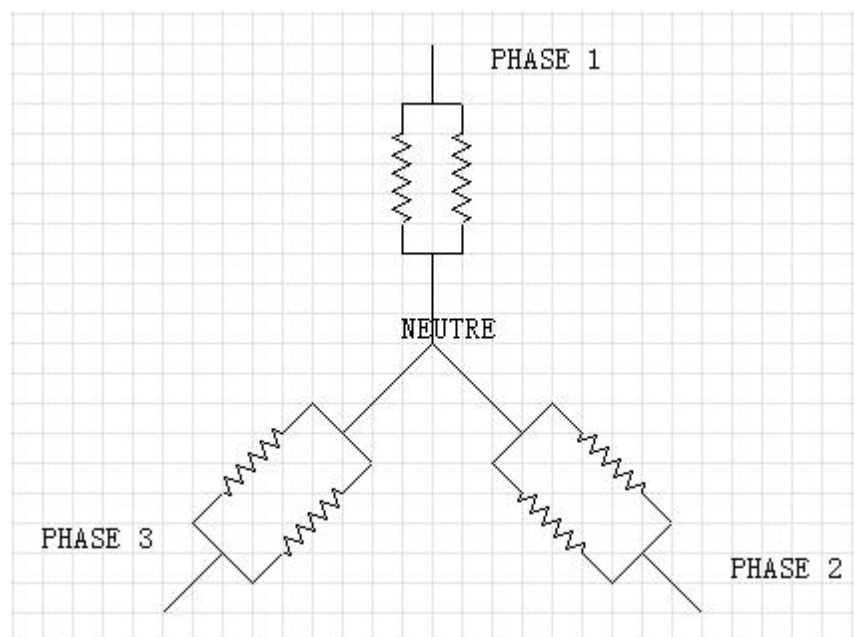


### 7.2.2 Etoile - Série

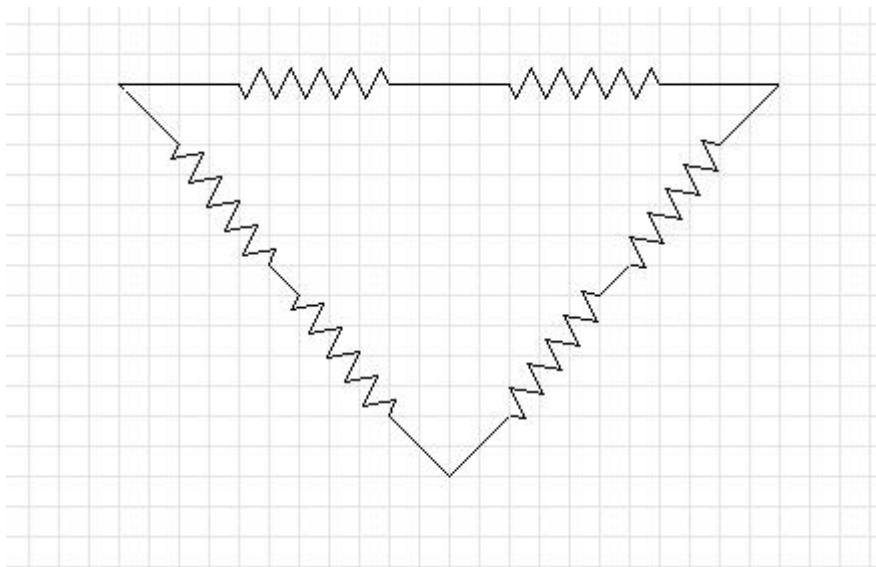
Montage en étoile, avec les bobines branchées en série deux par deux : On obtient par ce branchement 3 phases et un neutre, comme pour le réseau triphasé d'EDF.



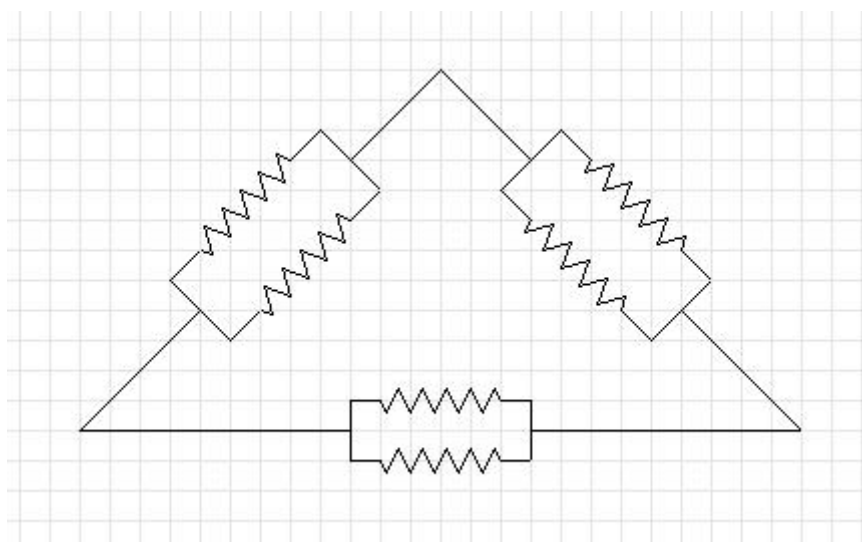
### 7.2.3 Etoile - Parallèle



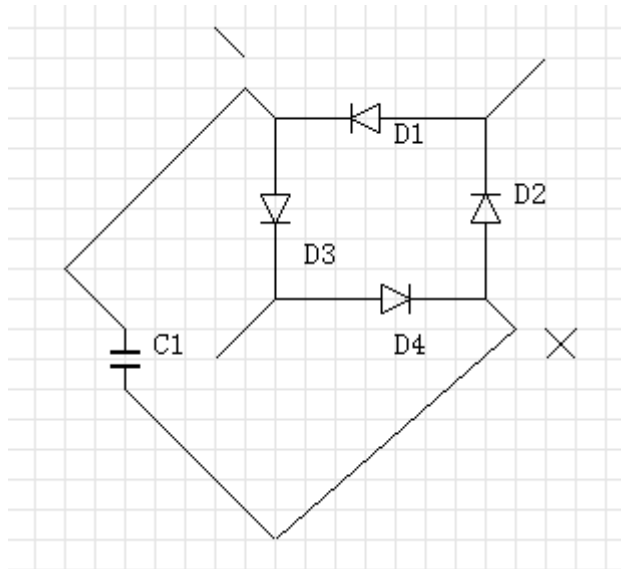
## 7.2.4 Triangle - Série



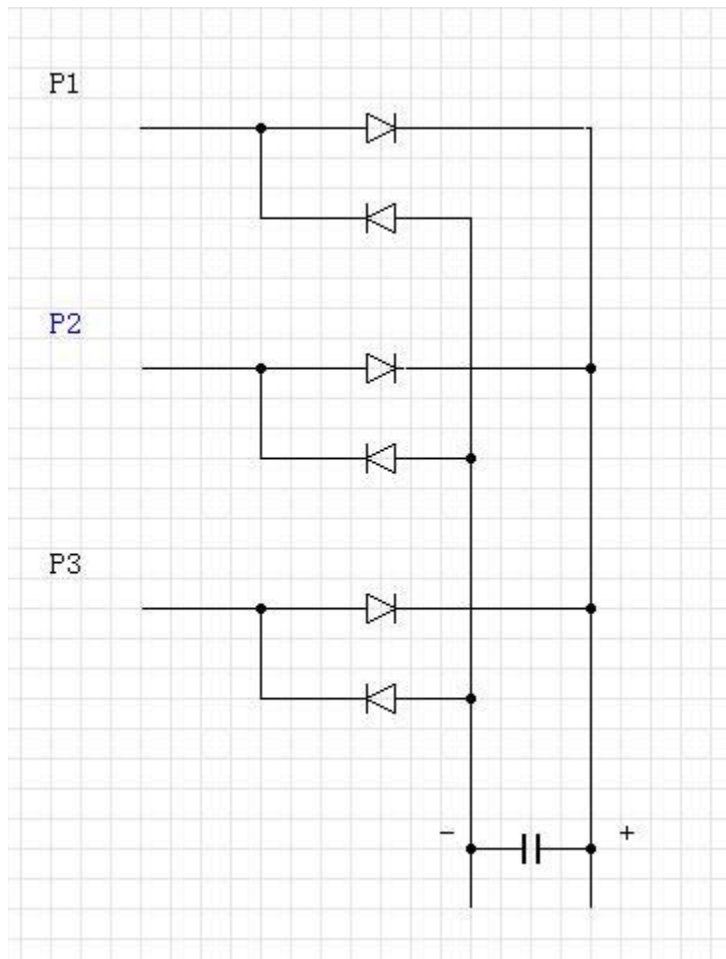
## 7.2.5 Triangle - Parallèle



## 7.2.6 Redressement classique de tension alternative à l'aide d'un pont de diode :



## 7.2.7 Redressement trois phases alternatif =&gt; Continu



## 7.4 PROPOSITION DE SUJETS DE PROJETS :

Pour l'année prochaine, il pourrait être intéressant d'estimer le rendement de la génératrice aux différentes allures.

Pour cela les élèves pourraient utiliser le moteur présent au labo. Après avoir déterminé le couple fourni par le moteur en fonction de l'intensité à l'alimentation et en fonction de la vitesse, les élèves pourraient déterminer le rendement de la génératrice aux différentes allures.

(Sur le schéma après, on peut voir une méthode pour déterminer le couple du moteur)

Remarque : La génératrice a été conçue pour tourner à des vitesses de quelques tours par secondes. (Max 5 tours/s) Une vitesse trop grande tordrait les axes ce qui entrainerait des vitesses de résonance. Avec le temps, ces déformations finiraient par tout simplement rendre la génératrice hors service.

Réglages : Il faut que les disques qui entrent en rotation soient parfaitement parallèles au plan des bobines. Pour régler ce parallélisme, les deux supports bois sont maintenus par deux vis chacun. Ainsi en desserrant les vis (en dessous du bâti) on peut régler l'axe dans deux dimensions. (Pour la troisième faire avec des bouts de papiers !) N'oubliez pas de desserrer les "mâchoires" qui tiennent l'axe avant toutes manipulations, sinon l'axe risque de se tordre.

Pour que la génératrice ait une espérance de vie un peu plus longue, nous avons éloignés les disques d'aimants l'un de l'autre. (ce qui diminue le rendement et également la probabilité que les aimants viennent à toucher les bobines à forces que les clampins du labo fassent tourner la génératrice) N'hésitez pas à régler à nouveau cette distance à l'aide des écrous. (La manipulation est quand même délicate)

