

ALTERNATEURS AUTO EN USAGE MINI - ÉOLIENNE

Première partie mise à jour mars 2005

La fiabilité des alternateurs auto est généralement excellente. Une telle source d'énergie actionnée par une éolienne de petite puissance est réalisable. Cela nécessite quelques modifications à la portée de tout auto-constructeur habile. Deux alternatives s'offrent à vous :

PREMIÈRE SOLUTION :

Multiplier la vitesse de rotation de l'hélice. En choisissant cette solution vous faites face à un montage mécanique plus élaboré.

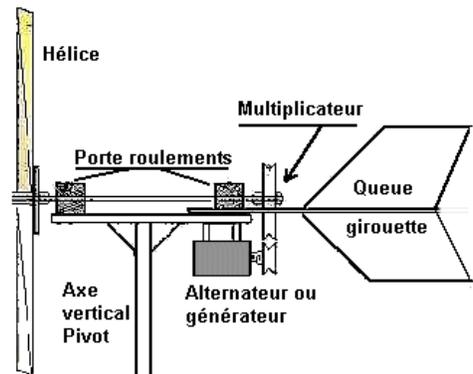
Possibilités (entraînement mécanique):

Chaînes de bicyclettes, plateau-pédalier et roues dentées de roue arrière. Faciles d'accès et installation aisées. Courroies trapézoïdales. Elles consomment plus de puissance que les engrenages et chaînes. L'utilisation de courroies "crantées type automobile" offre l'avantage de transmettre la puissance avec moins de pertes.

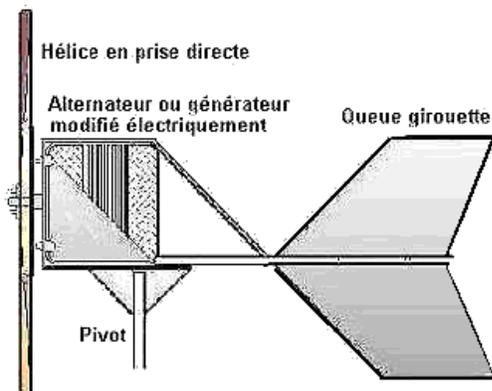
Engrenages: Généralement plus lourds et plus difficiles à mettre en oeuvre par un amateur non suffisamment équipé.

Rotation hélice/génératrice, par exemple :

Vitesse hélice 450 tours/minutes avec un vent de 30km/h et plus, vitesse de l'alternateur ou générateur CC = 1800 tours/minute.



SECONDE SOLUTION, rebobiner :



L'intérêt de rebobiner avec un fil plus fin le stator d'un alternateur ou le rotor d'une génératrice CC (voir [generateur.pdf](#)) est l'utilisation directe de la puissance hélice sur l'axe, d'où pertes mécaniques minimales.

Avantages: Hélice(s) de plus petit diamètre: Encombrement plus faible. C'est l'une des meilleures solutions pour une éolienne de petite puissance. En augmentant le nombre de spires par encoche du stator d'un alternateur ou le rotor d'un générateur l'on obtient la tension désirée avec une vitesse de rotation moins rapide. Le courant produit sera plus faible qu'un alternateur NON modifié, la tension demeurant sensiblement la même. Avec un vent de 30km/h et plus votre production sera rapidement plus importante.. En utilisation éolienne, nous venons de le voir, un générateur ou alternateur auto devra être entraîné soit par un système multiplicateur de vitesse de rotation, soit par une refonte des

bobinages. Dans un alternateur l'on rebobine le stator qui est la partie fixe (couronne) en périphérie à l'intérieur du boîtier arrière. Les spires sont inversées de sens à chaque encoche pour un stator d'alternateur automobile. En général il y a trois groupes de bobines.

Les spires d'un rotor génératrice CC sont bobinées dans le même sens.

Autonomie partielle ou totale ?

Etre partiellement ou totalement autonome (pour les optimistes !) de notre compagnie d'électricité, pour alimenter le voilier de nos promenades en mer, pour subvenir aux besoins de l'île déserte de nos rêves ou le chalet perdu dans les bois, il nous faut une source électrique la plus fiable possible. L'éolienne est LA réponse SEULEMENT si vous habitez une région suffisamment venteuse. **Bien évidemment si vous avez la malchance d'habiter une région avec très peu de vents, inutile d'envisager la construction ou l'achat d'une éolienne ! L'autre solution serait les panneaux photovoltaïques qui convertissent la lumière en électricité. Pas question d'envisager l'auto-construction d'un panneau photovoltaïque !** La solution facile et rapide pour un amateur pressé est d'acheter une unité éolienne commerciale toute faite, les choix ne manquent pas. C'est une question de budget personnel. L'autre possibilité est de fabriquer soi-même une éolienne qui tournera à environ 500 tours /minute, voire plus, et l'on multipliera la vitesse de l'alternateur par deux, trois, voir plus suivant le type de votre génératrice Ca ou CC.

Cette solution offre cependant quelques inconvénients.

- **Pertes mécaniques par glissements et frottements. - Démarrage de l'hélice plus difficile**
- **Mécanique générale plus élaborée, - Poids plus élevé**

Il faut cependant noter que la majorité des grosses éoliennes, les gros aéro-générateurs de centaines de KW, utilisent la méthode de la multiplication de vitesse de rotation entre le rotor éolien et la génératrice car il est impensable de faire tourner des hélices de plusieurs dizaines de mètres de diamètre à des vitesses excessivement élevées. Des rapports de 1 à 50 et plus sont communs pour ces gros engins.

“ **Donc nous n'avons pas le choix !** “ Direz-vous... Rassurez-vous, ce n'est pas si catastrophique.

En supposant que vous n'avez pas d'autre alternative que de multiplier la vitesse par un moyen mécanique, le poids de votre petite éolienne n'augmentera que de quelques kg, et ne sera pas compliquée au point d'abandonner.

Si c'est votre approche personnelle, choisissez, à l'aide de calculs ou des tableaux fournis, le diamètre de votre hélice d'éolienne et, voyez également les documents [palerotor.pdf](#), [technique.pdf](#) ainsi que les documents [EXCEL](#) disponibles sur ce site. Voir [Index](#)

Il existe une autre solution ; nous l'avons vu dès le début, faire générer du courant par votre alternateur ou générateur mais à plus basse vitesse. En réalité c'est la vitesse de rotation du rotor et le nombre de spires du stator de votre alternateur ou du nombre de spires du rotor de votre générateur qui fait générer cette tension et **NON** le système de régulation qui agit en fonction de la demande de la batterie (système arrêt-marche) par un système conventionnel, qu'il soit mécanique (relais) ou électronique comme sur les alternateurs modernes.

En actionnant votre alternateur CA ou générateur CC **directement** par l'hélice de votre éolienne, cette dernière tournera beaucoup plus facilement, notamment au démarrage, car moins de retenue mécanique.

Revue des sources électriques possibles.

Près de 90 % des éoliennes modernes sont conçues pour générer du courant électrique continu ou alternatif.

Notre but est identique, utiliser l'énergie éolienne pour produire de l'électricité qui va charger nos batteries, allumer quelques lampes dans le jardin pour amuser les enfants de tous âges, voire, pour envisager une certaine autonomie, voire, indépendance énergétique si vous êtes du genre optimiste à tous crins !

L'approche la plus accessible pour un amateur sont les alternateurs automobiles ou pour de plus grandes puissances, les alternateurs de camions, véhicules militaires, d'ambulances, de pompiers, etc.

Ces grosses unités sont souvent du type 24 volts alors que les automobiles sont généralement équipées en 12 volts.

Les génératrices CC moderne voir ([générateurs](#)) ou les "antiquités" qui équipaient les autos de nos grands-parents avant les années 50 et 60 sont aussi une excellente source de courant. L'auto-excitation est fréquemment automatique sur les génératrices CC de dernière génération ainsi que sur plusieurs alternateurs automobiles récents.

Ne négligez pas ces anciens générateurs qui équipaient nos automobiles d'antan. Plus massifs, et quelquefois moins performants mais souvent très vaillants et pour beaucoup "incroyables".

POUR RAPPEL, Dans tous les cas : (alternateur ou générateur CC)

Acheter neuf est recommandé.

Acheter re-conditionné est acceptable.

Acheter usagé (sans contrôle préalable) est risqué

Autres sources possibles:

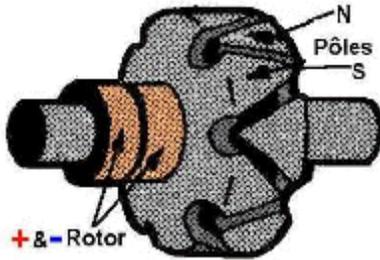
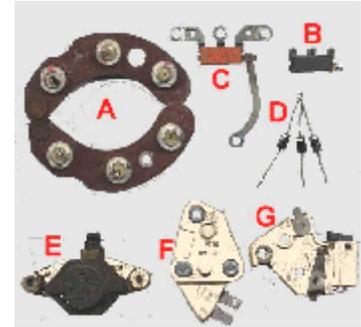
Les moteurs à induction (CA) qui moyennant quelques modifications peuvent être utilisés comme alternateurs à la condition de les faire tourner 5 à 10 % plus vite que la fonction moteur. Un "vieux" moteur de machine à laver peut sous certaines conditions devenir un alternateur. Voir plus loin ainsi que le document ([moteurs induction en alternateurs](#)).

Les alternateurs provenant de génératrices de secours à moteur essence ou Diesel. Certains générateurs ou alternateurs du type marine ou aviation peuvent également être une bonne source.

Principe des alternateurs auto. Vue des éléments (automobile)

Sur l'image de droite quelques éléments que l'on retrouve sur la majorité des alternateurs.

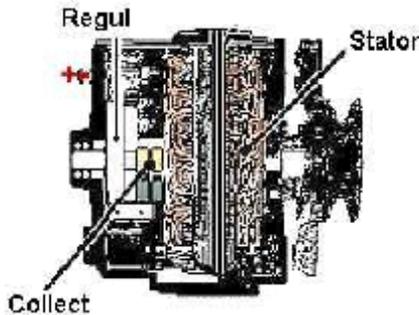
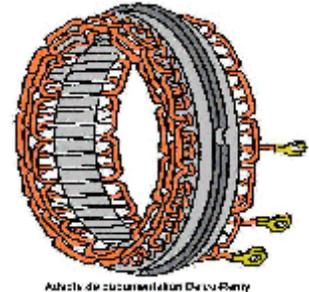
- A = Pont typique des diodes de puissance.
- B = Bloc typique de diodes "TRIO" a souder
- C = Bloc typique de diodes "TRIO" a visser.
- D = Diodes a installer lorsqu'il y a absence de B ou C
- E = Régulateur et porte balais intégré, ici BOSCH
- F = Régulateur typique, ici DELCO
- G = Porte balais typique DELCO (s'installe avec F)



Le rotor d'un alternateur automobile (l'inducteur)

Comporte deux bagues isolées de la masse et alimentées par la batterie via un régulateur interne ou externe. Les bagues sont connectées à la bobine interne du rotor qui produit le champ inducteur. Les masses polaires N-S induisent le stator...

Le stator (l'induit), produit le courant alternatif (CA) qui est redressé par des diodes de puissance et le transporte vers la batterie. La tension redressée est ondulée et son ondulation dépend : Du nombre de pôles rotor et du nombre de bobines du stator. Cette tension continue peut-être filtrée à l'aide de condensateurs, cependant... Une batterie se comportant comme un gros condensateur, la tension aux bornes de la batterie peut-être considérée comme un courant continu pratiquement pur. Un alternateur de voiture fourni en général 13.5 Volts et plus. On trouve des alternateurs de plus grande puissance (24 Volts et plus) sur d' autres véhicules tel que déjà dit: ambulances, camions de pompiers, gros routiers, véhicules militaires, etc.



Coupe d'un alternateur moderne

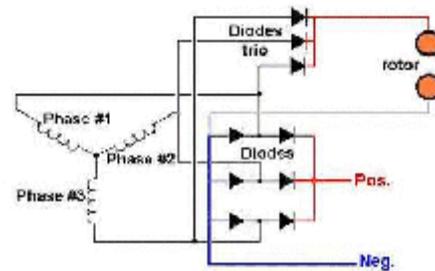
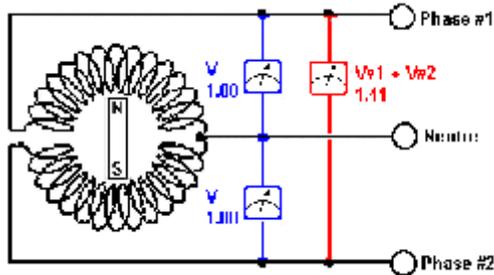
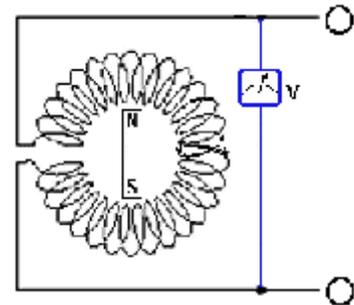


Schéma électrique classique

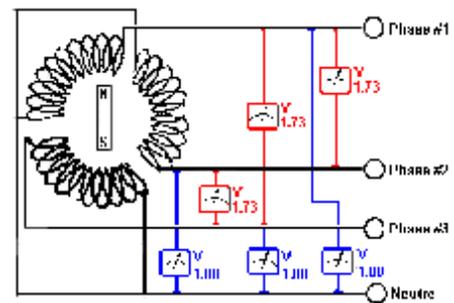
Trois configurations de base se retrouvent dans les alternateurs quel qu'en soit le type.

L'image de gauche nous montre le principe le plus simple, le **mono-phase**. Une seule tension est disponible puisque un seul bobinage induit. Le signal (tension/courant) couvre 360 degrés. Ce type d'alternateur est presque totalement abandonné par les constructeurs automobile. On retrouve cependant le mono-phase dans beaucoup d'applications simples où le rendement ou si le choix de tensions différentes n'est pas un pré-requis



L'alternateur **bi-phase** a la particularité d'offrir deux possibilités de tensions. En connectant les phases avec le neutre nous retrouvons deux tensions en principe identiques mais en opposition de 180 degrés. Si nous connectons aux bornes des deux phases, nous avons une tension qui est double. Ce type d'alternateur bien que peu utilisé en automobile est cependant commun notamment sur les petites génératrices d'appoint.

L'alternateur **tri-phase** est certainement le plus commun tant sur nos véhicules automobiles que dans les grosses centrales qui produisent notre courant électrique pour nos maisons ou industries. Les tensions sont décalées de 120 degrés. Le rendement d'un alternateur tri-phase est bien plus élevé qu'en mono ou bi-phase, c'est la raison de son emploi généralisé. Cette particularité est essentiellement due à une meilleure utilisation fer/cuivre. On peut trouver sur ce type d'alternateur plusieurs possibilités de tensions diverses. Entre chaque phase et le neutre nous obtenons trois tensions dont le rapport sera de UN (1). Si nous connectons entre les phases, les tensions seront de 1,73 fois plus élevées. Cette particularité sera exploitée à notre avantage pour notre projet d'éolienne de petite puissance.



Si l'on résume :

Les alternateurs en général possèdent un rendement plus élevé que les générateurs à poids égal de fer et de cuivre. Ils peuvent tourner à des vitesses très élevées sans dommages. Leur efficacité est souvent très moyenne à basse vitesse, c'est donc pourquoi la vitesse de rotation, nous l'avons vu au début, est fréquemment multipliée par rapport à la vitesse du moteur du véhicule ou, dans notre cas, éolienne à multiplication mécanique.

L'utilisation d'alternateurs automobiles sur des petites éoliennes demande quelques modifications pour les adapter aux vitesses plus basses des hélices, voir plus loin.

Par ailleurs, bien des alternateurs équipant nos voitures ne peuvent s'amorcer seuls, ils ont besoin d'une batterie pour déclencher le phénomène de génération de courant. Les constructeurs ont compris ce problème et, de plus en plus nous avons des alternateurs auto-excités, c'est à dire qu'ils peuvent produire du courant SANS l'aide d'une batterie.

Ces alternateurs de nouvelle génération sont aussi beaucoup plus performants grâce aux améliorations des aciers laminés et bobinages (induits et inducteurs) plus efficaces.

Votre choix se portera de préférence sur un alternateur comportant le plus grand nombre possible de pôles rotor et d'encoches stator. En effet, plus ce nombre est élevé à puissance égale mais marque différente, plus votre alternateur choisi sera plus performant. Exemples :

Marque A = 12 pôles rotor (6 pôles nord-sud), 36 encoches stator.

Marque B = 14 pôles rotor (7 pôles nord-sud), 42 encoches stator.

La marque **B** sera probablement plus performante à basse vitesse compte tenu du nombre plus élevé de pôles du rotor et encoches du stator. Il est possible avec quelques artifices de modifier un alternateur automobile afin qu'il s'auto-excite avec ou sans batterie. Nous abordons cette étape plus loin.

Possibilités avec un alternateur automobile conventionnel :

Il est techniquement possible avec un alternateur 12 volts de produire une tension supérieure à 12 volts. !

Il est techniquement possible d'obtenir du courant alternatif (CA) pour transport d'énergie sur de grandes distances. Il est techniquement possible de modifier un alternateur pour répondre à des besoins spécifiques autres que la charge de batteries. Pompage, chauffage, éclairage direct, etc. Voir ([Schémathèque.pdf](#))

L'adaptation requiert cependant une habileté et quelques connaissances en électromécanique ou l'aide d'un ami plus versé dans ce domaine..

Une hélice éolienne ou un rotor de moulin à vent peut très bien actionner un générateur CC ou un alternateur automobile, que ces derniers soient modifiés ou non. C'est tant mieux, sauf que peu de petites éoliennes auto-construites peuvent tourner au-delà de 800 à 1200 tours/minute sans risques de dommages ou incidents.

Il existe cependant des exceptions avec certaines petites éoliennes commerciales de 1 mètre à 1,60 mètres de diamètre qui peuvent tourner à près de 2000tr/m. Voir ([Eoliennes commerciales.pdf](#)) et ([PALEROTOR.pdf](#)) pour généralités sur la construction de vos pales.

Avant de passer au côté pratique de l'adaptation l'éolienne de nos rêves, nous devons parler des...

Petits moteurs comme générateurs. (Très faible puissance)

Les moteurs qui se trouvent sur la majorité de nos outils portatifs sont en principe aptes à fonctionner en générateurs. Pour de très faibles puissances ou tests, les petits moteurs de nos appareils de distraction tels que: jouets de nos enfants, magnétophones, magnétoscopes (moteurs de tête vidéo par exemple), moteurs pas à pas de nos disques durs d'ordinateurs mis au rancart....etc.

Ces moteurs sont en général du type série, le courant circulant dans les fils inducteurs et induits est le même.

En général il sont à aimants permanents, ce qui facilite nos expérimentations. D'autres types de bobinages sont possibles. Voir ([générateurs.pdf](#))

L'on rencontre de plus en plus des moteurs CC à aimants permanents ainsi que certains moteurs appelés à "champs tournants". Ces petits moteurs sont généralement de faible puissance. N'espérez pas de miracles en fonction générateurs !...

Sous forme de générateurs le rendement de ces petits moteurs sans modifications est modeste, voire médiocre mais, vous constatez qu'ils produisent en les faisant tourner. Avec des modifications mineures l'on peut extraire de ces petits moteurs des puissances suffisantes pour de modestes expérimentations ou de jouets éoliens pour les enfants, petits et grands !

Partie motrice :

En maquette ou mini-mini éolienne une petite hélice de 60 à 80 centimètres de diamètre actionnera sans difficulté ces très petits moteurs en fonction générateurs ou, alternateurs, sous réserve bien entendu d'un bon vent !.

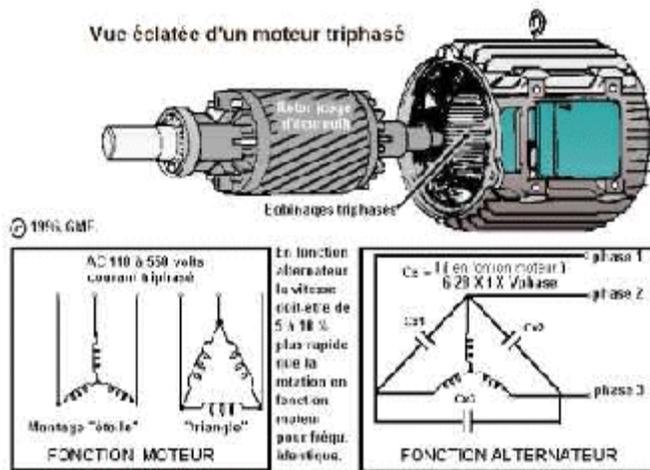
L'utilisation sera modeste mais suffisante pour charger une petite batterie ou des piles rechargeables, ou allumer quelques ampoules basse tension et faible wattage. Les LED's modernes sont une utilisation très séduisante.

Pour de plus grandes puissances vous pouvez utiliser des moteurs CC provenant de ventilateurs de radiateur ou climatisation automobile. Certains de ces engins sont surprenants en fonction générateur, quelquefois sans modifications.

Par exemple : Un ventilateur auto multi-pales en résine pour radiateur avec son moteur à courant continu peut constituer une petite éolienne simple. Plusieurs copains utilisent ce type de ventilateur et son moteur SANS modifications avec un résultat acceptable et construction ultra simple. Une seule remarque. Le profil des pales n'est pas spécifique à la fonction éolienne. Il vous faudra soit prendre le vent par l'arrière, soit quelquefois inverser le ventilateur afin que la face plate soit face au vent. A défaut, votre moteur en fonction générateur risque soit de produire une tension avec les polarités inversées, soit qu'il ne produise pas du tout. L'expérimentation est la clé du succès.

Moteurs et alternateurs à induction

Il existe d'autres types de moteurs spécifiques qui sont actionnés par des courants alternatifs de 50 ou 60 Hertz (ou cycles) jusqu'à plus de 400 Hertz (aviation notamment). Certains de ces moteurs peuvent devenir des alternateurs avec quelques modifications et astuces. En fonction "moteur", l'engin reçoit une tension triphasée. En fonction "alternateur", trois condensateurs sont ajoutés au circuit. L'on fait tourner l'engin avec une vitesse de 5 à 10 % plus élevée qu'en fonction moteur. L'auto induction se fait en principe à vide, c'est à dire sans charge. Une fois la tension établie, la charge peut être appliquée. Certaines éoliennes notamment DARRIEUS sont équipées de tels moteurs/générateurs. Au début du fonctionnement l'engin est utilisé comme moteur pour lancer l'éolienne. Dès que celle-ci a atteint sa vitesse de rotation de "croisière" le moteur devient alternateur synchrone ou asynchrone suivant le type utilisé. Image en page suivante.



Le calcul des condensateurs pour la fonction "alternateur" est simple:

Calculez en divisant le courant (ampères) utilisé en fonction moteur par 6,26 ($2 * \pi$) fois la fréquence souhaitée (50 ou 60 Hertz) fois la tension phase à phase.

Le résultat est des microfarads. (μF).

Utilisez des condensateurs papier ou à huile isolés d'au moins deux fois la tension

N'utilisez PAS de condensateurs chimiques ou électrolytiques polarisés, **risques d'explosion !!!**

Une autre source.

Les alternateurs modernes qui équipent les génératrices autonomes à essence ou Diesel produisant du courant alternatif à 50 ou 60 Hertz sous des tensions de 110 à 220 volts et plus. Ces alternateurs tournent en général de 1500 à 3000 tours/minutes pour du 50 Hertz (Europe) ou 1800 à 3600 tours/minute pour du 60 Hertz (Amérique du Nord). L'inconvénient des alternateurs provenant de génératrices à essence ou Diesel est qu'ils doivent tourner à leur vitesse spécifique pour un bon rendement d'ou nécessité d'un multiplicateur et régulateur de vitesse de rotation. L'adaptation d'un moteur conventionnel CA ou du type universel CA/CC pour une éolienne n'est pas toujours à la portée de l'amateur bien que la chose soit réalisable si l'on a la compétence et la patience nécessaire.

FIN DE LA PREMIERE PARTIE

ALTERNATEURS AUTO EN USAGE MINI - ÉOLIENNE

Deuxième partie. Aspect pratique

Modifier électriquement un alternateur.

Nous allons agir sur le stator, qui est la partie fixe, c'est la couronne extérieure qui est bobinée par une quantité variable de bobines individuelles.

Le stator est bobiné en général par trois séries de gros fils, c'est lui qui produit le courant. Ici nous avons un stator d'alternateur Delco. Image de droite =====>>>

La technique de modification bien que très simple en réalité, demande cependant du soin.

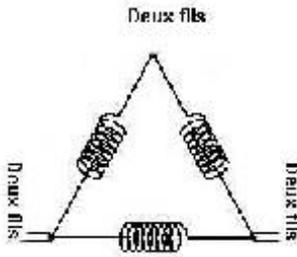
Une fois votre alternateur ouvert, vous découvrez que le stator fait partie de la carcasse arrière.

Les fils sont connectés aux grosses diodes de puissance qui redressent le courant. Ces diodes sont en général placées sur la partie interne arrière de l'alternateur. Elles sont fréquemment insérées dans deux blocs distincts. Il vous faut soit dessouder ces fils, soit dévisser les écrous qui retiennent les cosses qui font contact. Ainsi vous pouvez déloger mécaniquement le stator.

Vous avez en mains une couronne sur laquelle les trois groupes de fils sont bobinés alternativement et en général indépendants.



Une première vérification à faire:

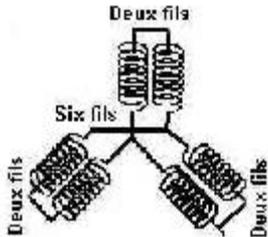


Est de noter si votre alternateur d'origine est bobiné d'origine en mode **TRIANGLE**, dans ce cas vous noterez trois groupe de fils connectés **deux par deux**. Qui vont vers les diodes de puissance.

<<<===== Image de gauche

Si votre alternateur d'origine est bobiné en **ÉTOILE**, vous verrez **trois fils simples** qui vont vers les diodes de puissance et un groupe de trois fils soudés ensemble et généralement bien isolés et qui ne vont nulle part.

Image de droite =====>>>

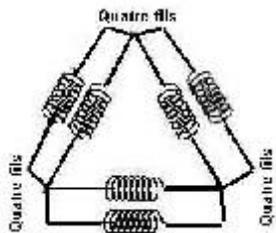
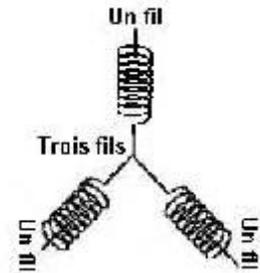


Si vous voyez trois sorties de fils couplés ou soudés **deux par deux**, PLUS un groupe de six fils soudés ensemble (ceci étant le neutre), ce montage est du type bobiné (deux fils en mains de plus petit diamètre) mode **ÉTOILE**.

<<<===== Image de gauche

Si vous voyez **trois groupes de quatre fils** votre alternateur est bobiné **deux fils en mains** en mode **TRIANGLE**.

Image de droite =====>>>



Dans ces deux derniers cas, ce sont des astuces de manufacturier que nous pourrions prendre à notre avantage. En effet, il est tout à fait possible de modifier le mode de bobinage triangle en mode étoile ou mode double en mode simple. En connectant les sorties de chaque bobine vers les entrées de la suivante, vous divisez la vitesse d'amorçage.

Vous pouvez également modifier SANS rebobinage, un mode triangle en mode étoile qui vous offre une tension supérieure. Sommes toutes ces stators d'alternateurs modernes nous offrent plusieurs possibilités.

Si par contre vous croyez qu'il est indispensable de rebobiner votre alternateur comme suggéré:

Débobinez soigneusement chaque groupe de fils en notant précisément le nombre de spires par encoche. D'une manière générale vous aller trouver de 4 à 8 spires par encoche. Le diamètre de fil variera d'environ 0,8mm à environ 3mm soit en jauge Nord Américaine du No 12 au No 21 suivant la puissance de votre engin. Plus le fil est gros, plus le courant débité est important.

Nous allons intervenir au niveau des bobinages des **induits** que l'on nomme **stators** dans les alternateurs, c'est la partie fixe, la couronne dont nous allons modifier les caractéristiques initiales par une "refonte" électrique qui offrira des caractéristiques de vitesse de rotation plus basse au détriment d'un courant plus faible). C'est sans contredit la solution pour des puissances inférieures à 1000 Watts (< 1 kW).

Pour résumer :

Modification **génératrice CC = le rotor**. Voir le document: [générateur](#)

Modification **alternateur auto = le stator** [Ce document](#)

Cette méthode qui est utilisée depuis près de 75 ans, au début avec des génératrices CC, puis plus tard, vers 1965, avec des alternateurs auto, est très abordable pour l'amateur habile.

Avantage

Vous pouvez connecter directement votre hélice sur l'axe de votre alternateur ou générateur. Le maximum de puissance est transmis directement de la source à l'utilisation, les pertes mécaniques sont minimales.

Il n'est pas toujours évident de multiplier une vitesse de rotation faible d'une éolienne et de maîtriser des forces centrifuges plus importantes ainsi qu'un poids plus élevé.

En outre une régulation de vitesse pour obtenir une fréquence alternative stable, si vous optez pour une tension alternative, n'est pas tâche facile pour un auto constructeur...

C'est pourquoi le but de cet ouvrage est volontairement limité à de petites puissances.

Fonctions : Trois paramètres peuvent influencer le rendement d'un générateur électrique.

L'induction , la longueur des spires de l'induit, et la vitesse de rotation.

Cette formule de base s'établit simplement : $E = K.n.N$

Dans notre cas l' induction est variable dans le temps. Par les caractéristiques spécifiques du rotor. _En effet au début de la rotation **RIEN** ne se passe si ce n'est qu'un légère rémanence magnétique du rotor.

Cette rémanence (résidu de magnétisme dans le fer du rotor) peut être "fortifiée" grâce a une légère tension d'excitation sur le rotor. Quelques dizaines de milliampères suffisent. [Quelques solutions offertes dans \[schématèque\]](#).

La vitesse de rotation.

Ici nous faisons face à un léger "problème" car nous RÉDUISONS la vitesse de rotation afin de s'adapter à une vitesse éolienne plus faible. Ce "problème" est compensé par :

Nombre plus élevé et longueur des spires en fils plus fin afin que notre engin génère à plus basse vitesse.

Ceci se fait avec comme pénalité un courant plus faible, donc puissance en watts diminuée par rapport a la puissance d'origine de l'alternateur ou générateur NON modifié.

Cette pénalité n'est pas grave en soit puisque la source d'énergie est gratuite une fois notre engin construit.

Nous allons travailler tout d'abord sur la modification de l'alternateur de notre choix.

Préparation du stator

Débobinez soigneusement chaque groupe de fils de votre stator d'origine en notant précisément le nombre de spires par encoche. D'une manière générale vous aller trouver de 4 à 8 spires par encoche de chaque phase.

Le diamètre de fil variera d'environ 0,8mm à environ 3mm soit en jauge Nord Américaine du No 12 au No 21 suivant la puissance de votre engin. [Plus le fil est gros, plus le courant débité est important.](#)

Votre stator complètement nu, vous devez enlever toutes les parties de fils ou de poussières qui pourraient gêner le rembobinage futur. Ensuite nettoyez avec de l'alcool et séchez bien. Vous êtes prêts pour le rembobiner.

Assurez-vous que l'isolant sur la couronne du stator est intact. Remplacez ou réparez au besoin par des languettes de papier ciré ou tout matériel mince, isolant et NON combustible. Le téflon est idéal !

Les nouvelles bobines seront faites avec un fil plus fin d'où nombre de spires par encoche plus important.

La technique du calcul est simple .

Exemple: Vous disposez d'un alternateur d'un courant max 40 ampères. Sa vitesse d'amorçage productive a l'origine d'environ 1500 tours minute, 5 spires par encoches. Fil de 1,45 mm de diamètre donc surface 1,65 mm carrés.

Que peut on espérer de cet alternateur une fois modifié ?

L'original produit 40 ampères sous une tension de charge de 13,5 volts environ, cela donne une puissance optimum de 540 watts (40 ampères fois 13,5 volts en tension nominale de charge)..En fonction éolienne cet alternateur pourrait nous offrir une vitesse d'amorçage d'environ 370 tours minute. Nous pouvons espérer 135 Watts de puissance à sa production optimale vers 700 a 800 tm. Cette production devrait pouvoir se faire avec une vitesse de vent entre 35 à 40 km/h suivant la qualité de votre hélice. Voir [Palerotor](#)

Comment pouvons nous calculer ces valeurs ?

Nombre de spires sur l'original = 5 spires par encoche. Vitesse seuil de production 1500 tours minute

Nous visons 4 fois MOINS de vitesse de rotation a l'amorçage soit 375 tours/minute

Le nombre de spires par encoche sera donc 4 fois PLUS élevé soit 20 spires par encoche.

Le diamètre du fil sur l'original était de 1,45 mm et sa surface de 1,65 mm carrés.

En divisant 1,65 mm/carré par 4 nous trouvons 0,4125 mm carrés. Nous devons trouver le nouveau diamètre de fil soit 0,4125 mm carrés divisés par 3,14 (PI) puis racine carrée nous donne le rayon du nouveau fil qui est 0,3624 mm.

Doublons cette dernière valeur afin d'obtenir le diamètre = 0,3624 fois 2 est égal à 0,72 mm de diamètre (valeur arrondie). En quelques minutes nous avons trouvé le diamètre du fil qui fera nos nouvelles bobines.

[Une autre solution facile de calculs vous est offerte a l'aide de tableurs Excel disponibles en page Index](#)

Quel courant pouvons nous espérer

de notre nouvelle unité lorsqu'elle produira à son régime optimal ? Le courant max débité sur l'alternateur non modifié était de 40 ampères. ([Cet exercice n'est qu'un exemple !](#)) [Page suivante](#)

Les enroulements originaux sont du type triphasé (trois bobinages séparés, **montage étoile**). Cela veut dire que chaque enroulement (chaque phase) fournit 1/3 du courant. Donc :

40 ampères divisés par 3 = 13,33 ampères par phase sur l'original.

Le diamètre du fil original était de 1,45 mm et sa surface est de 1,65 mm carrés

Donc un courant de 13,33 ampères circulant dans une surface de cuivre de 1,65 mm carrés nous donne une densité de courant de 8,08 ampères au mm carré de fil.

Si nous conservons la même densité de courant dans nos nouvelles bobines nous aurons donc 0,4125 mm carrés fois 8,08 ampères de densité au mm carré nous obtenons 3,33 ampères par phase pour un total de 9,99 ampères lorsque votre nouveau "bébé" tournera avec le vent à sa vitesse optimale.

Or, 9,99 ampères fois 13,5 volts de tension de charge nous donnent 135 watts de puissance nominale

Cette valeur envisagée au début se confirme par les chiffres.

Dans la réalité ?

Dans la réalité, suivant la qualité de votre hélice, la stabilité et qualité des vents sur votre site, cette valeur pourra être différente dans une direction ou une autre. En supposant que votre unité ne produise que 100 watts à son optimum cela représente tout de même près de 8 ampères de charge pour votre batterie avec un vent de 30 à 40 km/h !

Voici un petit alternateur léger et assez performant pour vous offrir un service adéquat de petite puissance sur une éolienne modeste. Idéale pour un voilier ou un chalet perdu dans les bois

A noter.

Certains alternateurs ne comportent pas de diodes trio pour auto-alimenter le rotor. Ces alternateurs sont alors commandés par l'ordinateur de bord du véhicule (véhicules récents). Il vous faudra donc ajouter 3 petites diodes du type 1 N 5404 (3ampères X 200 volts minimum). Un groupe de diodes trio provenant d'un vieil alternateur ou récupération d'un appareil électronique HS pourra aussi être utilisé. Assurez vous en récupération que **les éléments utilisés sont OK** pour ce nouveau service ! Voir [schematheque](#) pour explications

Rebobinage

Vous avez calculé vos nouvelles valeurs en fonction de l'élément en main. Le stator proprement nettoyé et est prêt à recevoir ses nouvelles bobines. Le schéma de gauche nous démontre comment procéder.

Nous avons déterminé pour notre cas un fil No 19 ou No 20 soit 0,80mm à 0,90mm de diamètre pour les nouvelles bobines de notre stator.

Ceci n'étant qu'un exemple !

Commencez par bobiner le nombre de tours de fils que vous aviez calculé en fil 0,80mm ou 0,90mm en débutant de l'encoche 1 vers l'encoche 4.

Continuez en bobinant le même nombre de spires de l'encoche 4 vers l'encoche 7 en bobinant en direction **inverse**.

Si la place est suffisante et que le remplissage de fil de cuivre vous semble OK vous pourrez continuer

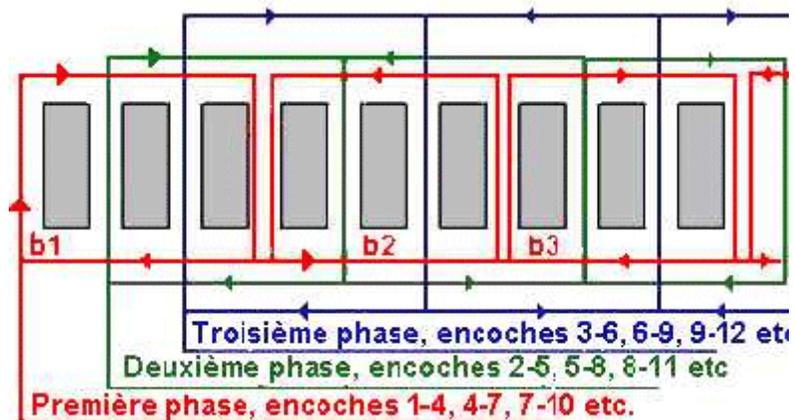
Dans le cas contraire, ajoutez ou enlevez une spire par encoche à chaque test. Les encoches idéalement devraient-êtres remplies au maximum, seul la place des languettes de retenue devrait-être libre.

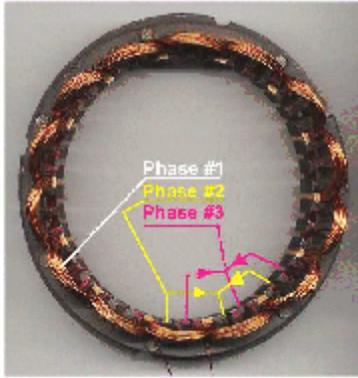
Si votre deuxième essais est concluant vous pouvez commencer par rebobiner votre stator.

Débutez votre bobinage en enroulant 20 spires (**pour exemple**) entre l'encoche No 1 et l'encoche No 4

Inversez le sens du bobinage et enroulez 20 spires entre l'encoche 4 et l'encoche 7. Continuez ainsi de manière à fermer complètement un tour de stator.

N'oubliez pas qu'à chaque jeu d'encoches le sens du bobinage est inversé ! [Page suivante](#)





<<<====L'image de gauche vous montre une couronne de stator dont le bobinage de la première phase est terminé. La phase #1 en blanc qui est terminée est en attente de la phase#2 en jaune qui elle même sera suivie de la phase#3 en mauve.

Notez bien le sens des bobinages indiqué par les flèches.

Vous bloquez vos bobines à l'aide de petites chevilles de bois en vous assurant qu'elles ne débordent pas sur le logement du rotor (partie intérieure). Continuez avec un autre bobinage (deuxième phase) tout en débutant par l'encoche 2 qui se fermera à l'encoche 5, puis de l'encoche 5 vers l'encoche 8 en bobinant à l'inverse de la précédente bobine et ainsi de suite jusqu'à compléter un tour complet de la phase 2 du stator. Attaquez enfin le troisième bobinage (troisième phase) en commençant par l'encoche 3 vers l'encoche 6 puis, de l'encoche 6 vers l'encoche 9 **en bobinant à l'envers à chaque changement de bobine.**

Rappelez-vous que chaque bobine individuelle est bobinée à l'inverse de la bobine précédente.

Désolé d'insister sur ce principe essentiel. Trop de copains ont eu la déconvenue d'un alternateur non fonctionnel en NE RESPECTANT PAS ces inversions de sens à chaque bobine !

Les trois groupes sont terminés et bobinés de la même manière.

Votre stator rembobiné, vous devez vous assurer qu'il n'y a aucun court-circuit entre chaque groupe de bobine pas plus qu'entre les bobines et la masse du stator. Vous allez souder les 3 entrées des groupes de bobinages.

Deux choix de connections s'offrent à vous.

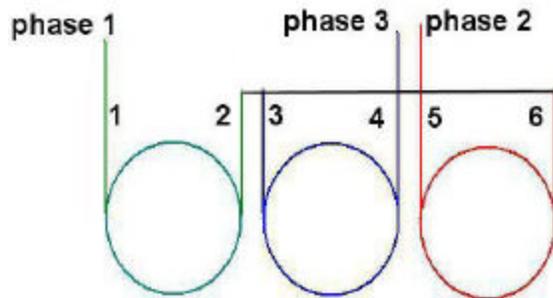
Soit le montage en TRIANGLE utilisé sur certains modèles d'alternateurs ou le courant prime sur la tension.

Les bobines des phases sont en série. La tension phase à phase est d'un rapport de un à un (1/1).

Soit le montage en ÉTOILE qui est le plus commun et le plus pratique dans notre cas. L'avantage du montage étoile est que la tension induite est plus élevée (1,73) que la tension induite d'un montage triangle (1,0). ([Voir les schémas connections en page 6](#) de ce document)

Le montage étoile est un avantage pour une auto-excitation plus rapide et, souhaitable pour un usage éolienne.

L'auteur recommande cette deuxième approche.



Si vous choisissez le montage étoile, les connections s'établissent ainsi, si vous avez bien respecté la procédure ci-dessus:

A = Phase 1, fil sortie numéroté UN (#1)

B = Phase 2, fil sortie numéroté QUATRE (#4)

C = Phase 3, fil numéroté CINQ (#5)

Les fils 2- 3 - 6 sont soudés ensemble et constituent le point central. Cette connexion soudée sera BIEN isolée!

Remarque: Il se peut que par inadvertance l'une de vos bobines n'est pas en conformité de ce qui précède. En testant les tensions de CHAQUE groupe de phases vous pouvez rétablir le bon fonctionnement de votre unité.

A l'aide d'un multimètre en position AC (courant alternatif) vous devez mesurer trois tensions identiques entre chaque groupe de phases.

Ré-assemblage

Vous pouvez procéder au ré-assemblage de votre alternateur.

En plaçant les balais qui sont à l'arrière assurez-vous de ne pas les briser. Un trou à l'arrière de la coquille de l'alternateur permet de retenir les balais durant le ré-assemblage avec l'aide d'une tige de métal que vous retirerez délicatement lorsque les deux coquilles parties avant et arrière seront solidement fixées à l'aide de leurs vis.

Le rotor ne doit pas frotter sur le stator lorsque vous faites tourner votre engin

Serrez bien les vis des coquilles de l'alternateur.

Enfin vous pouvez retirer la petite tige de métal qui retient les balais. Vous voici prêt pour vos tests.

Connectez les fils positif et masse sur une batterie qui est partiellement chargée.

Faire tourner l'alternateur à l'aide d'un moteur ou d'une perceuse électrique de bonne puissance, le tout très bien fixé.

Vous devriez mesurer une tension CC de 12 volts et plus vers 300 à 500 tours minutes. [Page suivante](#) ➤

Le courant débité vers votre batterie sera fonction de la puissance de votre alternateur. L'échauffement devrait-être modéré, une température de 50 à 70 degrés Celsius après 10 à 15 minutes de fonctionnement est considéré comme normal. Bien entendu vous n'avez pas oublié de réinstaller le ventilateur !

Il est possible que la tension soit plus faible que celle de 12 volts ou toute autre tension souhaitée et duement calculée. Cela peut provenir de plusieurs facteurs :

-> Une ou plusieurs des grosses diodes de puissance sont défectueuses. **Il vous faudra les faire changer chez un réparateur d'alternateurs.**

-> Un bobinage ou deux, voir les trois sont en court-circuit ou encore mal bobinés. Revoir le bobinage.

Recommencez votre travail au besoin.

-> Un des éléments des bobines du stator est en opposition de phase. **Inversez sa ou ses connexions.**

Les tensions de phase à phase doivent être identiques !

-> Le trio de petites diodes qui alimente le rotor lui aussi peut-être défectueux. **Tester, au besoin remplacer.**

-> Votre batterie est fautive. **Essayez une autre unité.**

-> Les fils de connexions de l'alternateur vers la batterie sont trop faibles ou mal fixés. Réviser l'installation. **Utilisez des fils de plus gros diamètre.**

-> Enfin, la vitesse de rotation est insuffisante. **Si possible augmentez son régime.**

Recommandations

- **Isolation** des nouveaux fils du stator. **Utilisez du fil double isolation si disponible.** Les fils modernes sont en général isolés pour une tension d'au moins 2000 volts. Pas trop de problèmes ici !

- **Tension** inverse des diodes. **200 volts est un minimum.** Vérifiez au près de votre vendeur en cas de doutes.

- **Puissance** mécanique de l'éolienne (revoir la dimension d'hélice. **Augmenter son diamètre**) Voir [Palerotor](#)

- **Tenue** Mécanique des roulements à billes. **Changer pour des modèles " industriels " .**

- **Échauffement** non négligeable du bloc. **Limite de 70 à 80 degrés Celsius !**

- **Transmission faible.** **Doublez les poulies** suivant la puissance **ou prévoir des chaînes plus fortes** ou des engrenages plus performants si vous utilisez l'entraînement mécanique.

- Dans le cas d'utilisation **prise directe**, **réviser l'angle d'attaque de vos pales.** Voir [Palerotor](#)

- Dans le cas de **multiplication mécanique**, vous pouvez multiplier le nombre de pales jusqu'à 6 pales afin d'obtenir un couple de démarrage plus élevé **au détriment d'une vitesse de rotation plus faible.**

- **La rotation** d'une manière générale est le sens des aiguilles d'une montre en regardant de face votre alternateur. Bien évidemment votre alternateur pourrait fonctionner aussi bien en rotation inverse, ce qui n'est pas le cas des générateurs, cependant...

- **La ventilation** de l'alternateur se ferait à l'envers c'est à dire que l'air serait propulsé à l'intérieur de l'alternateur au lieu d' **EXPULSER** l'air ! **Tout est question de choix et de logique**

En modifiant soigneusement un alternateur auto vous pourrez obtenir la puissance et la tension désirée jusqu'à une certaine limite qui est celle inhérente aux caractéristiques initiales de votre engin.

D'autres facteurs peuvent influencer le rendement d'un alternateur en fonction éolienne. Notamment :

- **Régulateur** inadéquat pour cette modification. Quelques schémas simples fournis [[schematheque](#)]. Dans les systèmes de l'auteur le régulateur d'origine du rotor est éliminé puisque les régulations s'effectuent par des circuits externes en sortie puissance.

- **Rotor est trop faible.** Par exemple un rotor de 2 ampères sera MOINS efficace qu'un rotor de 4 ampères pour la même unité. Cependant, un rotor de 4 ampères versus un rotor de 2 ampères sera plus gourmand en puissance tant mécanique qu' électrique. Ce ne sont là que quelques "problèmes" qui pourraient vous arriver. En fait cela est excessivement rare si vous suivez la méthodologie suggérée. Si vous-vous êtes procuré un alternateur NEUF ou reconditionné par un réparateur consciencieux vous n'aurez pas à vous préoccuper de ces problèmes. Il est possible par ailleurs que votre réparateur d'alternateur puisse vous offrir de rembobiner votre alternateur moyennant rétribution. **A ce propos, méfiez-vous de ceux qui ne font QUE modifier le régulateur en vous promettant le Soleil la Lune et toute la Galaxie que cela va fonctionner ! Vous allez au devant de bien des déceptions et déboires...**

Souvenez-vous que :

Un alternateur modifié en basse vitesse bien que fonctionnant de manière identique à un alternateur haute vitesse est différent au coeur même de la fonction des induits soit : - Nombre de spires en général plus élevé. - Densité cuivre/fer plus favorable, cela se vérifie aisément en remarquant la place libre dans les encoches d'un alternateur NON modifié.

C'est pourquoi nous ne saurions trop insister pour que le nombre de spires que vous rembobinez remplissent au maximum la place des encoches. **Un seul espace être libre, c'est la place des languettes qui retiennent les bobines**

[Page suivante](#) ➡

Pour rappel... quelques conseils utiles.

- N' hésitez pas à revoir le système de ventilation si jugé nécessaire !
- ÉVITEZ les alternateurs et générateurs d'arrière cour d'un démolisseur de voiture.
- Roulements souples et SANS bruits
- Carcasse non craquée.
- Vis intactes (souvent indice de réparations)
- Pas de traces d'humidité, sable, boue, rouille etc.

Il vous est possible d'acheter a très bon compte un alternateur re-conditionné chez un spécialiste sérieux en réparation d'alternateurs automobiles. Peut-être même sera t'il prêt à modifier votre engin moyennant facture ? Vous aurez ainsi la certitude d' une pièce en parfait état, prête à fonctionner... Enfin presque si l'on fait exception de quelques modifications que vous ferez vous-même ou, ferez faire par un spécialiste ou un copain.

Contrôle de court-circuits. toujours possibles

Vous pouvez aisément contrôler les court-circuits de vos bobines en utilisant un multimètre sur position (OHMS). Si tout est parfait votre appareil devra mesurer l'infini (**pas de contacts**) entre chaque bobine ET avec la masse. Vous testez aussi les trois groupes de bobines entre elles AVANT de souder le début des bobines.

Pas de contact tout est OK

Grosses diodes de puissance et petites diodes "trio"

Ces diodes se contrôlent facilement à l'aide d'un multimètre sur la position (OHMS) haute valeur "+ de 10.000 ohms ". Les nouveaux multimètres numériques possèdent une fonction contrôle des diodes très utile dans ce cas.

Dans un sens la diode montre une faible résistance, pour exemple : 650 ohms. Inversez les connections, la résistance doit-être TRÈS élevée. Vos diodes sont bonnes.

Si par malchance vos diodes sont défectueuses vous pouvez trouver soit un court-circuit (**résistance zéro dans les deux sens**) ou l'inverse les diodes sont "ouvertes dans les deux sens" donc résistance infinie

Vos diodes dans ce cas sont à changer.

Contrôle de phasage.

Nous l'avons vu en début... dans un alternateur moderne bobiné en système étoile ou triangle nous avons trois phases placées à 120 degrés l'une de l'autre.

Encore une fois les tensions phase à phase doivent être identiques en tension mesurée CA (courant alternatif)

Si une des phases n'est pas en concordance avec les deux autres il y a annulation de puissance globale.

Si vous disposez d'un oscilloscope, il vous sera aisé de contrôler le phasage de vos nouvelles bobines.

Contrôle de puissance.

Vérifications si RIEN ne fonctionne a votre goût !!!

Ouvrez l'alternateur, soudez trois fils sur les bornes des grosses diodes (les fils du stator a diodes de puissance restent connectés). Arrangez-vous pour sortir ces trois fils à l'extérieur au travers de l'un des trous de ventilation arrière

A nouveau faites tourner l'alternateur et mesurez les tensions alternatives entre chaque phase (chaque sortie de fil représente une phase). Vous devez absolument mesurer une tension **ALTERNATIVE ÉGALE** entre chacun des fils par rapport aux autres. Si ce n'est pas le cas, la phase fautive montrera une tension **PLUS FAIBLE** par rapport aux autres. **Repérez cette phase fautive.**

Démontez à nouveau l'alternateur et **INVERSEZ** les connections de cette phase **UNIQUEMENT**

Tout devrait être dans l'ordre en reprenant vos tests. Vous pouvez alors enlever ces trois fils extérieurs et refaire proprement les connexion intérieures. La puissance totale devrait être revenue à la normale, donc plus élevée et plus d'efficacité et bien moins d'échauffement. Cette méthode s'applique également pour le montage en triangle. Dans ce cas les trois bobines sont en série.

Souvenez vous que... si une bobine est en opposition de phase, vous aurez annulation de puissance et échauffement élevé sans compter sur un rendement qui vous paraîtra déplorable.

Les balais (brosses ou "charbons"). Les balais portent le courant d'excitation vers le rotor. Des balais usés ou qui ont surchauffé offrent un service médiocre. **N'hésitez pas à les changer.** Leur prix est faible face a un meilleur rendement [Page suivante](#)

Le collecteur

Le collecteur du rotor est constitué de deux bagues de cuivre ou de bronze isolées de la masse. Ces bagues constituent avec les balais le chemin du courant d'excitation de la ou des bobines du rotor.

Des bagues propres et bien polies offrent un meilleur contact. Une toile d'émeri (papier sablé) de calibre 140 à 180 et plus restaure le temps de le dire un jeu de bagues oxydées ou "charbonnées".

Les roulements.

Les roulements à billes ou à rouleaux subissent des forces de pression, échauffement, tensions diverses, etc. Un nettoyage et graissage annuel leur permettra une plus longue durée de vie.

Protection

Un capot de tôle ou de fibre autour de votre alternateur évitera les intempéries d'en réduire sa durée de vie. Le capot devra cependant assurer une ventilation adéquate. Un grillage de métal à l'avant et à l'arrière assurera ce service

Fils d'amenée du courant vers la batterie. N'hésitez pas sur la qualité et le calibre des fils d'amenée du courant vers votre batterie. Un fil No 14 (2,00mm de diam) sera adéquat pour de faibles courants (< 10 Amp). Pour de plus forts courants et plus grandes distances utilisez du No12 (2,60mm de diam), voire plus gros fils si cela vous est possible..

Si les distances sont longues (+ de 10 mètres ou 30 pieds) **DOUBLEZ** vos fils ou utilisez des fils de plus forte section. Les **connexions seront excellentes et soudées**, donc vous minimiserez les pertes.

Voir le tableur [Excel](#) pour la dimension de vos fils accessible via [Index](#)

Batteries.

Les batteries constituent la réserve d'énergie électrique que votre éolienne peut fournir. Une batterie neuve sera la solution idéale, cependant, vous pouvez vous procurer des batteries d'occasion chez un spécialiste à prix raisonnable. Idéalement votre batterie fera au moins 60 ampères/heure de réserve, voir 100 ampères et plus, voir plusieurs batteries pour plus de réserve si vous en avez la possibilité.

Si vos moyens financiers vous le permettent procurez-vous des batteries à décharge profonde comme celles utilisées par exemple sur les petits moteurs électriques de bateaux. Voir [batteries](#).

Utilisation.

Une modeste installation vous permettra d'avoir un éclairage de secours en tout temps (si le vent dans votre région est coopératif bien entendu !). De plus, vous pourriez utiliser certains appareils ménagers ou outillages spéciaux qui fonctionnent sur 12 ou 24 volts comme les équipements de camping et maisons mobiles. Vous pourriez même envisager l'achat d'un onduleur (convertisseur de tension continue) 12 volts en tension alternative 110volts 60 Hertz ou 220 volts 50 Hertz et ainsi faire fonctionner de petits appareils que vous utilisez dans votre maison, votre résidence secondaire, votre voilier, votre île déserte, etc... Vous aurez besoin alors de batteries de plus grande puissance/réserve

PUISSANCES ENVISAGEABLES POUR QUELQUES MARQUES D'ALTERNATEURS

Modèle	Puissance d'origine	Puissance envisageable avec un vent de 30/40 km/h
FORD/Motorcraft	50 à 80 ampères	125 à 260 Watts mesures réelles (testé sur banc)
Delco-Rémy	12 SI 60 a 90 ampères	240 à 380 Watts Mesures réelles (testé In-situ)
Delco	27 SI 90 à 110 ampères	400 à 550 Watts ++ Mesures réelles (testé In-situ)
Nippo Denso et Mitsubishi	40 ampères	125 à 150 watts mesures réelles (testé sur banc)
Paris-Rhône	50 ampères	125 à 250 watts calculs
Ducellier	50 ampères	150 à 300 watts ***calculs
Imarelli	44 ampères	125 à 200 watts ***calculs
Chrysler	50 à 75 ampères	125 à 350 watts mesures réelles (testé sur banc)
Chrysler	110 ampères	500 à 1500 watts mesures réelles (testé In-situ durant trois ans !)
Bosch	75 à 90 ampères	275 à 450 watts mesures réelles (testé In-situ durant deux ans)

Amorçage "forcé"

Le principe repose sur l'injection d'un faible courant sur le rotor Voir:[\[schemathèque\]](#) ou utilisation d'une petite génératrice CC en excitation complémentaire, voir exemple en [page 7 de Projet Jean-Yves](#).

Ou utilisation de petits aimants permanents sur le rotor (lorsque la place le permet). Le principe électrique est éprouvé et efficace.

Régulateurs

Nous avons besoin de régulateurs pour nos aérogénérateurs. Plusieurs types existent selon les besoins.

- Régulateur de rotor sous forme de régulation tension ou sous forme de régulateur qui détecte les besoins de la batterie.
- Régulateur de puissance en sortie de l'alternateur ou générateur.
- Régulateur de charge/décharge de la batterie, etc.

Dans le document [[Schémathèque](#)] vous trouverez une série de schémas simples et efficaces.

Dimensions des fils de bobinages les plus utilisés en rebobinage

# AWG	Diam (mills)	Circ (mill)	Diam (mm)	Surface (mm2)	Résistance/1000m
# 25	.0179	320	0.45	0.1590	100,4 ohms
# 24	.0201	404	0.55	0.2376	81 ohms
# 23	.0226	510	0.60	0.2867	68 ohms
# 22	.0253	642	0.70	0.3848	50 ohms
# 21	.0239	824	0.80	0.5027	38 ohms
# 20	.0320	1.024	0.90	0.6362	30 ohms
# 18	.0400	1.600	1.20	1.1310	17 ohms

L' utilisation de ce tableau est simple et n'appel aucuns commentaires.

Ceci termine la partie technique de base et de modification d'un alternateur automobile aux fins d'usage petite éolienne auto-construite.

Nous vous invitons a suivre les autres documents pour vous familiariser aux autres aspects qui constitueront votre future source d'énergie.



Maintenant, les amis.... AU BOULOT ET... faites concurrence à votre compagnie d'électricité !

**Cordialement et Bons Vents. Votre amie
Moulinette**

Document original Michel alias Gemifi 1997/2001. © 2001/2005 Gemifi
Rédaction et révision de ce document : Gémifi. Mise en page Hélène

Document uniquement destiné pour usage privé. Copie(s) ou usage commercial strictement interdit. © GEMIFI