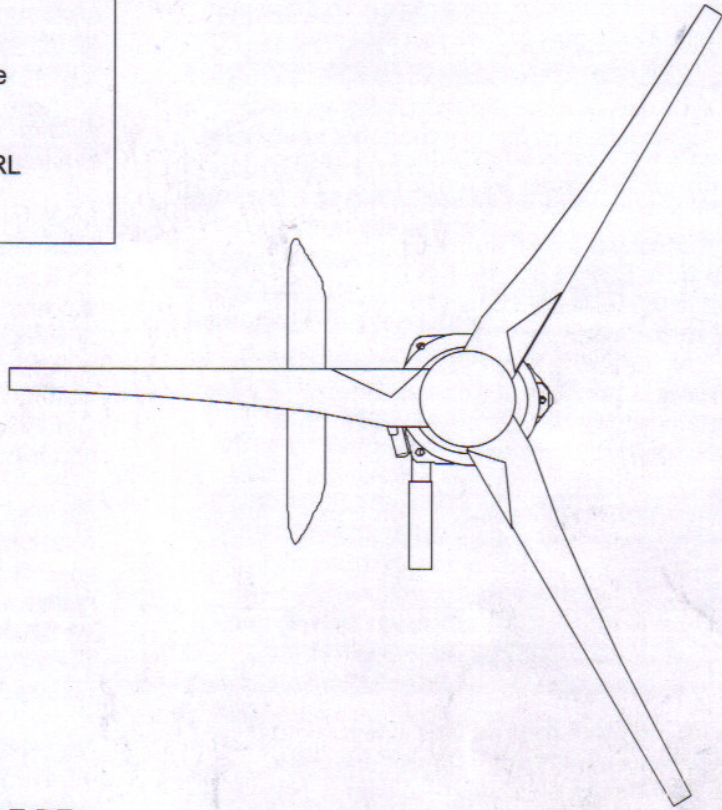


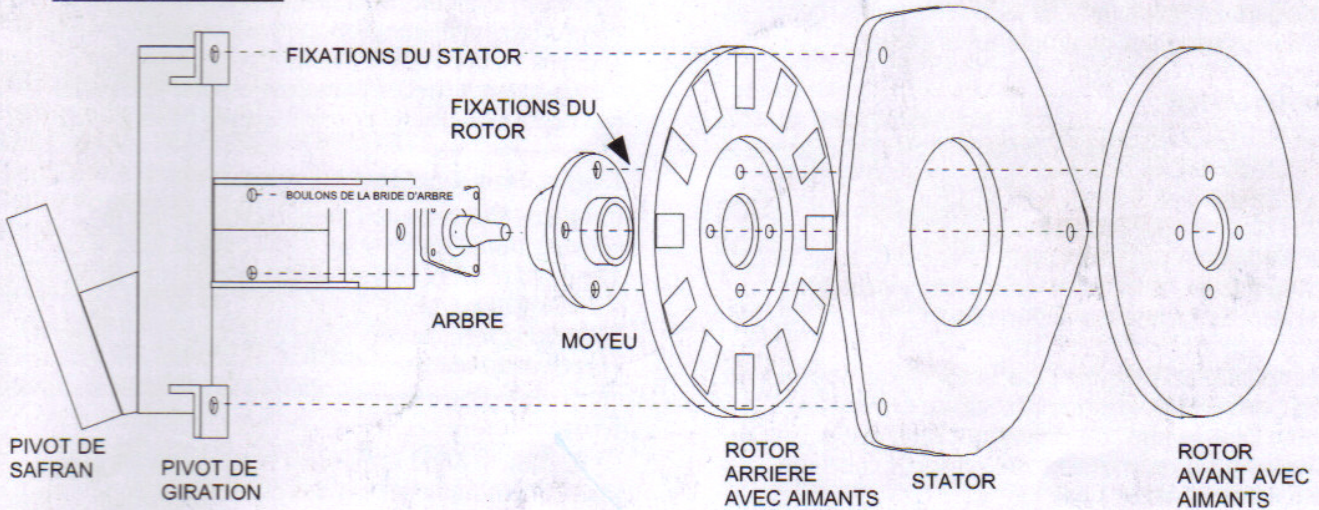
Comment construire une EOLIE

Aérogénétratrice à alternateur discoïde
Eoliennes de 2.4 m et 1.2 m de diamètre

© Hugh Piggott - Août 2004
Version française traduite par KRUG SARL
www.krugwind.com



VUE DECOMPOSEE DE L'ENSEMBLE DE L'ALTERNATEUR



Introduction

Les pales

Ces plans décrivent comment construire deux éoliennes de taille différente. La plus grande machine a un diamètre de rotor de 2,4m et la plus petite, un diamètre de 1,2m.

Le diamètre du rotor est la largeur de la surface du disque balayé par les pales.

L'énergie produite par les éoliennes dépend plus de la surface balayée par les pales que de la puissance maximale de sortie de la génératrice électrique.

On peut estimer la production d'énergie électrique pour un site avec une vitesse de vent moyenne de 5m/s comme ci-dessous :



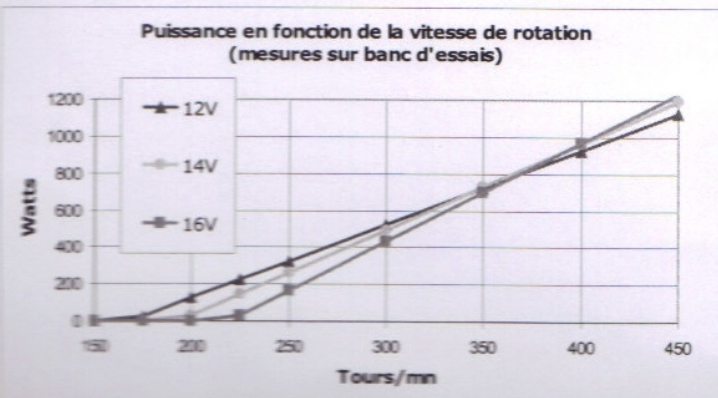
Diamètre du rotor	Puissance moyenne	Energie par jour	Ampères heures à 24Vdc	Ampères heures à 12Vdc
2,4m	100W	2,5kWh	100Ah	200Ah
1,2m	20W	0,5kWh	20Ah	40Ah

Les pales sont sculptées dans du bois avec des outils manuels mais vous pouvez aussi utiliser des outils électriques. Sculpter les pales est idéal pour le bricoleur, le processus est plaisant et le résultat rapide pour un prototype. Mouler les pales en fibre de verre est habituellement meilleur pour les petites séries. Des pales en bois peuvent durer de nombreuses années.

La génératrice

La génératrice à aimants permanents peut être câblée pour charger des batteries en 12, 24 ou 48Vdc. En fait, ce choix n'affecte que la section du fil électrique utilisé et le nombre de tours par bobinage. Mais la section du câble de raccordement pour la version 12Vdc sera beaucoup plus importante, et le stator de la petite machine en 12Vdc aura une épaisseur différente.

La génératrice est intégrée dans la nacelle au sommet du mât sur un pivot de giration. Un safran oriente la machine dans le vent. Un redresseur intégré à la nacelle rectifie le signal de la génératrice en sortie continue, prête à être connectée à une batterie.



Les petites éoliennes ont besoin de génératrices à faible vitesse de rotation. Une faible vitesse de rotation peut aussi impliquer un faible ratio puissance/poids. La génératrice d'une grande machine est exceptionnellement puissante grâce à 24 larges aimants au néodymium. La courbe de puissance en fonction de la vitesse de rotation de la génératrice est donnée ci-dessous. La puissance maximale en fonctionnement continu normal est de 500W, mais elle est capable de générer plus de 1000W sur de courtes périodes.

Le couple de démarrage (la force minimum exigée pour commencer à faire tourner le rotor) est très faible car il n'y a pas d'engrenages qui introduisent des pertes mécaniques, ni de laminations dans le stator qui introduisent des pertes magnétiques. Cela implique que la machine peut démarrer et produire à faible vitesse de vent. Les pertes de puissance sont réduites au minimum à faible vitesse de vent pour donner la meilleure charge batterie possible.

Par vent fort, la génératrice a l'emprise sur la vitesse de rotation des pales (rotor), de fait la machine est silencieuse et les pales ne s'usent pas. Vous pouvez facilement arrêter la machine en mettant en court circuit les fils de sortie de la génératrice avec un interrupteur. Toutes ces caractéristiques rendent ces machines plaisantes à vivre.

Un problème potentiel peut se manifester lorsque la génératrice est trop lente pour les pales. Si cela se produit, la machine peut caler. Dans cette édition, j'ai ajusté le nombre de tours des bobinages pour éviter au mieux ce problème. Si la machine est suspectée de caler (la production d'énergie reste limitée même si le vent augmente), vous devez augmenter la résistance du câble vers la batterie, peut-être même utiliser une petite résistance chauffante pour récupérer l'énergie perdue.

L'effacement latéral au vent

Les plans comprennent une description sur la construction d'un système d'effacement latéral. Ce dispositif protège l'éolienne par vent fort et empêche sa surcharge. Ce type de protection a été utilisé sur l'île de Scoraig depuis des décennies et à passé avec succès l'épreuve du temps.

Unités

Ce document étant également conçu pour les anglosaxons, il indique parfois des dimensions en pouces ou en pied. Dans les passages consacrés à la théorie, je n'utilise que les valeurs en métrique car cela rend les calculs beaucoup plus simple.

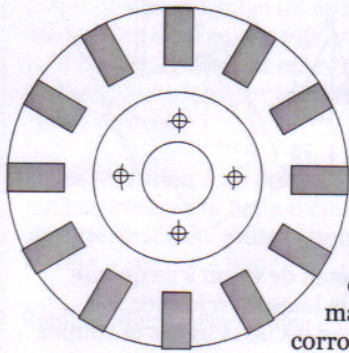
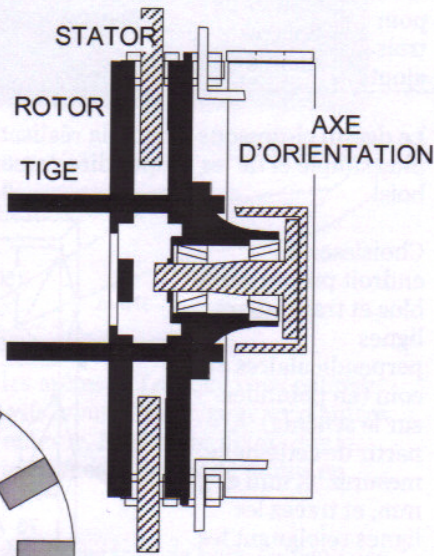
Attention : en général, les valeurs données dans les deux systèmes de mesure sont l'exacte conversion mais pas toujours. Certaines valeurs n'ont aucun sens et ne correspondent pas entre elles selon les systèmes. Il peut donc y avoir un écart.

Je vous suggère d'opter, dans le cadre de ce manuel, pour un système métrique, sauf si vous n'avez pu vous procurer que des aimants mesurés en pouces.

THEORIE DE L'ALTERNATEUR

L'alternateur est constitué d'un stator entre deux disques munis d'aimants. Un champ magnétique fort passé entre les deux aimants à travers les enroulements fixes sur le stator. Les mouvements du rotor font varier les champs dans les enroulements et génèrent du courant alternatif.

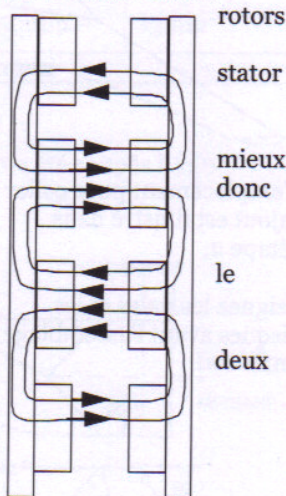
Cette vue montre les parties tournantes en noir. Quatre tiges filetées de 12mm maintiennent les deux rotors qui sont fixes sur le moyeu, et permet de les garder équidistants. Ces mêmes tiges servent à fixer les pales.



Il y a 12 aimants sur chaque rotor. Nous les fixerons dans de la résine pour les maintenir et les protéger de la corrosion.

Chaque aimant a un pôle sud et un pôle nord. Les pôles sont mis en opposition alternativement, donc un aimant présente son sud au stator alors que l'aimant suivant présente son nord. Les aimants sont orientés dans le même sens entre les deux de manière à ce que le champ magnétique qui traverse le soit maximal.

Le champ magnétique traverse l'acier. Le disque du rotor est fait d'une épaisse plaque d'acier pour permettre la traversée du champ. Cependant, le champ magnétique perd de sa puissance en traversant les interstices. Plus l'écart entre les rotors est important, plus les enroulements peuvent être conséquents mais moins le champ magnétique est efficace.

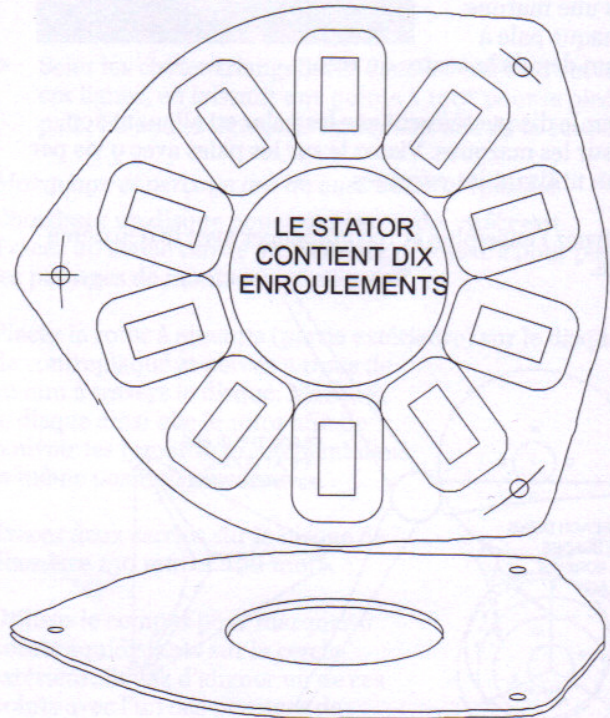


Le stator

Le stator est fixé en trois points à sa périphérie, en utilisant trois tiges filetées de 12mm supplémentaires. Les enroulements qui y sont intégrés sont conçus de manière à

être traversé par le champ généré par un aimant lorsqu'il lui fait face. Lorsque que les aimants passent devant l'enroulement, le champ magnétique s'inverse en fonction de la polarité. Ceci génère une tension alternative dans chaque spire de l'enroulement. La tension est proportionnelle au taux de variation du champ. Elle dépend donc :

- De la vitesse de rotation
- Du nombre d'aimants dans l'alternateur
- Du nombre de spires dans l'enroulement.



Le nombre de spire dans chaque enroulement est utilisé pour contrôler la vitesse de rotation de l'éolienne. Si il y a beaucoup de spires, alors la tension atteindra rapidement la tension de batterie et commencera à charger à une faible vitesse de rotation. Si nous utilisons moins de spires ou du fil plus épais, alors l'éolienne devra tourner plus vite. Le nombre de spires est donc choisi en fonction de l'hélice et de la tension de batterie.

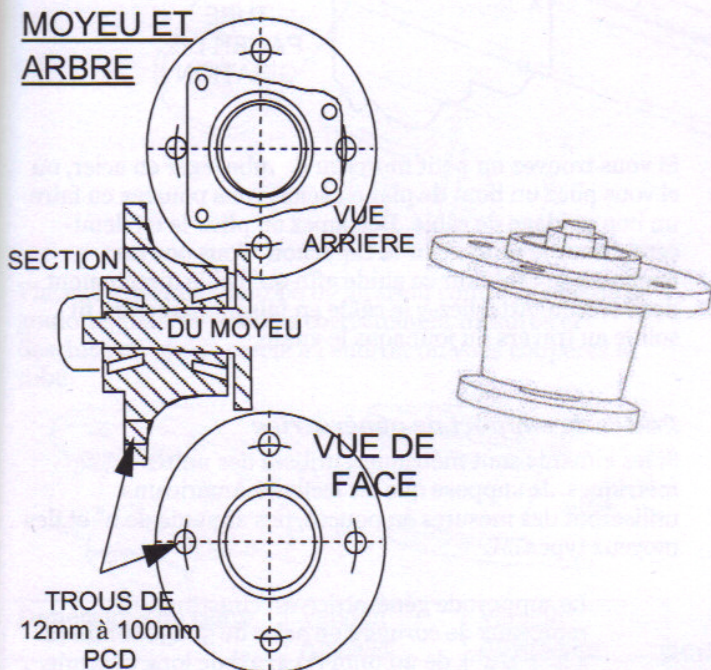
Il y a dix enroulements dans le stator. Les douze aimants passent les enroulements à des périodes décalées. Ce déphasage permet d'avoir un alternateur qui présente beaucoup moins de couple au démarrage que si il y avait autant d'enroulements que d'aimants. Si tous les enroulements étaient reliés entre eux (monophasé) alors l'éolienne vibrerait beaucoup à pleine puissance.

Beaucoup de gens me demandent pourquoi je ne mets pas de noyau dans les enroulements sur le stator sur la machine à flux axial. Un noyau entrainerait un flux plus important. Nous aurions un alternateur plus puissant, ou du moins plus efficace.

Cependant, les aimants seraient attirés à ces noyaux dans les enroulements. Ceci entrainerait des acoups d'un couple élevé, où le rotor saute d'un bobinage à l'autre. Même en utilisant des noyaux laminés il y aurait des pertes dues au courant d'Eddy et à l'hysteresis.

PREPARATION DU MOYEU

Le moyeu de roue d'une voiture fera bien l'affaire pour l'alternateur. Au Royaume Uni, le moyeu d'une roue arrière est idéal par exemple. Otez l'arbre du bout du véhicule en retirant les quatre vis de la bride arrière. Si possible, gardez ces vis.



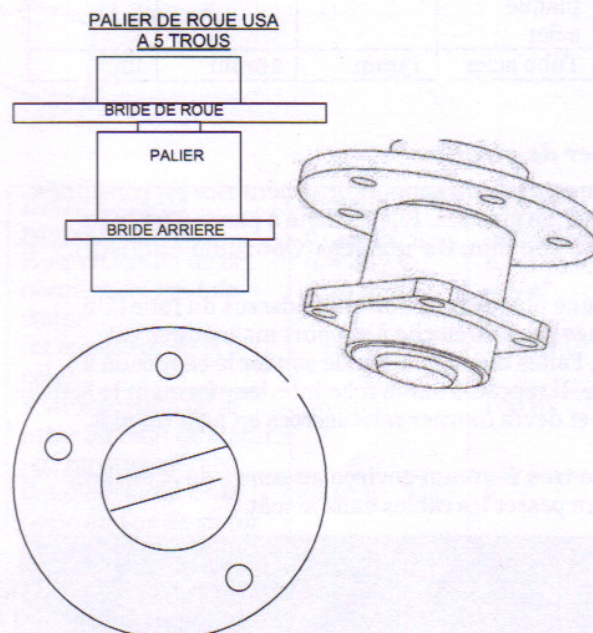
Souvent, cette pièce est assez corrodée mais ce n'est pas un problème. Dévissez ou percez la petite vis de maintien sur le tambour de frein. Retirez le tambour de frein à l'aide d'un levier et d'un marteau. Arrachez le couvercle de protection du roulement. Extrayez la goupille fendue et défaites l'écrou de maintien. Démontez les roulements et inspectez-les. S'ils paraissent usés ou rouillés, remplacez-les. Cette opération nécessite d'extraire la bague extérieure du moyeu en fonte qui doit aussi être changés. Des kits de roulement sont disponibles chez les revendeurs de pièces détachées.

Nettoyez chaque pièce avec un chiffon ou un pinceau et de l'essence ou de la paraffine. Faites particulièrement attention de nettoyer méticuleusement les cages de roulement si vous avez l'intention de les réutiliser. Au moment de rassembler le moyeu sur l'arbre, graissez légèrement le vieux roulement afin d'éviter les frictions. Resserrez l'écrou de maintien avec une clé, imprimez un mouvement de rotation au moyeu et libérez de nouveau l'écrou. Avec les mains, vérifiez que le moyeu puisse

tourner librement, mais sans jeu. Verrouillez l'écrou avec la goupille fendue, et remplacez le couvercle de protection.

Aux USA, il devrait être plus facile de trouver un moyeu à cinq trous. Les moyeux Américains fabriqués par General Motors pour leurs modèles Citation, Cavalier ou autres voitures de moyenne gamme présentent une bride de roue à cinq trous.

Le moyeu GM Américain est comme l'Anglais mais inversé. La bride côté roue du moyeu GM est montée sur un arbre qui tourne à l'intérieur du roulement, au lieu d'être montée sur un roulement qui tournerait autour d'un arbre. Par conséquent, le roulement se trouve à l'arrière sur ce type de moyeu. Le côté intérieur du ce moyeu présente également une bride.



Perçage des trous de 12mm [1/2"] sur la bride

La bride côté roue du moyeu est déjà percée. Il est possible que des pions de roue se trouvent des ces perçages. Extrayez tous ces pions avec un marteau. Il faut élargir ces perçages à un diamètre de 12mm [1/2"]. Fixez le moyeu avec la bride bien à plat dans l'étau de la perceuse et percez avec un foret Ø12.

Les trous dans la bride arrière de l'arbre peuvent avoir été taraudés avec un filet inhabituel. Si vous avez toujours à disposition les vis d'origine et qu'elles sont en bon état, ce n'est pas un problème. Sinon, élargissez-les à un Ø 10 [3/8"]. Vous pouvez ainsi utiliser des boulons M10 [3/8"].

La bride arrière peut présenter un renflement ou une protubérance en son centre. Meulez-le si possible. Sinon il faudra faire un trou dans ce décrochement de montage.

Tout moyeu de roue bien costaud ferait l'affaire pour cette conception mais les instructions de montage ne aussi aisés qu'avec ce moyeu.

FABRICATION DES SUPPORTS DE GENERATRICE

Matériaux

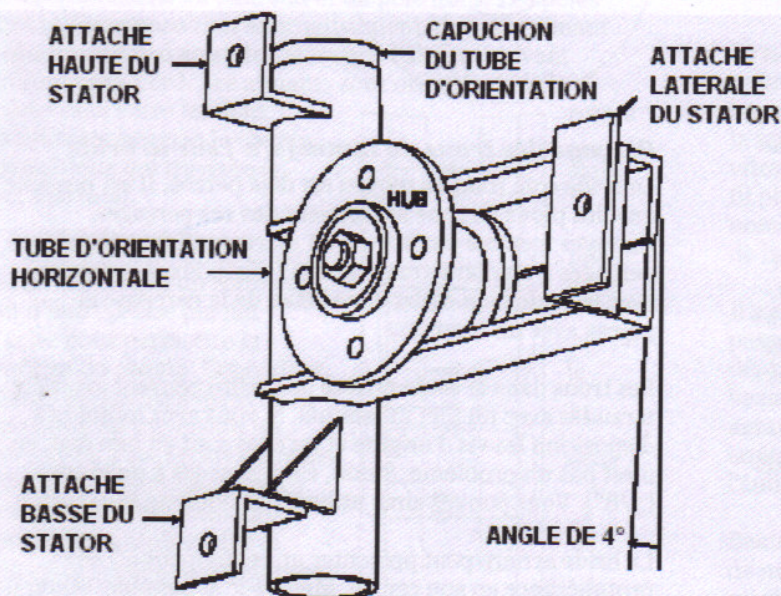
Pièces	Matériau	Longueur	Diamètre	Epais.
1	Tube acier 2" nominal	300mm	60.3 OD	3 mm
1	Plaque acier	65mm	65mm	5/16" <i>8mm</i>
2	cornière	293 mm	50 mm	6 mm
2	Cornière acier	50mm	50 mm	6 mm
1	Cornière acier	100 mm	50 mm	6 mm
2	Triangles plaque acier	50mm	50mm	6 mm
1	Tube acier	13mm	20mm	fin

Le palier de giration

La partie centrale du support de génératrice est constituée d'un palier de giration. Elle est faite à partir d'un tube pétrole de 300 mm, Ø2" nominal (Ø60.3mm extérieur).

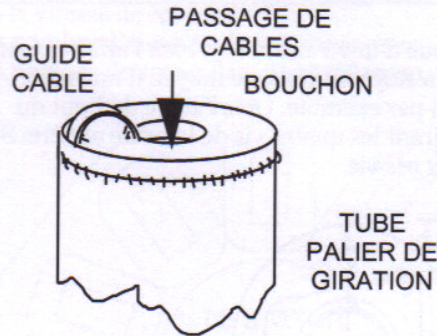
Soudez une plaque bouchon sur le dessus du tube (Un découpage par scie cloche à support magnétique est parfait). Faites bien attention de souder le capuchon à l'équerre. Il reposera sur le tube intérieur formant le haut du mât, et devra tourner sans accrocs en haut du mât.

Faites un trou Ø 20mm environ au centre du capuchon pour faire passer les câbles dans le mât.



Le tube Ø 2" sera simplement posé autour d'un tube pétrole Ø1.5" nominal à l'extrémité du mât, et tourner

dessus avec de la graisse (et peut-être une rondelle intermédiaire). C'est un concept si simple que la plupart des gens n'y croient pas bien que ça marche parfaitement. Pour les petites éoliennes, les solutions les plus simples sont souvent les meilleures et les plus fiables, tout en étant faciles à réaliser et peu onéreuses.



Si vous trouvez un petit morceau de tube léger en acier, ou si vous pliez un bout de plat en acier, vous pourrez en faire un bon guidage de câble. Découpez ou pliez-le en demi-cercle pour le souder sur le capuchon. Vous pouvez appliquer le câble sur ce guide afin qu'il aille directement dans le trou. Attachez-y le câble en faisant passer du fil solide au travers du jour sous le guide.

Pattes de support de génératrice

Si les aimants sont métriques, utilisez des unités métriques. Je suppose que les lecteurs Américains utiliseront des mesures en pouces, des aimants de 2" et des moyeux type GM.

Le support de génératrice est constituée de morceaux de cornière en acier de 50x50x6mm [2" x 2" x 1/4"], de 293mm [11 1/2"] de long chacune. Elles sont soudées entre elles pour former une goulotte. La bride arrière de l'arbre rentre dans cette goulotte, et y est boulonnée.

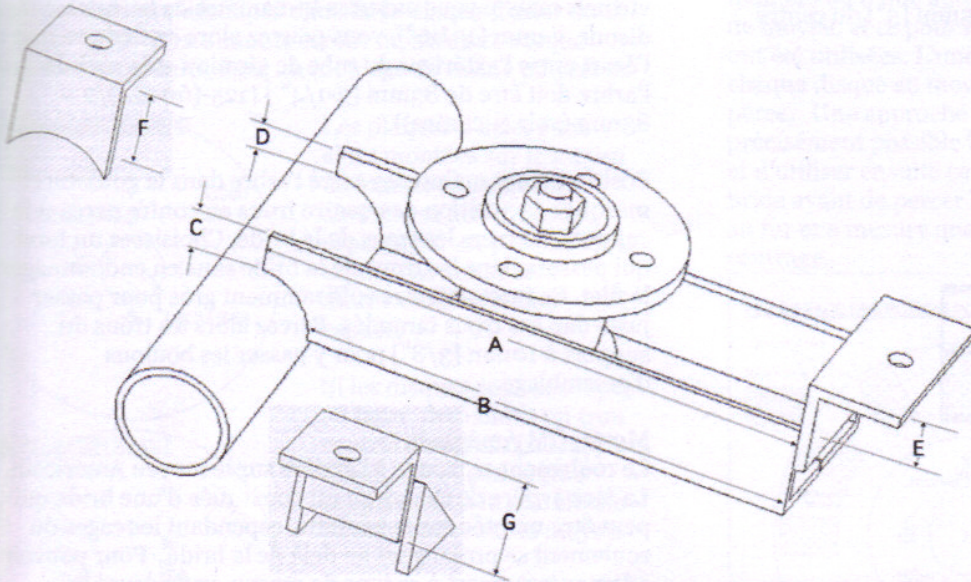
Mettre en place le moyeu GM signifie qu'il faut découper un gros trou à l'arrière de la goulotte. La bride Vauxhall ou Opel pourra nécessiter d'avoir les coins légèrement meulés aux points les plus larges afin de rentrer confortablement dans la goulotte.

Le support de génératrice se verra appliquer un angle de 4° par rapport à la verticale pour augmenter l'espace libre entre le bout des pales et le mât. C'est une nouvelle caractéristique pour la version 2004.

L'extrémité de la goulotte devra être meulée afin d'épouser la courbe du tube de giration avant l'opération de soudure.

Les dimensions de l'extrémité de la goulotte dépendront de la profondeur X du moyeu. Le moyeu Vauxhall/Opel a

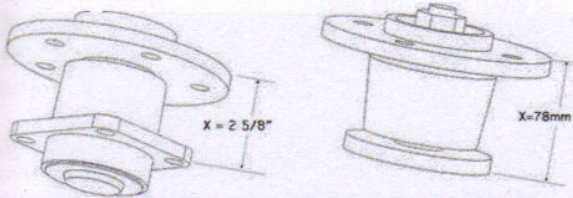
en bas. Celle du bas sera renforcée par des goussets (triangles montrés).



Découpez les cornières selon les dimensions E, F et G. La difficulté est d'obtenir au final les trois cornières dans le même plan afin que les pions soient parallèles.

Un bon moyen d'y arriver est de poser la bonne face des cornières sur la table (voir photo). Posez la goulotte sur des cales au dessus de la table. L'épaisseur des cales correspond à la dimension E dans le tableau.

Placez l'extrémité du tube de giration contre le côté de la goulotte, dans la position correctement mesurée et dessinez un arc de cercle à l'endroit où vous couperez le tube.



Dimensions du support de stator	Version Anglaise	Version Américaine
E surélévation de la cornière du bout de stator (et épaisseur de la cale)	E = 46 - C = 26 mm	E = 1+3/4" - C = 1/2"
F surélévation de la patte du haut de stator par rapport au tube	36 mm	1-3/8"
G surélévation de la patte du bas de stator	51 mm	2"

Dimensions du cadre	Version Anglaise	Version Américaine
A longueur de cornière	293mm	11+1/2"
B longueur au creux de l'encoche	263mm	10+3/8"
C Largeur à laisser à l'encoche du bas	C = 98 - X = 20 mm	C = 3+7/8" - X = 1+1/4"
D Largeur à laisser à l'encoche du haut	D = 91 - X = 13mm	D = 3+5/8" - X = 1"

Au moment de souder la goulotte au tube de giration, vérifiez attentivement les dimensions C et D. Soudez la goulotte sur la moitié du tube et il faut s'y tenir. Assurez-vous de la bonne résistance des soudures.

Pattes de support du stator

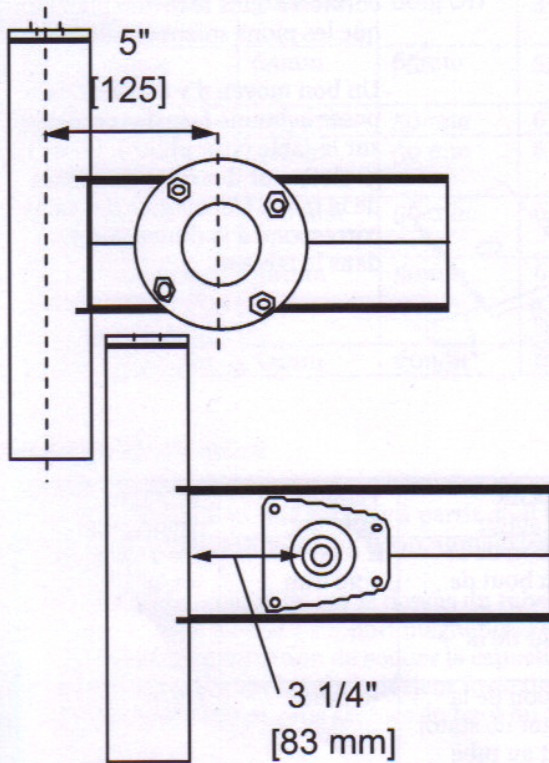
Le stator sera monté sur trois goujons de 12mm [1/2"]. Les goujons seront eux supportés par trois pattes réalisées dans de la cornière acier de 50mm [2"]. Les longueurs de cornière requise sont de 50mm [2"], 50mm [2"] et 100mm [4"].

La patte de 100mm [4"] est à souder contre l'extrémité de la goulotte comme décrit ci-dessus. Les pattes courtes seront quant à elles soudées au tube de giration, en haut et



Assemblage de la bride d'arbre

Positionnez la bride d'arbre de manière centrée entre les faces intérieures de la goulotte, et à 125mm [5"] du centre du tube de giration.



Moyeu Vauxhall/Opel

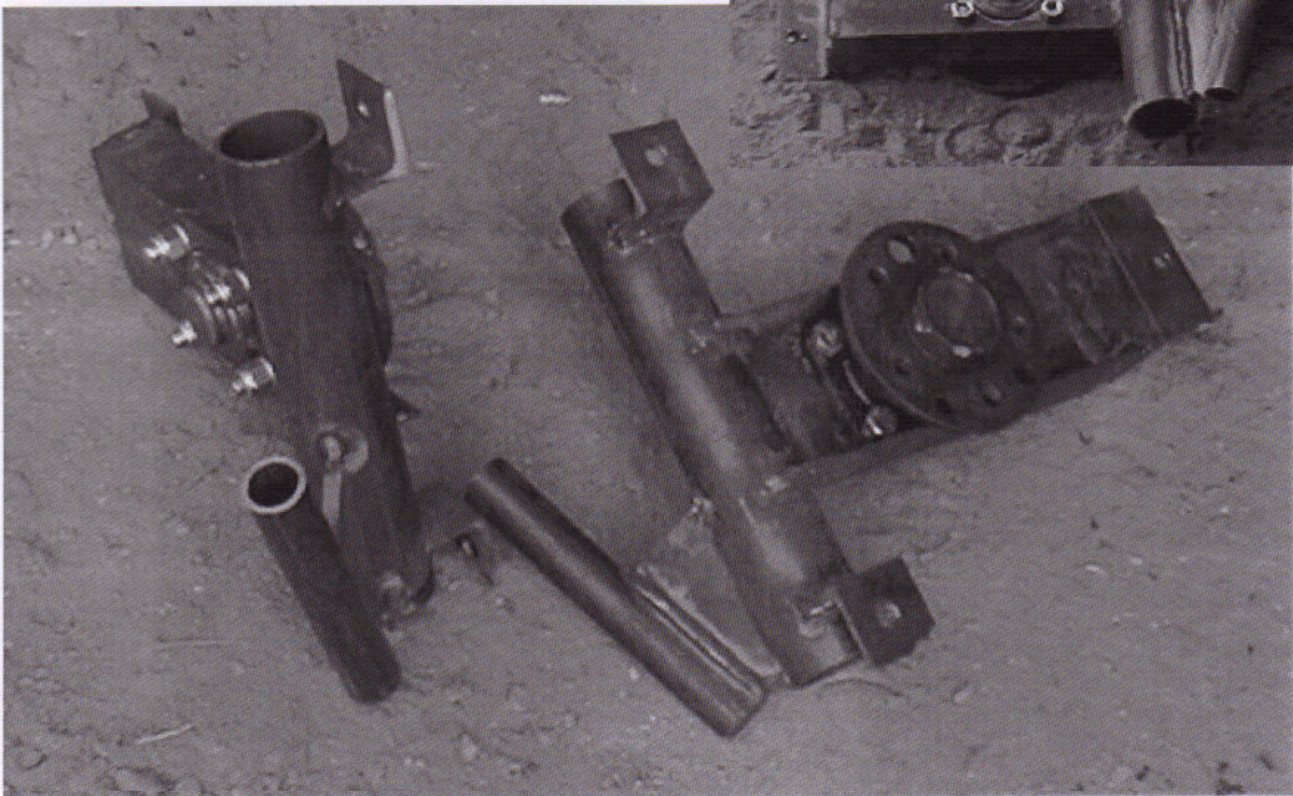
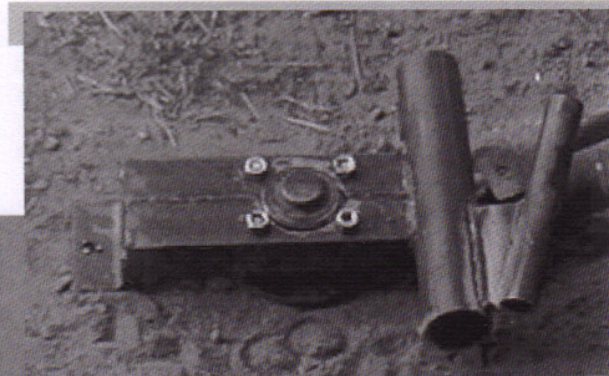
Il n'est pas évident de mesurer cet écart entre des axes virtuels mais si vous mesurez le diamètre de l'arbre à, disons, 24mm [15/16"], vous pouvez alors en déduire que l'écart entre l'extérieur du tube de giration et le côté de l'arbre doit être de 83mm [3-1/4"] ($(125 - (60 + 24)) / 2 = 83\text{mm}$ (voir ci-contre)).

Positionnez et maintenez serré l'arbre dans la goulotte et marquez la position des quatre trous en contre perçant le support à travers les trous de la bride. Choisissez un foret qui passera dans les trous de la bride sans en endommager le filet. Ce foret doit être suffisamment gros pour passer juste dans ces trous taraudés. Percez alors les trous du support à 10mm [3/8"] pour y passer les boulons d'assemblage.

Moyeu GM Américain

Le roulement se trouve à l'arrière sur le moyeu Américain. La face arrière de ce moyeu est constituée d'une bride qui peut être montée sur la goulotte, cependant les cages du roulement se prolongent au delà de la bride. Pour pouvoir adapter le support à ce type de moyeu, vous devez lui découper un trou de 3". Fixez la bride arrière au support avec des boulons de 1/2".

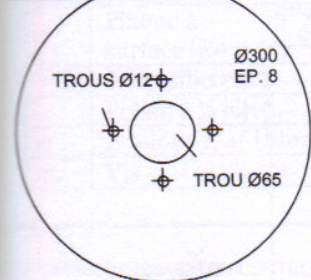
Voir photos ci-dessous.



Perçage de la plaque à aimants de rotor

Le rotor à aimants est constitué de disques de 300mm [12"] de diamètre découpés dans de la plaque d'acier doux de 8mm [5/16"]. 12 aimants seront montés sur chaque plaque et encapsulés dans un moulage de résine polyester.

PLAQUE ACIER ARRIERE

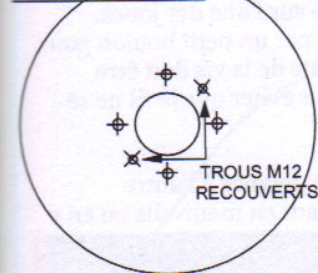


Les plaques d'acier sont alors montées sur le moyeu de manière à ce que les aimants se fassent face, séparés par un par faible espace. Le stator sera monté dans ce même espace.

Si les disques sont découpés au laser, demandés un trou central de 65mm [2 1/2"]. Sinon, découpez ce trou proprement à la scie cloche pour le palier sur le moyeu.

Ce trou permettra à la plaque à aimants arrière de s'appuyer bien à plat sur la bride de moyeu. Il est également utile d'avoir un trou similaire dans la

PLAQUE ACIER AVANT



seconde plaque à aimants. Conservez les chutes du découpage à la scie cloche afin de les utiliser pour la giration et le safran.

Utilisez la bride de moyeu comme guidage pour le perçage des trous dans les plaques à aimants. Cette méthode sera plus précise qu'en marquant les centres de ces trous à la main. Il est important que les trous soient bien alignés, sinon les goujons d'assemblage seront de travers.

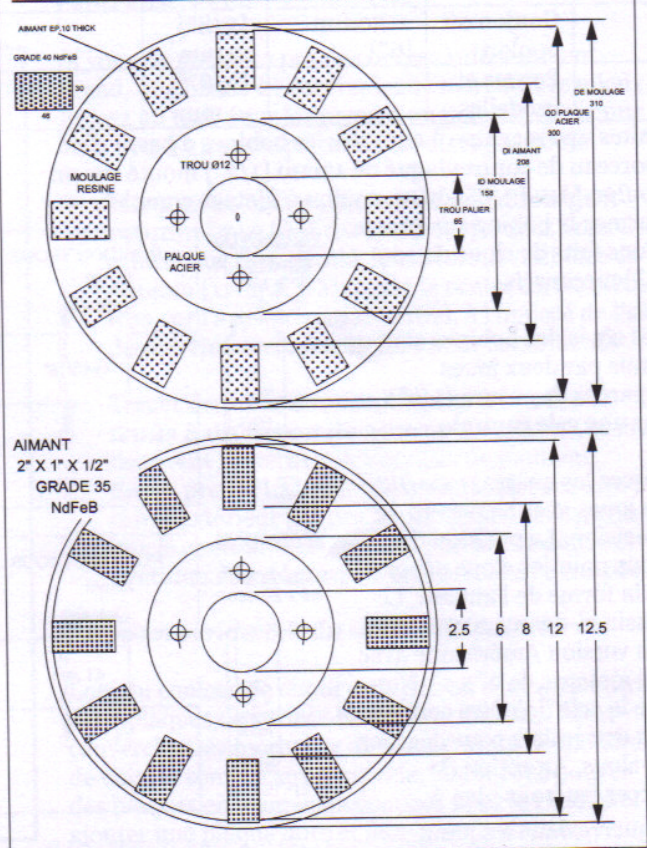


Vous devez bien centrer les disques sur la bride de moyeu avant de les percer. Positionnez le moyeu sur les deux plaques à aimants et faites tourner le roulement pour vérifier le bon centrage. Calez une règle ou un morceau de fil près du bord et corrigez le centrage jusqu'à ce que les plaques tournent rond.



Les disques doivent être maintenus en place d'une manière ou d'une autre lors du perçage à travers la bride de moyeu, et ce pour les deux plaques. Plusieurs solutions ont été utilisées. L'une est d'assembler temporairement chaque disque au moyeu par points de soudure avant de percer. Une approche plus simple est de marquer le plus précisément possible le premier trou de boulon à la main et d'utiliser ensuite ce trou pour boulonner le disque à la bride avant de percer les autres trous. Mettez les boulons au fur et à mesure que vous percez tout en vérifiant le bon centrage.

VUE DE FACE DES ROTORS POUR LES DEUX VERSIONS



Faites un marquage de référence pour vous rappeler la position de la plaque sur le disque et la reporter au moment de l'assemblage. Percer un trou de référence à travers la bride et les deux plaques à aimants est une bonne manière de repérer les positions. Marquez également les faces des disques pour un assemblage correct.

Enfin, percez trois trous (seuls deux figurent sur le schéma, mais faire trois trous est préférable) de 10mm [3/8"] dans la plaque de devant sur le même cercle que les trous de 12mm, à mi-chemin entre ceux-ci. Taraudés ces trous en M12 [1/2"]. Ces trous seront utilisés pour coller et décoller la plaque avant de la génératrice avec des vis M12 [1/2"]. Ceci est nécessaire en considération que les forces d'attraction entre les rotors à aimants seront très importantes lorsque les aimants y seront ajoutés.

Ebavurez les arêtes de chaque trou. Les plaques à aimants sont maintenant quasiment prêtes pour le moulage résine (voir "mouler les rotors"). Poncez-les au dernier moment.

FABRICATION DE L'ENROULEUR DE BOBINE

Matériaux				
Pièces	Matériau	Longueur	Largeur	Epais.
3	Contreplaqué	100mm [4"]	+ de 75mm [3"]	1/2" [13 mm]
4	Clous	100mm [4"]	5 mm [3/16"]	
1	Goujon ou boulon	±150mm [6"]	3/8" 10 mm	
5	Ecrous et rondelles		3/8" 10 mm	

Faites une machine à enrouler les bobines à partir d'un morceau de contreplaqué de 13mm [1/2"] monté sur un boulon M10 [3/8"] ou un goujon à filetage complet.

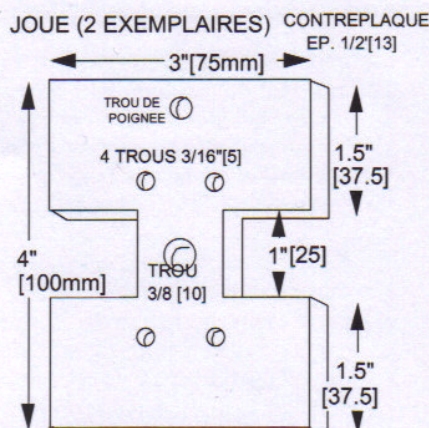
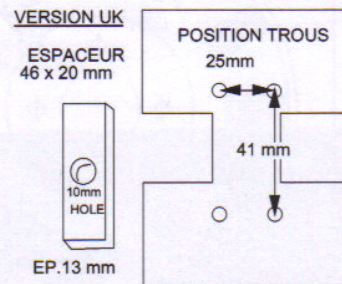
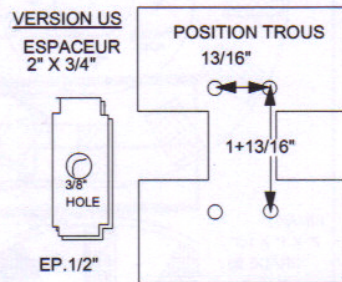
Formez la bobine sur quatre pions faits de clous de 100 [4"] raccourcis.

Les côtés des bobines sont tenus par deux joues séparées de 13 mm [1/2"] par une cale centrale.

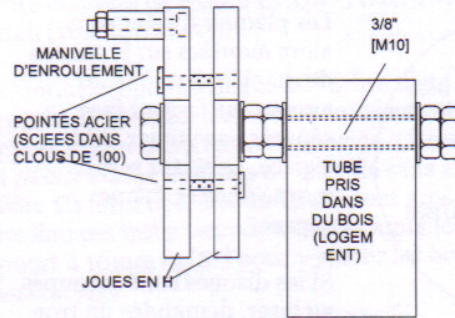
Percez les quatre trous dans les joues avec beaucoup de précision. La position des trous pour les clous dépend de la forme de l'aimant. Le dessin ci-dessus correspond à la version Américaine avec des aimants de 2" x 1". Notez que la cale doit être coupée aux extrémités pour dégager les clous. Attention de percer les trous bien à l'équerre dans les joues.

La forme extérieure des joues n'est pas critique. Chaque joue a une encoche profonde de chaque côté pour vous permettre de passer des morceaux de bande adhésive autour de la bobine finie. La bande maintiendra la bobine enroulée lorsque vous la retirerez de l'enrouleur.

C'est une bonne idée de chanfreiner légèrement les coins des joues du côté intérieur. Cela évite que le fil se prenne dans les coins lorsque l'enrouleur tourne.

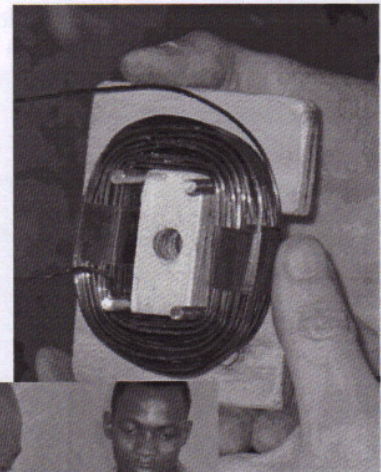


Le boulon M10 [3/8"] fait office d'axe. Il est passé dans un trou à travers un morceau de bois. Il pourra tourner plus librement s'il tourne dans un logement – type petit tube de métal. Serrer les écrous sur les joues mais pas sur le support de rotation.



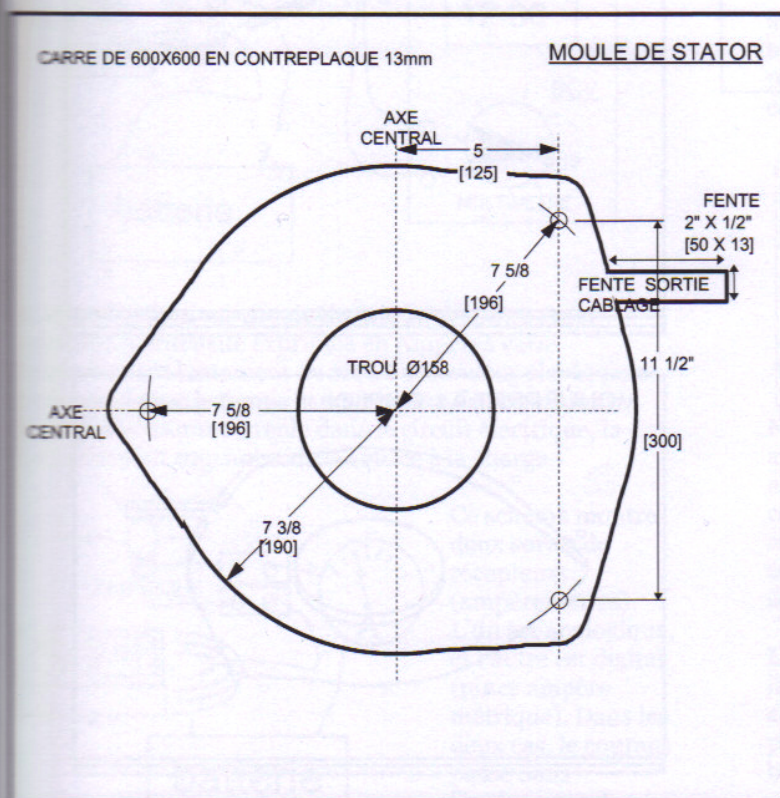
Vous pouvez adapter une poignée sur l'une des joues. Utilisez un morceau de tube tenu par un petit boulon pour une préhension confortable. La tête de la vis doit être noyée dans la paroi de la joue pour éviter que le fil ne se prenne dedans.

Autrement, vous pouvez faire une poignée à l'autre extrémité de l'arbre 3/8" en le pliant en manivelle ou en y soudant une.

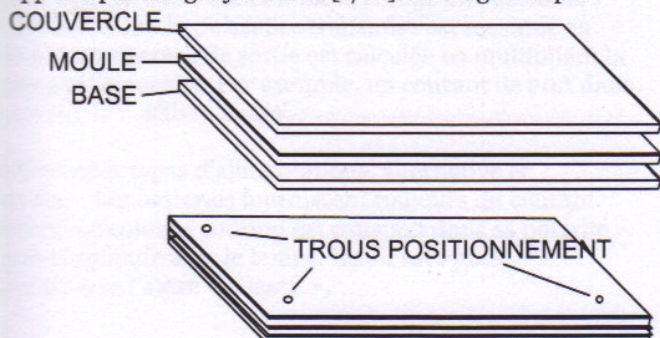


FABRICATION DU MOULE DE STATOR

Matériels				
Pcs	Matière	Long.	Larg.	Ep.
1	Contreplaqué	600mm	600mm	12
2	Plaque à surface lisse	600mm	600mm	20mm (suggestion)
	Joint silicone			
	Polish à la cire			
3	Boulons 1/4" [6mm] x 1+1/2" [35mm]			
10	Vis			



Les dix bobines devraient tenir pile poil dans un moule plat, où ils seront encapsulés dans de la résine de polyester pour donner le stator. Le stator aura un trou au milieu au travers duquel les quatre goujons supportant le rotor passeront. A la périphérie, il aura trois oreilles où il sera supporté par des goujons M12 [1/2"] à filetage complet.



Tracez le contour du stator.

Utilisez les chiffres métriques pour les aimants métriques

- Commencez avec **un morceau de contreplaqué de 13mm [1/2"] d'environ 600mm [24"] de côté.**
- Tracez les axes **vertical et horizontal** centraux, à exactement 90°, ainsi qu'un **axe vertical à 125mm [5"] à droite** du premier.
- Tracez deux cercles de **rayons 79mm [3"] et 190mm [7+3/8"] à l'intersection des axes centraux.**

Si vous ne possédez pas de compas suffisamment grand, une bande de contreplaqué marchera le mieux. Percez un trou pour le crayon à un point et vissez une vis à bois à un autre point espacé au rayon voulu.

- Marquez les centres des **trous de montage à 196mm [7+5/8"] du centre.** Marquez deux des centres sur l'axe décalé, leur écart devrait être de 300mm [11+1/2"]. Marquez le centre du troisième trou sur l'axe horizontal central, à l'opposé de l'axe décalé. Ne percez aucun trou pour le moment !
- Tracez des **arcs concentriques à ces trois trous à un rayon de 30mm [1+1/4"]**. Ces arcs décrivent l'extérieur des oreilles de montage. Enfin, prenez une règle pour connecter ces arcs au cercle extérieur par des lignes tangentielles, afin que le contour du stator soit une forme douce et continue. **Ne découpez pas encore le moule.**

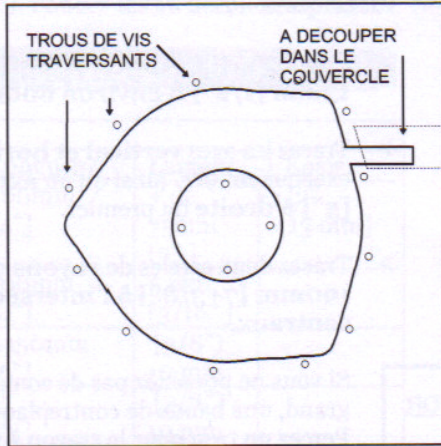
Prise en sandwich du moule de stator.

Lors du coulage, le stator sera pris en sandwich entre deux plaques de surface bien lisse : une base et un couvercle. Des morceaux de récupération de mobilier de cuisine sont idéaux pour cela, sinon vous pouvez des plaques en composite épaisses pour la rigidité et ajouter une plaque dure et lisse pour la finition.

- **Empilez** les trois plaques les unes sur les autres. Les surfaces lisses de la base et du couvercle doivent être en contact avec le moule en contreplaqué.
- **Percez** trois trous de positionnement à travers l'empilement de manière à pouvoir rassembler le sandwich avec précision. Cela vous aidera à avoir les couches toujours en bonne position. Mettez un boulon adapté (disons M6 [1/4"]) dans chaque trou.

- **Marquez** les plaques pour un assemblage correct – couvercle, moule, base – hauts et bas clairement étiquetés.

- Appliquez le moule sur la face inférieure du couvercle, et effectuez des **perçages traversants** de Ø5mm [3/16"] sur la périphérie à utiliser ultérieurement pour les vis de serrage. Percez les trous à 25mm [1"] à l'extérieur du contour du moule.



Plus tard vous aurez la possibilité de visser solidement le couvercle à la base et comprimer l'épaisseur du moulage au minimum.

Découpez la forme du stator dans le contreplaqué.

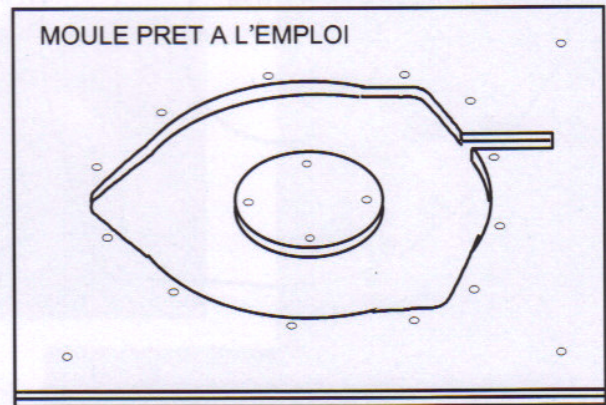
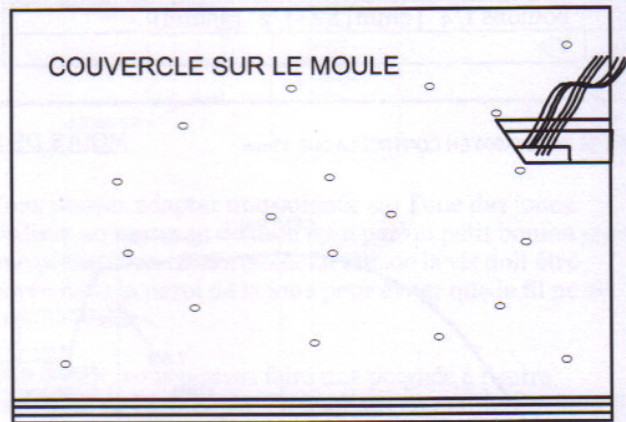
- Utilisez une scie sauteuse pour **découper le moule de stator** en suivant le cercle intérieur, puis la forme extérieure en tenant compte des oreilles. Il se peut qu'il soit nécessaire de percer des trous d'entrée pour insérer la lame à travers le contreplaqué. Percez ces trous à l'extérieur du trou central et à l'intérieur du contour.
- Découpez **l'encoche de sortie du fil** après. Placez à nouveau le moule sur le couvercle avec trois trous alignés, et marquez la position de l'encoche de sortie de fil sur le couvercle.
- **Découpez** une portion de couvercle de manière à laisser les fils sortir par cette encoche avant et après que le couvercle ne soit vissé. Cet évidement fournira également une réserve pour le surplus de résine sortant du moule lors du serrage du couvercle.

L'îlot central et la forme extérieure seront utilisés ultérieurement pour le moulage de la résine polyester. Leurs bords devraient être aussi lisse que possible. S'ils présentent des cavités, comblez-les et poncez-les jusqu'à obtenir une surface bien lisse et continue.

Le morceau de contreplaqué restant (avec les trous de montage) correspond à la forme exacte du stator fini. Il sera utile comme gabarit au moment de percer les trous de montage dans les oreilles dans le moulage de stator lui-même. Ne percez pas les trous de montage au diamètre final avant d'avoir fait des trous d'ébauche plus petits afin d'en marquer les positions (voir plus loin).

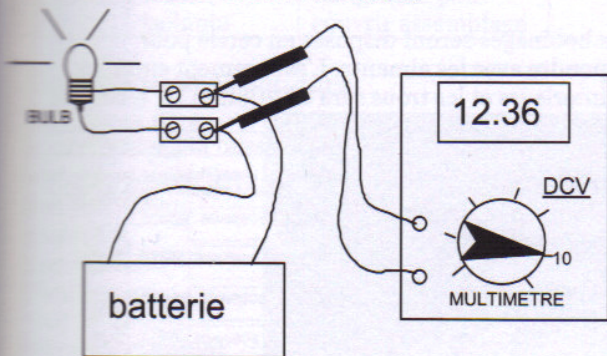
Vissage du moule à sa base

Placez correctement le contour du moule sur la base et vissez-la, en utilisant plusieurs trous (autres que ceux percés dans le couvercle). Utilisez les trous de couvercle pour positionner l'îlot central sur la base et vissez-le alors lui aussi. Recouvrez les têtes de vis avec du polish et/ou appliquez du ruban adhésif pour éviter que de la résine ne s'en échappe.

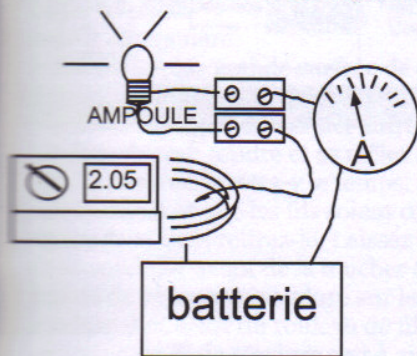


THEORIE EN ELECTRICITE

Le courant de sortie de l'éolienne peut être mesuré en termes de tension et d'intensité. La tension correspond à une « pression électrique » et est habituellement constante pour une source particulière (12V ou 240V en occurrence). Vous pouvez mesurer la tension d'une source avec un multimètre. Sélectionnez le calibre Tension CC. Connectez les deux pointes de test aux deux fils de sortie de la source et lisez la tension.



L'intensité dans un circuit électrique peut être aussi mesurée. L'intensité exprimée en Ampères varie normalement lentement de zéro à une valeur élevée puis redescend avec le temps et en fonction des conditions. Lorsque le courant circule dans le circuit électrique, la puissance est transmise de la source à la charge.



Ce schéma montre deux sortes de récepteurs (ampèremètres). L'un est analogique, et l'autre est digital (pince ampère métrique). Dans les deux cas, le courant passe dans l'instrument de mesure d'une manière ou d'une

autre.

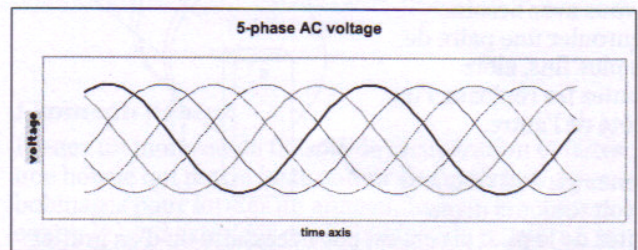
Ici la source est une batterie et la charge une ampoule. La source peut être une éolienne et la charge une batterie. Dans chaque cas la puissance transmise est mesurée en Watts. La puissance de sortie est calculée en multipliant la tension et l'intensité. Par exemple, un courant de 20A dans un circuit 12V délivre 240W.

Il existe deux types d'alimentations, alternative et continue. Les batteries fournissent toujours du courant continu. Le courant continu est constant dans sa polarité et son amplitude avec le temps. Un fil est appelé « positif », et l'autre « négatif ».

Le réseau quant à lui fournit du courant alternatif. Dans le cas d'un courant alternatif, la polarité s'inverse constamment, plusieurs fois par seconde et l'amplitude augmente et retombe en décrivant une vague. Le courant alternatif peut être converti en courant continu en utilisant un convertisseur consistant en une série de jonctions unidirectionnelles appelées diodes.

Vous pouvez utiliser un multimètre pour mesurer la tension d'un courant continu, mais vous devez sélectionner le calibre tension CA. La tension affichée sera une sorte de valeur moyenne du niveau en variation constante.

Sur notre éolienne, la génératrice produit du courant alternatif à 5 phases. Cela signifie que la tension des bobinages monte et descend en alternance les uns par rapport aux autres. Voici un graphique montrant comment la tension varie en fonction du temps.



Nous branchons les bobinages en configuration étoile, avec tous les départs ensembles et la sortie en courant alternatif prise sur les fils de sortie. Brancher ces fils à un convertisseur transforme le courant alternatif en courant continu en ne permettant au courant de circuler que dans une seule direction dans le circuit de sortie de courant continu.

La tension générée par les bobinages dépendra à la fois de la vitesse de rotation (voir théorie des génératrices) et du courant fourni par la génératrice. Le courant subit une perte interne à partir du moment où il passe dans les bobinages.

ENROULEMENT DES BOBINAGES

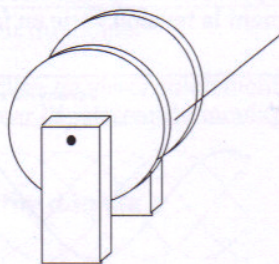
Choisissez un fil adapté à la taille des aimants et à la tension de l'accumulateur. Les dimensions en unités métriques sont adaptées aux aimants de taille métrique.

Matériaux

Poids	Matière	Tours par bobinage & taille	Tension
3kg pour 10 bobines	Fil d'enroulement émaillé, appelé fil à aimants	80 spires de fil #15 (ou paire de fils #18) [70 spires de 1.6 mm]	12V
		150 spires de fil #18 [125 spires de 1.18 mm]	24V
		290 spires de fil #21 (ou paire de fils #24) [250 spires de 0.8 mm]	48V

Construisez un support pour le rouleau de fil d'enroulement en cuivre. Si vous avez besoin d'enrouler une paire de fils plus fins, alors montez les rouleaux l'un à côté de l'autre.

SUPPORT ENROULEUR DE FIL



Prenez garde à ce que le fil soit toujours droit.

Évitez de le plier si ce n'est pas nécessaire ou d'en gratter l'émail. Alignez l'enrouleur de bobinage avec le support de rouleau afin que le(s) fil(s) y arrive(nt) parallèle(s) aux joues.

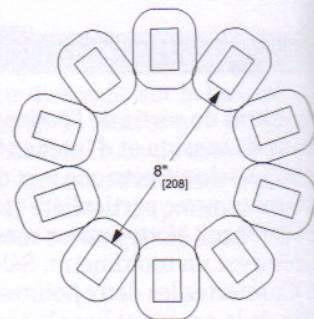
Appliquez une pliure serrée à angle droit de 100mm [4"] à l'extrémité du fil et insérez-la dans une encoche faite dans la joue externe de l'enrouleur de bobinage. Engagez le fil contre la joue. Enroulez la suite du fil autour de l'écrou M10 [3/8"] de manière à ce qu'il ne glisse pas.

Tenez maintenant le fil avec une main (gauche). Tournez la manivelle avec l'autre main en contant les tours au fur et à mesure. Servez-vous de la première main pour conserver une légère tension dans le fil et pour en contrôler

« l'assise ». Faites en sorte que chaque tour soit collé au précédent et de n'entamer une nouvelle couche que lorsque la précédente est complète. Avancez d'un côté progressivement vers l'autre, puis progressivement vers le premier. Ne laissez pas le fil s'enrouler à sa guise, aléatoirement d'un côté puis de l'autre, sinon le bobinage ne pourra pas contenir le nombre de correct de tours.

Quand vous êtes arrivés au bon nombre de tours de fil dans l'enrouleur, il est temps d'appliquer du ruban adhésif au bobinage. Ne relâchez pas la tension dans le fil avant

qu'il ne soit maintenu par le ruban adhésif. Glissez le bout d'un morceau de ruban adhésif sous le bobinage en profitant de l'encoche et fermez-le bien en le collant sur lui-même. Faites cette opération des deux côtés avant de relâcher la tension dans le fil.



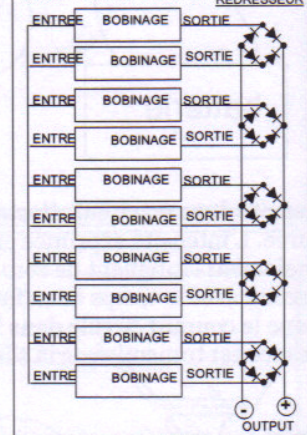
Les dix bobinages seront disposés en cercle pour correspondre avec les aimants. L'espacement entre les bords intérieurs et les trous sera de 208mm [8"], comme indiqué.

Vérifiez que les dimensions du bobinage correspondent aux indications. Répétez le processus jusqu'à obtenir les dix bobinages.

En cas de doute sur le nombre de tours, pesez chaque bobinage et comparez-les. Une petite erreur n'est pas significative, cependant, les écarts de poids ne devraient pas dépasser 5%.

BRANCHEMENT DES BOBINAGES

CHACQUE DIODE LAISSE PASSER LE COURANT SEULEMENT DANS LA DIRECTION DE LA FLÈCHE REDRESSEUR



BRANCHEMENT DES BOBINAGES

Matériaux

Long.	Matériau	Taille	Tension
100mm	Fil flexible avec isolation haute temp.	#14 [2mm] ou équivalent	12V
		#18 [0.5mm] ou équivalent	24V ou 48V
100mm	Fil d'étain à noyau résine		
100mm	Gaine isolante	Long. suff. pour couvrir assemblage	

Conseils pour la soudure

Utilisez un fer à souder propre et assurez vous qu'il soit bien chaud avant de commencer. Touchez un morceau de fil d'étain sur le bout du fer à souder, il devrait fondre instantanément.

Entortillez les fils ensemble et appliquez le bout du fer à souder dessus de manière



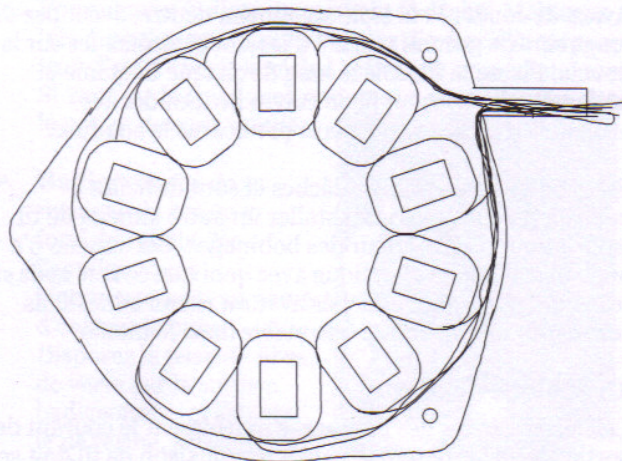
à obtenir la plus grande surface de contact possible. Attendez une seconde ou deux avant d'apporter le fil d'étain sur la ligne de contact entre le fer et les fils. La soudure devrait fondre et se mêler aux fils en s'étendant avec la chaleur. Mettez-y le temps. Laissez le fer à souder ainsi jusqu'à ce que les fils soient complètement imprégnés de soudure, puis retirez-le. Laissez le temps à la soudure de se solidifier avant de la toucher (2 secondes). N'essayez jamais de déposer la soudure sur les fils avec le fer. La soudure doit venir du rouleau de fil de soudure. Le coeur en résine du fil de soudure sert à aider la soudure à dans les fils.

Soudure des fils des bobinages

Le fil de cuivre des bobinages est émaillé, ce qui l'isole lorsqu'il est en contact avec lui-même dans le bobinage. Avant de souder les extrémités sur des bouts de câble souple, vous devrez enlever la couche d'émail sur une petite longueur. Si vous avez deux fils (enroulement de deux fils à la fois), enlevez l'émail pour les deux et soudez les ensemble.

Disposez les bobinages dans le moule de stator comme indiqué sur la page suivante. Elles doivent toutes avoir la même orientation, avec l'extrémité de départ en haut. Il n'importe pas que les bobinages soient en miroir par rapport à l'illustration à partir du moment où elles sont toutes pareilles. Disposez-les de manière régulière et

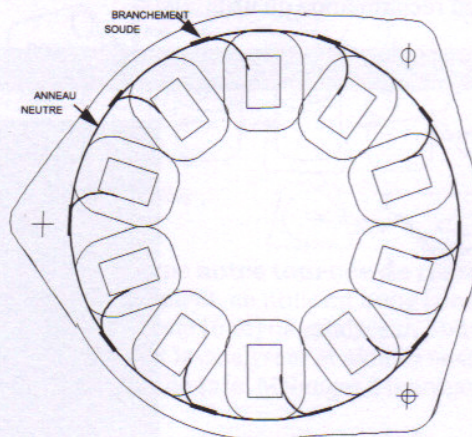
maintenez-les en place à l'aide d'un disque de contreplaqué vissé.



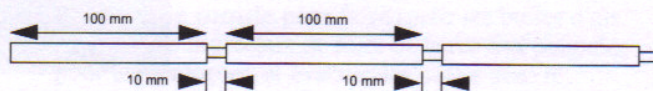
L'anneau neutre

Prenez un morceau de fil isolé de récupération et faites une boucle qui rentre juste autour de l'extérieur des bobinages pour former un anneau. La boucle reposera contre le bord extérieur des bobinages de manière à les retenir les unes contre les autres en bonne position. Cette boucle de fil flexible est l'« anneau neutre », il relie les extrémités de départ entre elles. Il ne sera connecté à rien d'autre.

(Voir page 26 pour le schéma sur l'espacement correct de 208mm [8"]). Il devrait y avoir environ 5mm [3/16"] entre l'intérieur des bobinages et l'ilot/disque central.



Dénudez le fil à intervalles égaux, mesurés. 100mm et 10 mm fonctionne bien dans certains cas.



Coupez le fil émaillé à la même longueur correcte pour chaque bobinage et ôtez l'émail sur 20mm [3/4"] du bout

du fil avec un couteau aiguisé ou du papier de verre. Etamez le bout du fil avec de la soudure avec le fer à souder et du fil d'étain.

Avant de souder le fil isolé en anneau neutre, découpez dix longueurs de 30mm[1+1/2"] d'isolant et enfitez-les sur la boucle. Placez le fil isolé le long de chaque fil étamé et bâillonnez-les avec un fil de cuivre fin. Soudez-les ensemble puis glissez l'isolant par dessus la soudure.

Si les bobinages semblent lâches et sont difficiles à contrôler, vous pourriez installer un autre anneau de fil isolé autour de l'intérieur des bobinages. Cet anneau n'a aucune connexion électrique avec quoi que ce soit mais si les bobinages y sont attachés avec du ruban adhésif, ils formeront une structure très stable dans le moule.

Le câblage de sortie

Les terminaisons des bobinages fournissent le courant de sortie au convertisseur. Chaque terminaison de fil doit se voir rabouter d'un fil flexible soudé. Enveloppez le fil flexible autour du cuivre étamé et soudez-les. Les fils raboutés sont alors sortis au travers de la fente de sortie du moule. Le deuxième diagramme montre les fils raboutés de sortie sans montrer l'anneau neutre.

Prenez soin de faire les fils raboutés suffisamment longs pour arriver jusqu'au convertisseur. Utilisez des cordons de câble pour attacher soigneusement les câbles ensemble. Assurez qu'ils sont attachés hors des trous de montage, sinon ils pourraient être endommagés lors du perçage de ces trous. Quand le câblage est complet, glissez soigneusement l'assemblage des bobinages hors du moule se stator et placez-le sur une plaque plate. Vous pouvez le mettre en place dans le moulage en temps voulu. (La photo page suivante montre deux paquets de câblage mais désormais je n'en recommande qu'un).

