

ALTERNATEURS AUTO EN USAGE MINI - ÉOLIENNE

© 2001 Gemifi, révision decembre 2002

La fiabilité des alternateurs auto est généralement excellente. Une telle source d'énergie actionnée par une éolienne de petite puissance est réalisable.

Cela exige 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 montage un mécanique plus élaboré.

Possibilités (entraînement mécanique):

Chaînes de bicyclettes, plateau-pédalier et roues dentées de roue arrière. Courroies trapézoïdale.

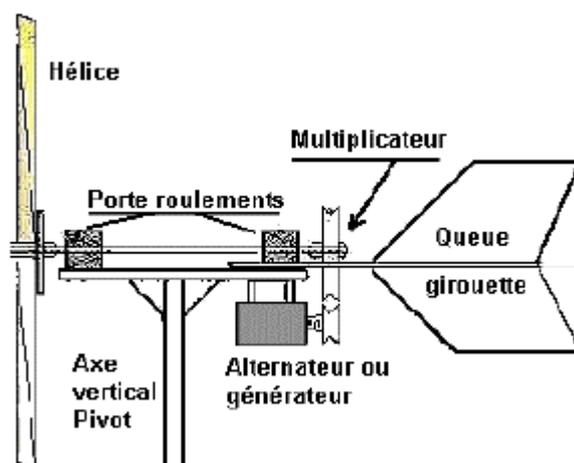
Elles consomment plus de puissance que les engrenages et chaînes.

L'utilisation de courroies "crantées type automobile" offre l'avantage de transmettre la puissance avec moins de pertes.

Un rapport de vitesse de 1 à 4 est un bon compromis.

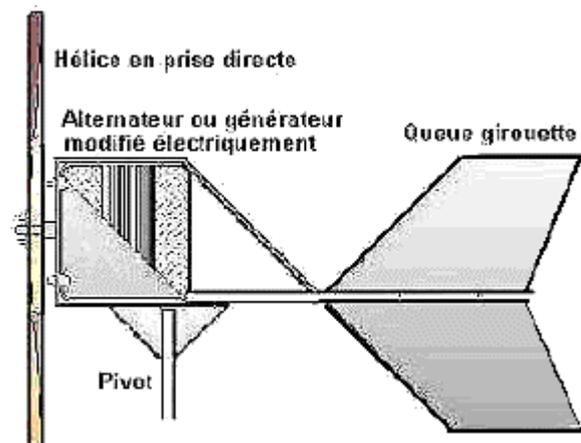
Par exemple :

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



SECONDE SOLUTION :

Rebobiner le stator de l'alternateur.



L'intérêt de rebobiner avec un fil plus fin est l'utilisation directe de la puissance hélice sur l'axe, d'où pertes mécaniques négligeables. Hélice de plus petit diamètre = Encombrement plus faible. C'est sans contredit l'une des meilleures solutions pour une éolienne de petite puissance.

En augmentant le nombre de spires par encoche du stator alternateur ou rotor d'un générateur l'on obtient la tension désirée avec une vitesse de rotation bien moins rapide. C'est l'effet souhaité.

Le courant produit sera plus faible, la tension demeurant sensiblement la même.

Avec un vent de 30km/h et plus votre production sera rapidement plus importante la vitesse hélice augmentant. Deux solutions parmi d'autres possibles.

En utilisation éolienne, nous venons de le voir, un générateur ou alternateur auto devra être entraîné soit par un système multiplicateur soit par une refonte des bobinages.

Dans un alternateur l'on rembobine le stator qui est la partie fixe (couronne) en périphérie a l'intérieur du boîtier arrière.

Les spires sont inversées de sens à chaque encoche. En général il y a trois groupes de bobines. Rarement l'on rembobine le rotor

Autonomie partielle ou totale ?

Pour être partiellement ou totalement indépendant (pour les optimistes!) de notre compagnie d'électricité ou encore pour le voilier de nos promenades ou l'île déserte de nos rêves, il nous faut une source électrique la plus fiable possible.

L'éolienne, même petite, est LA réponse 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 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. Vous pouvez cependant essayer !

La solution facile et rapide est d'acheter une unité éolienne commerciale toute faite, les choix ne manquent pas. C'est une question de budget personnel.

L'autre solution est de fabriquer une éolienne qui tournera à environ 500 tours /minute, voir plus, et l'on multipliera la vitesse de l'alternateur par deux, trois...

Cette solution présente cependant un inconvénient :

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

Il faut cependant noter, que la majorité des grosses éoliennes utilisent la méthode de la multiplication de vitesse car il est impensable de faire tourner des hélices de plusieurs de mètres de diamètre à des vitesses très élevées.

Des rapports de 1 à 50 et plus sont communs pour les gros aérogénérateurs de centaines de KW.

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

Si 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 kgs, et ne sera pas compliquée au point d'abandonner.

Si c'est votre seule alternative choisissez, à l'aide du calcul ou des tableaux fournis, le diamètre de votre hélice d'éolienne et, voyez les documents [Palerotor](#). [Technique](#)

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.

En actionnant votre alternateur ou générateur 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 énergétique.

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.

Les générateurs CC du type moderne 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'excitation est fréquemment automatique sur les générateurs de dernière génération.

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".

[générateurs](#)

Également 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.

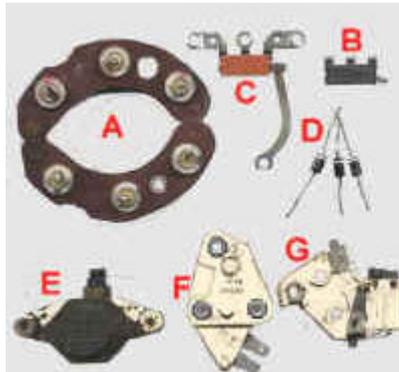
Dans tous les cas :

Acheter neuf est recommandé.

Acheter re-conditionné est acceptable.

Acheter usagé (sans contrôle préalable) est risqué

Principe des alternateurs auto. Vue des éléments (automobile)



Légende:

A = Pont typique des diodes de puissance.

B = Bloc typique de diodes "TRIO" à souder

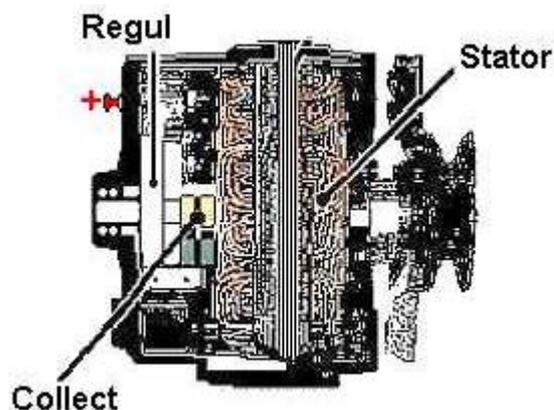
C = Bloc typique de diodes "TRIO" à visser.

D = Diodes à 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**)



Vue en coupe
d'un alternateur moderne
classique

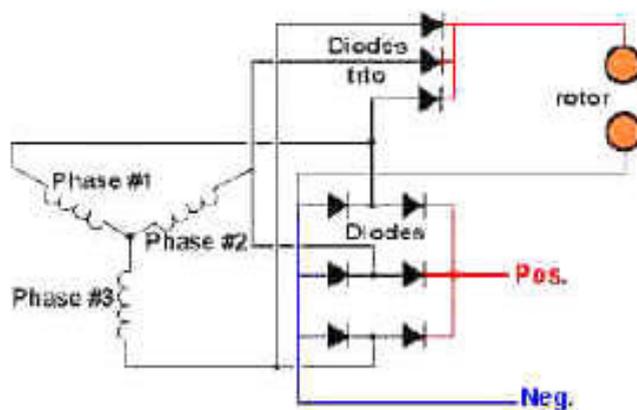
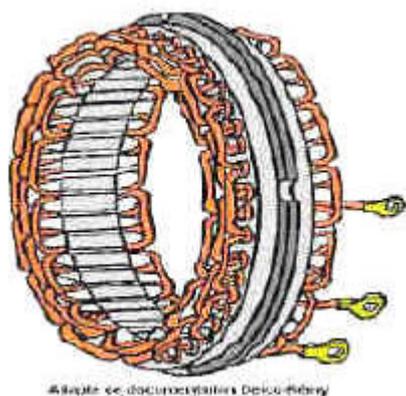
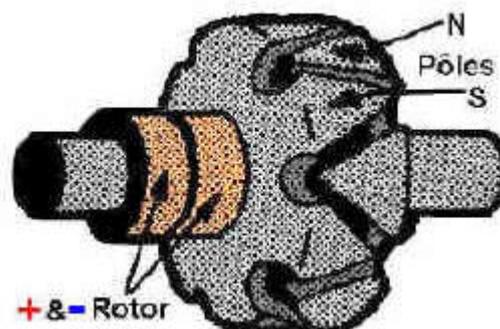


Schéma électrique

Le rotor d'un alternateur automobile

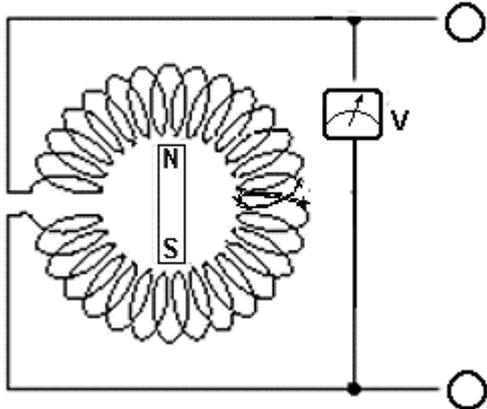
Comporte deux bagues isolées de la masse et alimentées par la batterie via un régulateur interne ou externe. Les bagues sont connectées à la bobine interne du rotor qui produit le champ inducteur. Les masses polaires N-S induisent le stator.



Le stator qui est l'induit, produit le courant 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 tels que des ambulances, camions de pompiers, gros routiers, véhicules militaires, etc.



Trois configurations de base se retrouvent dans les alternateurs

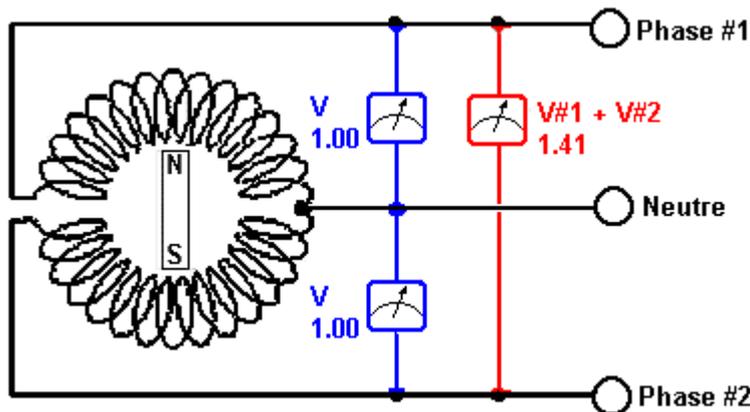
L'image de gauche nous montre le principe le plus simple, le **MONO-PHASE**.

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.

Par contre on retrouve le mono-phase dans beaucoup d'applications simples.

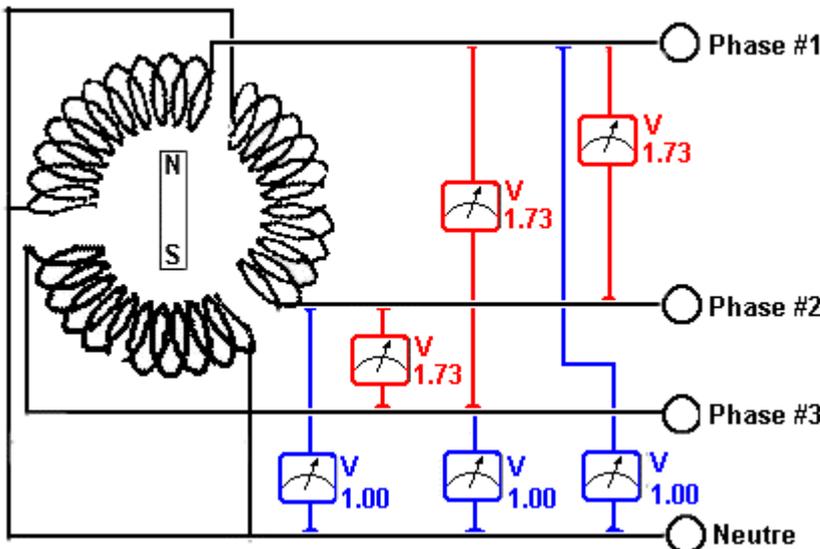


L'alternateur **BI-PHASE** a la particularité d'offrir deux possibilités de tensions.

En connectant les phases avec le neutre nous retrouvons deux tensions en principe identiques mais en opposition de 180 degrés.

Si nous 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 que dans les grosses centrales qui produisent notre courant de maisons ou industries. Les tensions sont décalées de 120 degrés (montage étoile)

Le rendement d'un alternateur triphase est bien plus élevé qu'en mono ou bi-phase, c'est la raison de son emploi généralisé.

On peut trouver plusieurs possibilités de tensions diverses.

Entre chaque phase et le neutre nous obtenons trois tensions dont le rapport sera

de UN (1).

Si nous nous connectons entre les phases, les tensions seront de 1,73 fois plus importantes.

Cette particularité sera exploitée à notre avantage pour notre projet de mini-éolienne.

Si l'on résume :

Les alternateurs 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.

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

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) 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 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.

Voir [minieole](#)

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.

L'adaptation requiert cependant une habileté et quelques connaissances en électromécanique.

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 1000 tours/minute sans risques de dommages sur l'hélice.

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 [PALEROTOR](#) pour généralités des pales.

Avant de passer au côté pratique de l'adaptation de ces alternateurs pour 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"), moteurs pas à pas de nos disques durs d'ordinateurs mis au rancart....

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

D'autres types de bobinages sont possibles. [générateurs](#)

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 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 une petite hélice de 40 à 80 centimètres de diamètre actionnera sans difficulté ces petits moteurs en fonction générateurs ou, alternateurs.

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, fréquemment sans modifications.

Par exemple : Un ventilateur de radiateur multipales en résine avec son moteur à courant continu peut constituer une petite éolienne simple.

Plusieurs copains utilisent ce type de ventilateur et son moteur SANS modifs 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.

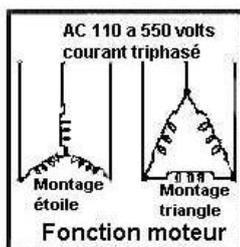
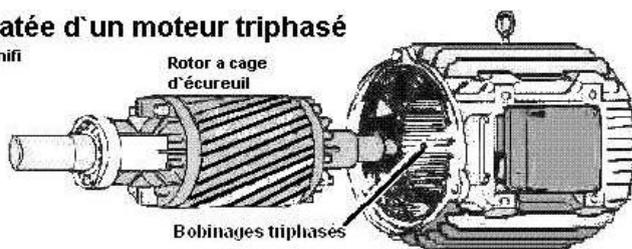
A défaut, votre moteur en fonction générateur risque soit de produire une tension avec les polarités inversées, soit qu'il ne produise pas du tout. L'expérimentation est la clé du succès.

Moteurs et alternateurs à induction

Il existe d'autres types de moteurs plus spécifiquement 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.

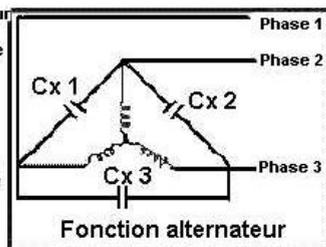
Vue éclatée d'un moteur triphasé

© 1995, GémiFi



En fonction alternateur la vitesse doit être de 5 à 10 % plus rapide que la rotation en fonction moteur

$$Cx = I (\text{moteur}) \times 6,28 \times f \times V \text{ phase}$$



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 est déconnecté de sa source et il devient alternateur synchrone ou asynchrone suivant le type utilisé.

Le calcul des condensateurs pour la fonction "alternateur" est simple. Calculez en divisant le courant (ampères) utilisé en fonction moteur par 6,26 ($2 \times \pi$) fois la fréquence souhaitée (50 ou 60 Hertz) fois la tension phase à phase. Le résultat est des **microfarads**. Utilisez des condensateurs papier ou à huile isolés d'au moins deux fois la tension. **N'utilisez PAS de condensateurs chimiques ou électrolytiques, 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. Ces alternateurs tournent en général de 1500 tours/minute à 3000 tours/minutes pour du 50 Hertz ou 1800 à 3600 tours/minute pour du 60 Hertz.

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'où 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.

Des dizaines de copains (**bricoleurs du dimanche**) ont su adapter ces moteurs en fonction alternateurs.

Voir notamment les articles dans le magazine Home-Power <http://www.homepower.com/> (anglais)

Pour les férus de haute technique (partie motrice, hélices, etc) ou qui veulent en savoir plus, le site <http://www.windpower.dk> est recommandé. Articles en anglais et en français. Téléchargement gratuit !

Modification électrique de votre engin.

Nous allons intervenir au niveau des bobinages des **induits** que l'on nomme **stators** dans les alternateurs, c'est la partie fixe, la couronne (**voir image ci-après**) 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 générateur = le rotor. Voir la rubrique: [générateur](#)

Modification alternateur = le stator

Cette méthode qui est utilisée depuis près de 75 ans, au début avec des générateurs, puis plus tard, vers 1965, avec des alternateurs, 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. En effet au début de la rotation RIEN ne se passe si ce n'est qu'une légère rémanence magnétique du rotor.

Cette rémanence peut être "fortifiée" grâce à une légère tension d'excitation sur le rotor.

Quelques dizaines de milliampères suffisent. Une solution est offerte dans le document [Miniéole](#).

La vitesse de rotation. Ici nous faisons face à un "problème" car nous RÉDUISONS la vitesse de rotation afin de s'adapter à une vitesse éolienne plus faible. Ce "problème" est compensé par : **Nombre et longueur** des spires. Nous compensons par un **nombre plus élevé de spires de fils plus fins** sur le stator. Il est donc nécessaire de modifier notre engin afin qu'il génère à plus basse vitesse. Ceci se fait avec comme pénalité un courant plus faible, donc puissance en watts diminuée par rapport à 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.

Modifier électriquement un alternateur. Aspect pratique

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. [Voir l'image précédente](#).

Le **stator** est bobiné en général par trois séries de gros fils, c'est lui qui produit le courant. La technique de modification bien que très simple en réalité, demande cependant du soin.

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

Les fils sont connectés aux 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 groupes de fils connectés deux par deux. Si votre alternateur d'origine est bobiné en étoile, vous verrez trois fils simples sortant vers les diodes de puissance et un groupe de trois fils soudés ensemble et généralement bien isolé et qui ne va nulle part.

Ceci fait :

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.

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 :

EXEMPLE:

Alternateur d'un courant max 40 ampères. Vitesse d'amorçage productive à 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 et une tension de charge de 13,5 volts environ, cela donne une puissance de 540 watts (40 ampères fois 13,5 volts en tension nominale).

En fonction éolienne cet alternateur pourrait nous offrir une **vitesse d'amorçage** d'environ 370 tours minute.

Nous pouvons espérer au moins 135 Watts de puissance à sa **production optimale**.

Cette production devrait pouvoir se faire avec une vitesse de vent entre 30 à 45 km/h.

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 soit environ 370 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.

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. 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**.

Le diamètre du fil original est 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.

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.

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 !

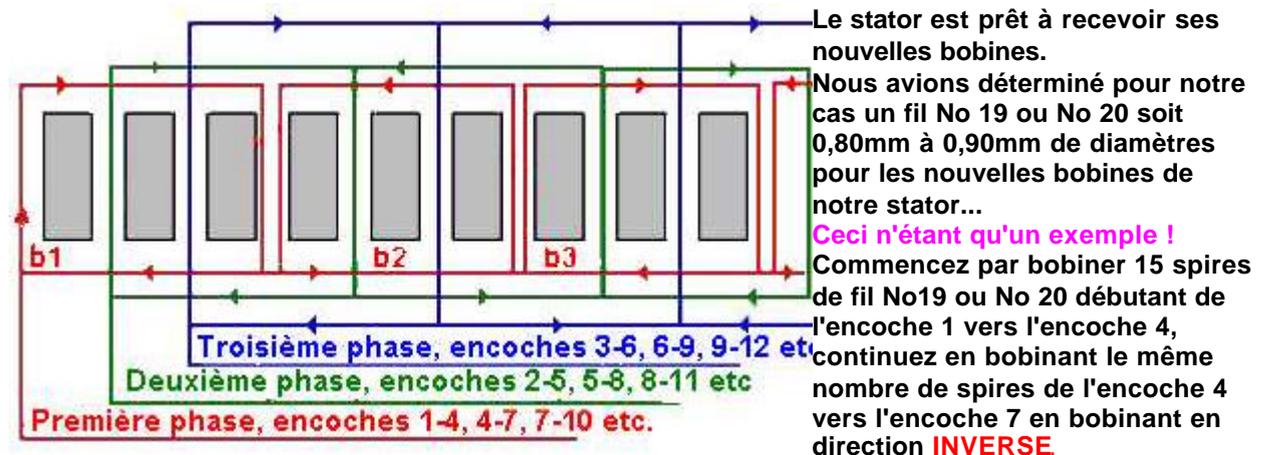
Voici un petit alternateur léger et assez performant pour vous offrir un service adéquat de petite puissance sur une éolienne modeste. Idéale pour un voilier ou un chalet perdu dans les bois.

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.

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 vieux alternateur ou récupération d'un appareil électronique HS pourra être utilisé. Assurez vous en récupération que les éléments sont OK pour ce nouveau service !

Rebobinage



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.

Si votre deuxième essais est concluant vous pouvez commencer par rebobiner votre stator. Commencez votre bobinage en enroulant 20 spires (**pour exemple**) entre l'encoche No 1 et l'encoche No 4.

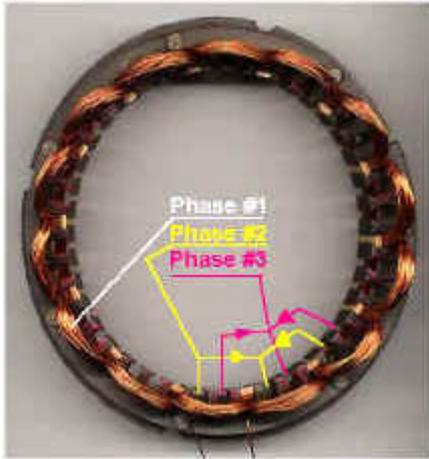
Inversez le sens du bobinage et enroulez 20 spires entre l'encoche 4 et l'encoche 7.

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 !

L'image de gauche ci-dessous 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. 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 jusqu'à compléter un tour complet 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.

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

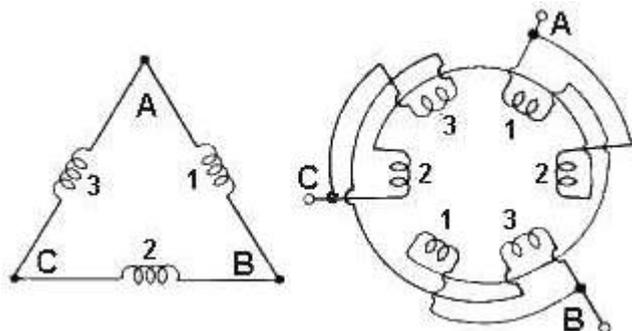
Désolé d'insister sur ce principe essentiel. Trop de copains ont eus la déconvenue d'un alternateur non fonctionnel en NE

RESPECTANT PAS ces inversions de sens à chaque bobine !

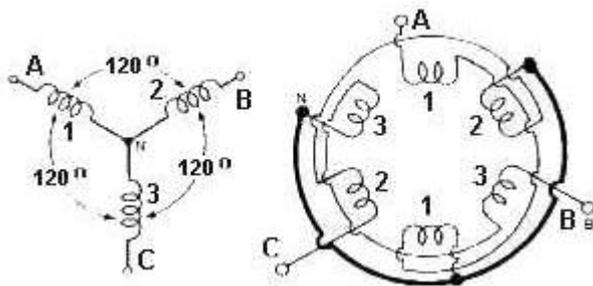
Les trois groupes sont bobinés de la même manière. Votre stator rebobiné, vous devez vous assurer qu'il n'y a aucun court-circuit entre chaque groupe de bobine pas plus qu'entre les bobines et la masse du stator.

Vous allez souder ensemble les 3 entrées des groupes de bobinages. Deux choix de connexions s'offrent à vous.

Soit le montage en TRIANGLE utilisé sur certains modèles d'alternateurs ou le courant prime sur la tension. Les bobines de chaque phase 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.

L'avantage du montage étoile est que la tension induite est plus élevée (1,73) que la tension induite d'un montage triangle. C'est un avantage pour une auto-excitation plus rapide et, souhaitable pour un usage éolienne. L'auteur recommande cette deuxième approche.

Les connexions s'établissent d'une manière générale, si vous avez bien respecté la procédure ci-dessus :

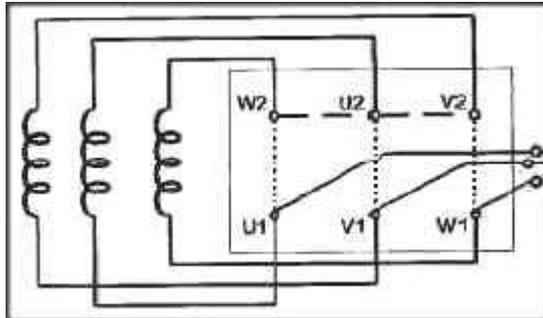
A = Phase 1, fil sortie numéroté UN (#1)
B = Phase 4, fil sortie numéroté QUATRE (#4)
C = Phase 5, fil numéroté CINQ (#5)

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 phase vous pouvez rétablir le bon fonctionnement de votre unité.



Le système de connexion à gauche vous permet aux fins d'expérimentation et de mesures de modifier de l'extérieur les connexions en triangle ou en étoile, Les sorties de chaque groupe de bobines vont se connecter individuellement sur chaque groupe de diodes de puissance et petites diodes trio qui alimentent le rotor.).

Ré-assemblage

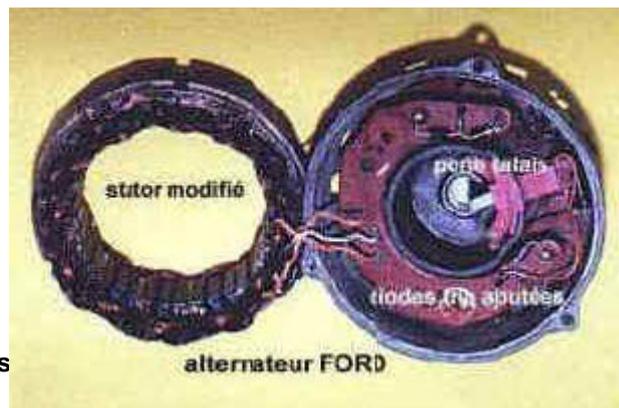
Vous pouvez procéder au ré-assemblage de votre alternateur.

En plaçant les balais assurez-vous de ne pas les briser.

Un trou à l'arrière 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 parties avant et arrière seront solidement fixés 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 de 12 volts et plus vers 400 à 600 tours minutes. Le courant débité sur 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. 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 diodes qui alimente le rotor lui aussi peut-être défectueux. **Le tester, au besoin le 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 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** à vérifier au près de votre vendeur si vous avez des doutes.
- Puissance éolienne (**revoir la dimension d'hélice augmenter son diamètre**)
- 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, **revoir l'angle d'attaque de vos pales.**
- 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.** palerotor.htm

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 intelligemment 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.

Le régulateur inadéquat pour cette modification. Quelques schémas simples fournis .

Dans les systèmes de l'auteur le régulateur du rotor est éliminé.

Le 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 re conditionné 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...

Un alternateur modifié en basse vitesse bien que fonctionnant de manière identique à un alternateur haute vitesse sont différents au coeur même de la fonction des induits.

- **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 devrait être libre, c'est la place des languettes qui retiennent les bobines

Quelques conseils utiles.

- N' hésitez pas à revoir le système de ventilation !
- 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 ompte un alternateur re-conditionné chez un spécialiste 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.

Contrôle de court-circuits.

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 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.

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 êtres identiques**

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

Ouvrez l'alternateur, soudez trois fils sur les bornes des 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.

(Revoir le principe du bloc test plus haut). Fermez l'alternateur.

A nouveau faites tourner l'alternateur et mesurez les tensions 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 deux autres.

Repérez cette phase fautive.

Démontez à nouveau l'alternateur et **INVERSEZ les connexions 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 moins d'échauffement.

Cette méthode s'applique également pour le montage en triangle. Dans ce cas les trois bobines sont en série.

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)

Les balais ou "charbons" qui est un archaïsme ou encore "brosses", qui est un anglicisme), portent le courant d'excitation vers le rotor.

Des balais usés ou qui ont surchauffé offriront un service médiocre. N'hésitez pas à les changer. Leur prix est faible face au meilleur rendement offert.

Le collecteur

Le collecteur 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. Des bagues propres et bien polies offrent un meilleur contact. Une toile d'émeri (papier sablé) de calibre 140 à 180 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

Une protection contre les intempéries est recommandée. 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.

Le document [minieole](#) vous offre quelques idées.

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 (2mm de diam) sera adéquat pour de faibles courants (< 10 Amp). Pour de plus forts courants, utilisez du No12 (2,60mm de diam).

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

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 si vous en avez la possibilité.

Si vos moyens financiers vous le permettent procurez-vous des batteries à décharge profonde comme celles utilisées 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 !).

De plus, vous pourriez utiliser certains appareils ménagers ou outillages spéciaux qui fonctionnent sur 12 ou 24 volts comme les équipements de camping et camping-car et de maisons mobiles.

Vous pourriez même envisager l'achat d'un onduleur de tension continue 12 volts en tension alternative 110 ou 220 volts (50 ou 60 hertz) et ainsi faire fonctionner de petits appareils que vous utilisez dans votre maison. Vous aurez besoin alors de batteries de plus grande puissance/réserve.

PUISSANCES ENVISAGEABLES POUR QUELQUES MARQUES D'ALTERNATEURS

Modèle Puissance d'origine 30/40 km/h

FORD/Motorcraft 50 à 80 ampères
Delco 10 SI 50 à 80 ampères
Delco-Rémy 12 SI 60 a 90 ampères
Delco 27 SI 90 à 110 ampères
Nippo Denso 40 ampères
Mitsubishi 50 ampères
Paris-Rhône 50 ampères
Ducellier 50 ampères
Imarelli 44 ampères
Chrysler 50 à 75 ampères
Chrysler 110 ampères
Bosch 75 à 90 ampères

Puissance envisageable avec un vent de

225 à 360 Watts mesures réelles
200 à 250 Watts mesures réelles
240 à 380 Watts Mesures réelles
400 à 550 Watts ++ Mesures réelles
125 à 150 watts mesures réelles
125 à 200 watts banc d'essais
125 à 250 watts calculs
150 à 300 watts ***calculs
125 à 200 watts ***calculs
125 à 350 watts mesures réelles
500 à 1500 watts mesures réelles
275 à 450 watts mesures réelles

Chrysler 110 amp. Cet alternateur a été utilisé consécutivement sur une période de plus de trois ans dans des condition climatiques extrêmes notamment crise du verglas au Québec en janvier 1998.

Les ampérages d'origine peuvent varier d'une unité à l'autre et d'une année à l'autre pour la même marque d'alternateur.

Hormis les marques *** Ducellier et Amarelli ***, tous les alternateurs mentionnés ont été expérimentés par l'auteur avec une vitesse de rotation hélice, mesures réelles, vent de 30 à 40

km/h ou, tests comparatifs sur banc d'essais.

AMORÇAGE "forcé"

Il existe plusieurs méthodes d'amorçage d'un alternateur automobile conventionnel. Pour mémoire :

Injection d'un faible courant sur le rotor. Utilisation d'une petite génératrice CC complémentaire. Utilisation de petits aimant permanents sur le rotor (lorsque la place le permet). Voir aussi [minieole](#) (schémas pratiques)

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.

Dans le document [minieoles](#) vous trouverez quelques schémas.

Dimensions des fils de bobinages les plus utilisés

# 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
# 16	.0508	2.583	1.60	2.0106	9,6 ohms
# 14	.0640	4.107	2.00	3.1416	6,1 ohms
# 12	.0808	6.530	2.60	5.1243	3,8 ohms
# 10	1.019	10.380	3.20	8.0424	2,7 ohms

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

Maintenant, A VOUS de "jouer" !

[INDEX](#)