

# Manuel de Maintenance

## Eolienne autoconstruite

Version 3.0



WindEmpowerment

2016

Gaël Cesa , Marie-Laure Brunel , Jérôme Strasilla

# Manuel de Maintenance

## Eolienne Piggott

Version 3.0



Contenu et mise en page: Maintenance Working Group  
Marie-Laure Brunel, Gaël Cesa, Jérôme Strasilla

Traduction: Jeanne Neuville

Date de publication: Novembre 2016

Date de la traduction: Mars 2018 (jeanne Fox)

Remerciements: Hugh Piggott, Jay Hudnall, Christophe Glaziou, Valéry Benton,  
Francis Gallou.

En collaboration avec:



RÉSEAU TRIPALIUM

Financée par:



## Table des matières

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Table des matières           | page 3  |
| 1 Préface et introduction    | page 4  |
| 2 Consignes de Sécurité      | page 5  |
| 3 Facteurs environnementaux  | page 6  |
| 4 Boîte à outils             | page 9  |
| 5 Descente et levage du mât  | page 12 |
| 5.1 Consignes de sécurité    | page 12 |
| 5.2 Descente du mât          | page 15 |
| 5.3 Démontage de l'éolienne  | page 17 |
| 5.4 Assemblage de l'éolienne | page 18 |
| 5.5 Levage du mât            | page 19 |
| 6 Entretien de l'éolienne    | page 21 |
| 6.1 Pales                    | page 21 |
| 6.2 Génératrice et nacelle   | page 23 |
| 6.3 Mât et fondations        | page 29 |
| 6.4 Système électrique       | page 31 |
| 7 Fréquence des opérations   | page 36 |
| 8 Checklist                  | page 37 |
| 9 Dépannage                  | page 40 |
| 10 Annexes                   | page 43 |
|                              | page 45 |

# 1 Préface & introduction

## Préface

Le document que vous avez entre les mains est un manuel de maintenance pour éoliennes «Piggott», développé par l'association WindEmpowerment (WE). Fondée au Sénégal en 2011, WindEmpowerment soutient le développement du petit éolien construit localement, pour une électrification rurale durable dans le monde entier.

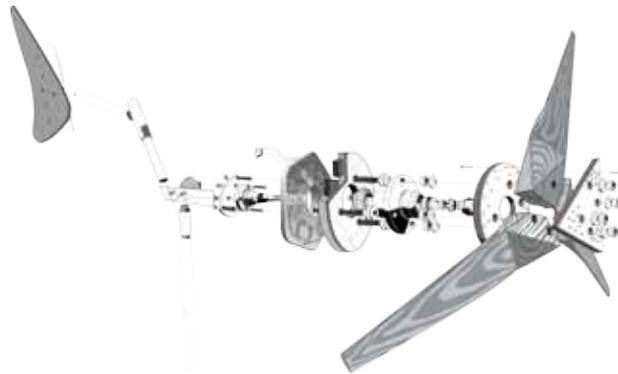
C'est à Athènes, au cours de la 2ème édition des rencontres internationales de WE, que s'est formé le groupe de travail autour de la maintenance des éoliennes. Sa devise :

*“To mutually empower people to keep their turbines running.”*

Tripalium (le réseau français pour le développement des éoliennes Piggott) a mis au point 2 premières versions d'un manuel de maintenance qui a été traduit en anglais pour WE. Cette 3ème version est le produit d'un travail d'équipe de 6 mois.

Son objectif est d'accroître l'autonomie des utilisatrices dans la production de leur propre électricité, en leur donnant les moyens de faire fonctionner et d'entretenir leurs éoliennes. Ce manuel est disponible en téléchargement gratuit sur le site internet de WE. Cependant, les dons sont bienvenus pour aider une future édition de ce manuel.

Nous invitons tou.te.s les pilotes d'éolienne Piggott à télécharger et imprimer le manuel, et à le garder à portée d'éolienne.



## Introduction

Les éoliennes sont un moyen fascinant de produire de l'électricité et d'accroître l'autonomie énergétique. Sur un site adapté, il est possible de pourvoir à une grande partie de ses besoins grâce à son travail.

Beaucoup d'éoliennes inspirées du concept d'Hugh Piggott ont été construites partout dans le monde. Bien que la plupart de ces éoliennes sont dans un premier temps performantes, beaucoup d'entre elles ont cessé de fonctionner en raison d'un manque d'entretien régulier. Ce problème concerne particulièrement les membres de WE qui développent des projets d'électrification de sites isolés dans les pays en développement, où les moyens techniques de pratiquer des réparations sont faibles, et les temps de trajet vers les sites d'installation très longs.

Cette 3ème édition du manuel de maintenance contient des conseils pour l'entretien préventif et la réparation des problèmes les plus courants, en s'appuyant sur l'expérience et le retour des membres de WE du monde entier.

Elle contient également un récapitulatif des facteurs environnementaux pouvant influencer les besoins en entretien, une liste des outils nécessaires aux maintenances, une check-list des tâches à effectuer et enfin une galerie des accidents, présentant différentes situations survenues avec les solutions pour remédier aux problèmes.

Néanmoins, d'autres accidents peuvent arriver. C'est pourquoi ce document est destiné à être mis à jour. Nous vous encourageons à nous donner vos retours en écrivant à [windempowerment.group@gmail.com](mailto:windempowerment.group@gmail.com) afin de nous aider à en améliorer les versions futures. Une base de données sera également disponible en ligne afin de répertorier les opérations de maintenance effectuées sur les petites éoliennes auto-construites, mais aussi les pannes et les accidents.

Ce manuel concerne principalement les éoliennes de type «Piggott» montées sur mât haubané, pour systèmes raccordés ou non-raccordés au réseau. Cependant il peut aussi être utile pour l'entretien des petites éoliennes industrielles.

Nous espérons que cet ouvrage vous aidera à faire fonctionner et à entretenir votre éolienne afin qu'elle vous donne pleinement satisfaction.

## 2 Sécurité

La sécurité doit être votre priorité au cours de chaque opération effectuée sur votre installation éolienne, et plus particulièrement lors du levage et de la descente du mât.  
Faites également attention aux risques électriques.

Contrairement à la plupart des manuels de maintenance de machines industrielles, nous vous recommandons fortement de démonter votre éolienne.

Pensez à vérifier la météo avant de prévoir une révision.

Avant d'effectuer une opération de maintenance, il est absolument indispensable de :

**Mettre votre éolienne en court-circuit (voir figure 1).**

### Dangers mécaniques



#### Désassembler la génératrice :

Les aimants des rotors étant extrêmement puissants, il est dangereux d'avoir des objets métalliques ou des outils à leur proximité. Lorsque vous avez ôté les deux rotors, ils doivent être placés le plus loin possible l'un de l'autre (> 1,5m).

Lors du démontage des **pales**, prenez la précaution de les ranger dans un endroit sûr afin d'éviter tous dommages.

### Dangers électriques

#### Câbles d'alimentation



Vous risquez l'électrocution en touchant les câbles sous tension d'un système raccordé au réseau (400V). Pour les tensions plus basse (24V et 48V), les risques d'électrocution peuvent survenir lorsque l'éolienne est en roue libre (tension supérieur à 80 V).

#### Batteries



- Un court-circuit entre les bornes des batteries peut provoquer un incendie ou une explosion.
- Recharger une batterie au plomb produit de l'hydrogène, hautement explosif.
- Assurez-vous que l'emplacement des batteries soit un endroit bien ventilé.
- Faites attention aux étincelles, flammes ou autres sources de combustion !

### Dangers magnétiques



**Tenez-vous loin** de la génératrice **si vous portez un pacemaker ou un autre dispositif médical !**  
Ses aimants ont un **champ magnétique extrêmement puissant.**

### Équipements de protection

Nous recommandons le port d'équipements de protection tels qu'une paire de gants, des chaussures de sécurité et un casque de protection.

Cependant, gardez à l'esprit que le meilleur moyen de s'assurer une bonne sécurité est de faire les choses intelligemment, et de s'assurer que chaque personne présente ait une attitude responsable.



Fig. 1: Frein électrique

## 3 Facteurs environnementaux

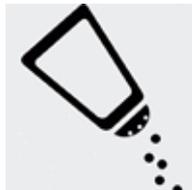
Le tableau ci-dessous donne un aperçu des facteurs pouvant influencer de manière significative la durée de vie d'une éolienne.

Ses pires ennemis sont:

- Les vents trop forts et les turbulences
- L'eau
- Le sel
- Le sable / l'érosion
- Le manque d'entretien

Si une éolienne est exposée à une de ces conditions ou plus, elle nécessite un entretien préventif plus fréquent.

Tab. 1: Facteurs environnementaux influençant la durée de vie d'une petite éolienne

| Facteurs  | Risques  | Solutions   | Parties les + sensibles   |
|---|--|---|---|
| <b>Foudre</b><br>      | <p>Destruction du système (éolienne et électroniques).</p> <p>Si raccordé au réseau : risque de griller l'onduleur et les électroniques en cas de foudre.</p>  | <p>Le mât et tous ses haubans doivent être connectés à la terre, ou au moins connectés au sol au niveau de chaque ancrage.</p> <p>Les électroniques doivent aussi être connectés au mât avec une cablette de terre.</p> <p>Assurez-vous qu'il y ait un parafoudre entre le mât et les électroniques</p> <p>Si raccordé au réseau, assurez-vous qu'il y ait un parafoudre entre l'onduleur et le réseau</p>  | <p>Électroniques.</p> <p>Ancrages.</p>  |
| <b>Air salin</b><br> | <p>Corrosion des aimants (via la rouille à l'intérieur de la résine), des disques du rotor, des haubans et de toutes les parties métalliques (mât, nacelle, etc.).</p> <p>Détérioration des pièces de contreplaqué (particulièrement s'il est de mauvaise qualité)</p> | <p>Nettoyer la rouille et repeignez les disques avec une peinture anti-corrosion.</p> <p>Remplacer les éléments de visserie et les haubans rouillés par de l'acier inox. Si vous avez des éléments en acier galvanisé, protégez-les avec de l'huile de moteur usagée ou un autre type de graisse.</p> <p>Protéger les chaînes en les coulant dans du béton (voir fig. 2 et 3)</p> <p>S'il y a de la rouille sur les aimants, remplacer les rotors en peignant ou en galvanisant les disques, et en utilisant de la résine Epoxy. Utiliser également des aimants protégés par de l'époxy.</p> <p>Utiliser un contreplaqué de haute qualité, ou remplacer les éléments abîmés par des pièces métalliques.</p> | <p>Aimants néodyme.</p> <p>Disques du rotor.</p> <p>Haubans.</p> <p>Autres éléments métalliques (mât, nacelle...).</p> <p>Pièces de contreplaqué.</p> |
| <b>Grêle</b><br>     | <p>Érosion des pales.</p> <p>Détérioration du safran.</p> <p>Endommagement des parties métalliques endommagée.</p>   | <p>Rebouchez les trous et les parties abîmées avec de la résine Epoxy, et protéger les pales avec de la peinture microporeuse ou un vernis Polyuréthane</p>   | <p>Pales.</p> <p>Safran.</p>  |

Tab. 1: Facteurs environnementaux influençant la durée de vie d'une petite éolienne

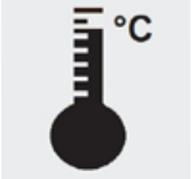
| Facteurs  | Risques  | Solutions  | Parties + sensibles   |
|---|--|--|---|
| <b>Milieu sablonneux</b><br>       | Effet abrasif.   | <p>Peignez vos pales de couches successives de différentes couleurs. Si une couche apparaît sous une autre sous l'effet de l'érosion, repassez-en une nouvelle.</p> <p>Couvrez le bord d'attaque avec du scotch pour protéger les pales, ou les enduire de résine Epoxy.</p> <p>Nettoyez régulièrement le sable au pied du mât.</p> <p>Protégez les haubans et accastillage grâce à de l'huile de moteur usagée ou un autre type de graisse.</p> | Pales.<br>Pied de mât.<br>Ancrages.<br>Parties métalliques. |
| <b>Climat chaud &amp; sec</b><br> | Surchauffe des composants électroniques (les températures élevées peuvent divisées par 4 l'espérance de vie de la batterie).                 | <p>Ne pas peindre le stator afin de faciliter le refroidissement des bobines.</p> <p>Assurez vous que tous les composants électroniques soient correctement ventilés.</p> <p>Assurez vous que les batteries soient aérées : disposez les sur des palettes et isoler efficacement la pièce où elles se trouvent. Mettez éventuellement un ventilateur.</p>  | Composants électriques et électroniques.                    |
| <b>Climat froid</b><br>          | <p>Le gel entraîne des fissures dans les pales et les déséquilibre.</p> <p>L'infiltration de glace dans la résine entraîne des fissures.</p> | <p>Vérifiez l'étanchéité de la boîte de raccordement et les connexions des câbles à l'intérieur, remplacez les si nécessaire.</p> <p>Contrôlez et réparez les trous et fissures éventuelles dans les pales et les pièces de résine.</p>  | Pales.<br>Connexions électriques.                           |



Fig. 2 : Mise à la terre du mât et des électroniques



Fig 3 : Sable au niveau du pied de mât

Tab. 1: Facteurs environnementaux influençant la durée de vie d'une petite éolienne

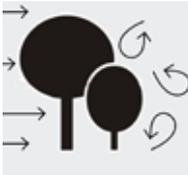
| Facteurs   | Risques  | Solutions  | Parties + sensibles  |
|--|--|--|--|
| <b>Tempête</b><br>    | <p>Les pales et/ou le safran peuvent casser en cas de fortes vibrations infligées à l'éolienne</p>   | <p>Descendez l'éolienne si un tempête est annoncée, ou contrôlez son éolienne après une tempête</p>  <p>Nous recommandons de laisser l'éolienne tourner sinon, un vent très fort peut-être plus puissant que la FCEM et ainsi brûler les bobines</p> | <p>Éolienne</p> <p>Mât</p>   |
| <b>Turbulence</b><br> | <p>Le câble électrique au pied du mât s'entortille plus fréquemment</p> <p>Les vibrations infligées à l'éolienne et au mât augmentent le risque de pannes</p> <p>Usure du système de mise en drapeau (pivot et butées de safran)</p> | <p>Utilisez un mât plus haut pour sortir de la zone de turbulence</p> <p>Désentortillez le câble au pied de la tour aussi souvent que nécessaire</p> <p>Vérifiez l'état du câble ne tête de mât</p> <p>Renforcez le safran</p>   | <p>Câble électrique</p> <p>Éolienne</p> <p>Mât</p>                     |
| <b>Pluie</b><br>    | <p>Infiltration de l'eau dans les pales, le contreplaqué, les rotors et la boîte de raccordement</p> <p>Corrosion</p>  | <p>Contrôlez et réparez les trous et fissures éventuel.le.s dans les pales et la génératrice. Peindre</p> <p>Vérifiez l'étanchéité des boites de jonction. Changez s neçessaire.</p> <p>Recouvrez les contreplaqués de résine ou de vernis Polyuréthane. Remplacez les pièces en contreplaqué par du métalliques</p>                   | <p>Composants électriques</p> <p>Rotors</p> <p>Stator</p> <p>Pales</p> |



Fig 4 : Haubans enduits d'huile usagée



Fig 5 : Chaîne coulée dans le béton

## 4 Boîte à outils

Selon les spécificités de votre installation, vous pourrez avoir besoin de plus d'outils ou de pièces spécifiques

### Pour lever et descendre le mât

Tab. 2: Liste d'outils nécessaire au levage et à la descente du mât

| Nom   | Qté.   | Caractéristiques  |   |
|---|--------|---|---|
| <b>Tirefort et son câble (et poulie pour les mâts de plus de 24m)</b> | 1      | Jusqu'à 2m40 Ø & 18m de hauteur : 800kg, câble 20m  | 3m Ø et + ; 18m ou 24m de hauteur : 1,6t, câble 25m |
| <b>Clefs, clefs à molette</b>   | 2      | Grandes tailles (22, 24 ou 26...) pour le mât et la flèche                                  |   |
| <b>Cordes ou sangle</b>   | 1 ou 2 | 3,5 x la longueur de la flèche au total (haubannage flèche et hauban opposé à la descente). |   |
| <b>Pince multi-usages</b>   | 1      | Grande  |   |
| <b>Manilles de levage</b>   | 3      | Charge maximum utile supérieure ou égale à celle du tirefort                                |   |
| <b>Lubrifiant</b>   | 1      | Type WD40   |   |
| <b>Tréteau, palette, support</b>                                      | 2      | Suffisamment haut pour que les pales ne touchent pas le sol, un autre pour posé le safran   |   |

### Pour démonter, vérifier et réparer l'éolienne

Tab. 3: Liste d'outils nécessaires au démontage, à la vérification et à la réparation de l'éolienne

| Nom                                       | Qté.      | Caractéristiques   | Mât | Pales | Génératrice | Nacelle/Safran | Elec. |
|---|-----------|--|-----|-------|-------------|----------------|-------|
| <b>Marteau/Maillet</b>                    | 1         |  |     | X     |             |                |       |
| <b>Clefs</b>                              | 2 de chq. | 17, 19, 22   | X   |       | X           |                |       |
| <b>Clef à molette</b>                     | 1         | Assez grande pour l'écrou de la fusée du moyeu             |     |       | X           |                |       |
| <b>Petites clefs</b>                      | 2 de chq. | Tailles 8 à 13   | X   |       |             | X              | X     |
| <b>Tournevis</b>                          | 2         | 1 petit (pour dévisser les borniers) et 1 à tête classique |     |       |             |                | X     |
| <b>Tournevis cruciforme (ou Philipps)</b> | 2         | 2 tailles, 1 plus petit et 1 plus grand                    |     |       |             |                | X     |
| <b>Pince coupante</b>                     | 1         |  |     |       | X           |                | X     |
| <b>Pince multi-usage</b>                  | 1         |  |     |       | X           |                | X     |
| <b>Vis d'extraction</b>                   | 3         |  |     |       | X           |                |       |
| <b>Perceuse sans fil avec mèches</b>      | 1         |  |     | X     |             |                |       |
| <b>Chiffons</b>                           | 2         |  | X   | X     | X           | X              |       |
| <b>Lime</b>                               | 1         |  |     |       |             | X              |       |
| <b>Multimètre AC/DC/Ω</b>                 | 1         |  |     |       |             |                | X     |

## Consommables et pièces de rechange

Tab. 4: Liste des consommables et pièces de rechange

| Nom                                       | Qté.       | Caractéristiques  |
|---|------------|---|
| Papier de verre                           | 1          | Plusieurs grains  |
| Silicone                                  | 1          |   |
| Colle à bois                              | 1          |   |
| Huile de lin/ thérébentine                | 1          | Optionel  |
| Résine époxy et catalyseur                | 1          |   |
| Vernis Polyuréthane                       | 1          | 2 composants  |
| Colle Epoxy                               | 1          | 2 composants  |
| Pinceaux                                  | 3          |   |
| Peinture anti-corrosion                   | 2          |   |
| White spirit                              | 1          |   |
| Graisse                                   | 1          |   |
| Dégraissant                               | 1          | Nettoyant pour vitres, essence  |
| Frein-filet                               | 1          |   |
| Scotch élec                               | 1          |   |
| Câble acier                               | 1 or 2m    | Même taille que les haubans   |
| Colliers de serrage en plastique (colson) | 5          | Petits et gros  |
| Écrous                                    | 6 de chq.  | M6, M8, M10, M12 et/ou M14 ; acier inox   |
| Boulons                                   | 6 de chq.  |   |
| Rondelles                                 | 6 de chq.  | D6, D8, D10, D12 et/ou D14 ; classique et larges ; acier inox                           |
| Vis à bois                                | 20         | M5 ; zinc ou acier inox   |
| Serre-câbles                              | 20         | 6 ou 8 (selon le diamètre des haubans) acier galvanisé                                  |
| Cosses-cœurs                              | 10         |   |
| Manilles                                  | 4 de chq.  | Diamètres 8 et 12   |
| Tendeurs à chape                          | 2          | Pour haubans de diamètre 6 ou 8   |
| Boîte de raccordement                     | 1          | 60mm*60mm   |
| Câbles                                    | 1m de chq. | Monobrin, 2,5 mm <sup>2</sup> , 4mm <sup>2</sup> , 6mm <sup>2</sup> , 10mm <sup>2</sup> |
| Bornes électriques                        | 6 de chq.  | 10 et 16 mm <sup>2</sup>  |
| Cosses à sertir                           | 10 de chq. | Différentes tailles   |
| Fusibles                                  | 2          | En fonction des caractéristiques du système (courant maximum)                           |
| Jeu de roulements                         | 1          |   |



## 5 Descente et levage et du mât

La plupart du temps, le mât d'une éolienne Piggott est constitué d'un assemblage de tubes maintenus en position verticale avec des haubans.

Les opérations de levage et de descente du mât s'effectuent à l'aide d'une flèche et d'un tirefort. Elles peuvent être dangereuses, évitez les risques inutiles. La **chute du mât** et de l'éolienne est le danger principal. Quelqu'un peut être **gravement blessé**. Cela peut se produire lorsque :

- Un ou plusieurs haubans se rompent du même côté, problème avec un ancrage
- Le câble du tirefort rompt ou réagit anormalement (problème avec le frein ou le tirefort)
- Le vent est particulièrement fort
- L'éolienne n'est pas arrêtée lors de la descente

Pour la vérification électronique, il est important que l'éolienne soit en fonctionnement. Référez-vous à la section 6.4 pour le détail des étapes à effectuer avant de descendre votre éolienne.

Afin de prévenir ces risques, suivez les précautions de sécurité de ces opérations. Il est nécessaire qu'au moins deux personnes expérimentées soient présentes, mais le travail se trouve grandement facilité à quatre.

### 5.1 Consignes de sécurité

Consignes de sécurité :



**L'éolienne doit toujours être à l'arrêt avant la descente du mât.**

Assurez-vous que la vitesse du vent soit **inférieure à 7m/s**.

Après vérification de votre système en **fonctionnement** (voir section 6, p.21), enclenchez l'**interrupteur sectionneur** (frein) sur **ON** (voir fig.8)

**Le port du casque est obligatoire** pour les personnes opérant dans la «zone de travail» (voir fig.9, p.13). Les personnes ne portant pas de casque ne doivent pas pénétrer dans cette zone.

**Une personne dirige les opérations** et se doit d'expliquer les risques et consignes de sécurité au reste de l'équipe.

**Personne** ne doit être autorisé à passer **sous la trajectoire de descente du mât** au cours de l'opération (voir la zone dangereuse en rouge fig.9, p.13)

Vérifiez **qu'aucun obstacle** pouvant **gêner** l'opération ne soit présent, en particulier à la base du mât, autour des ancrages ou sous la trajectoire de descente du mât. Assurez-vous qu'aucun câble électrique ne soit coincé au cours de l'opération.



Fig. 8 : interrupteur sectionneur

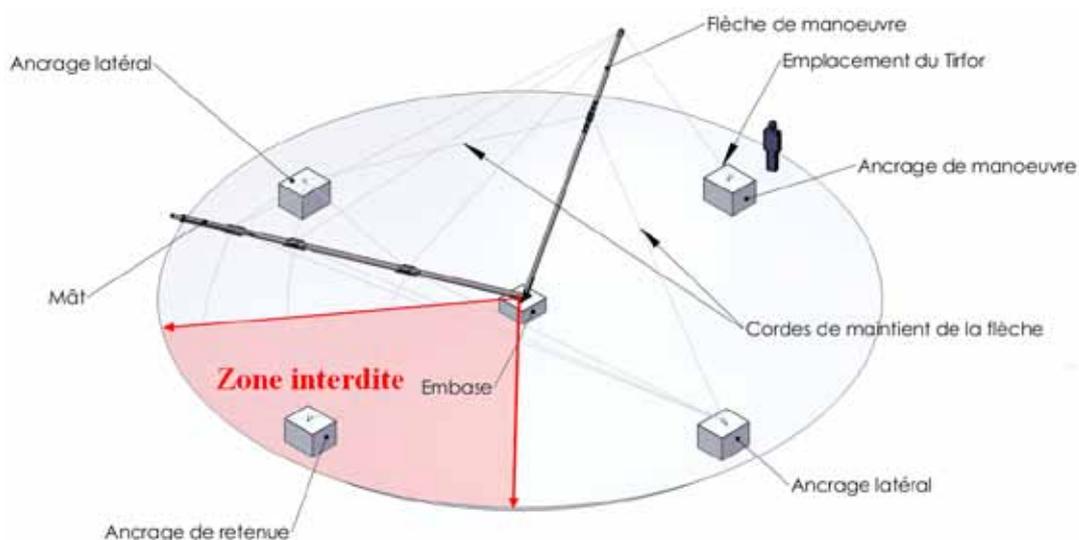


Fig. 9: Zone de travail et zone de sécurité

### Installation du tirefort

NB : Il est supposé ici que la flèche soit déjà attachée au mât. Dans le cas contraire, vous allez devoir installer la flèche entre la base du mât et le massif de manoeuvre. Commencez par attacher le tirefort à la platine de la flèche et au massif de manoeuvre. Un par un, détachez les haubans du massif de manoeuvre pour les attacher à la flèche. Le mât doit toujours être attaché à l'un ou à l'autre pour l'empêcher de tomber.



Fig. 10 : Tirefort

#### Installez correctement le tirefort :

- Levier de montée :** Pour lever le mât
- Levier de descente :** Pour abaisser le mât
- Loquet :** ON pour que le tirefort fonctionne  
OFF : position en fig.10 pour installer le câble

Insérez la totalité du câble, depuis l'extrémité sans crochet, dans le trou du tirefort, en le faisant ressortir par l'ouverture à l'arrière. Pour cela il faut que tous les leviers soient vers l'arrière et que le loquet soit enclenché voir fig 10.

Attachez le tirefort au massif de manoeuvre à l'aide d'une manille solide, et attachez le crochet du câble du tirefort à la platine de flèche à l'aide d'une autre manille (voir fig.11).



Fig. 11 : Extrémité de la flèche avec le tirefort

Enclenchez le frein du tirefort en position ON (voir fig.10)

Attachez deux cordes, une à chaque massif latéral qui s'attachent sur la flèche (voir fig.11)

Attachez une corde ou une sangle sur le hauban dans la direction de descente du mât (elle sert à tirer sur le hauban pour aider le mât à amorcer sa descente) :



Fig. 12 : Sangle attachée au hauban supérieur (direction de descente du mât)

Retirez le câble de sécurité qui bloque les tendeurs à chape :

Dévissez les tendeurs entre la flèche et l'ancrage (il peut s'agir d'un bout de chaîne ou d'un hauban)

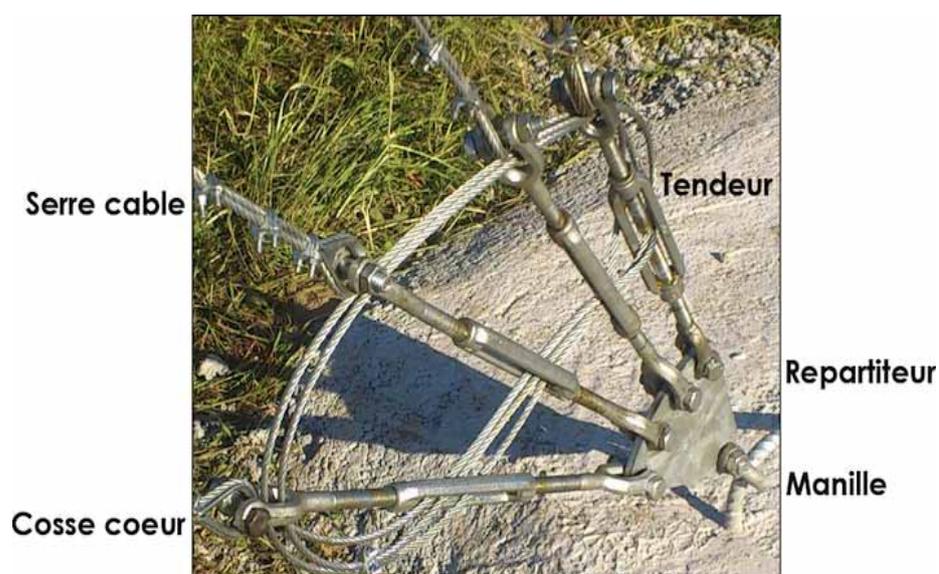


Fig. 13: Fixation des haubans

Placez un support type tréteau ou palette sur la trajectoire de descente du mât, à l'endroit où le haut du mât devrait toucher le sol. Ayez aussi une palette ou une table à portée de main pour pouvoir supporter le safran (voir fig.16, p.16) de façon à ce que les pales soient face au ciel.

## 5.2 Descente du mât

Main d'œuvre (4 personnes si possible) :

- Une personne en charge du tirefort, de la vérification de la verticalité du mât et de la flèche, à l'affût de la moindre anomalie, et qui pilote la manoeuvre.
- Une personne à chaque massif latéral, en charge de maintenir les cordes et de contrôler la tension des câbles et de vérifier la position des manilles et des tendeurs.
- Une personne au massif de retenue, à distance de la trajectoire de descente du mât, pour tirer sur le hauban.

Commencez par actionner le levier de descente, tirez sur le hauban opposé à l'aide de la corde ou de la sangle afin d'aider le mât à amorcer sa descente, **à bonne distance de la trajectoire du mât !** comme sur la figure 14 :



Fig. 14 : Sangle pour tirer sur le hauban supérieur

Continuez à abaisser le mât en vérifiant en permanence que le mât et la flèche soient dans un plan verticale. Dans le cas contraire, avertissez les personnes placées aux massifs latéraux d'ajuster la tension des cordes afin de redresser la flèche.

Si le mât oscille, changez le rythme de la descente.



Fig. 15 : Descente du mât



En cas de problème, **arrêtez la manoeuvre.**

**Relâcher les tendeurs** ou même les serre-câbles **si les haubans sont trop tendus** (ne devrait pas arriver si les ancrages sont correctement alignés et au même niveau)

Une fois que l'éolienne commence à se rapprocher du sol, positionnez le tréteau afin qu'il supporte le mât sans que les pales ne touchent ni le sol, ni le tréteau lui-même.

Quand l'éolienne est à portée de main, il faut que deux personnes se saisissent **prudemment** du safran, et l'orientent de manière à ce que les pales soient **face au ciel** et ne puissent pas se retourner. Placez le safran en drapeau et maintenez-le contre une palette ou une table afin que l'éolienne soit bien stable.

Si vous ne pouvez pas remonter votre mât avant un long moment, **ne laissez pas le tirefort en place. Il ne doit pas être exposé à la pluie, neige, au sable...**  
Descendez la flèche et détachez le tirefort temporairement



Fig. 16 : Éolienne baissée, en appui

## 5.3 Démontage de l'éolienne

Selon le niveau de maintenance requis, vous n'aurez besoin que de démonter les pales et pas la génératrice. Dans ce cas, ignorez la partie «Démonter la génératrice et la nacelle», et à la prochaine section «5.4 Réassembler votre éolienne», référez-vous directement à la partie «Remonter les pales».

### Démontage des pales

Avant de commencer le démontage des pales, **assurez-vous qu'il y ait une marque** permettant de les positionner par rapport à la génératrice et aux tiges filetées.

Dans le cas contraire, faites une marque sur une des tiges filetées et sur le triangle comme sur la figure 17.

Retirez les écrous et les rondelles, et ôtez les pales doucement en poussant sur les trois pieds de pale en même temps. Stockez-les dans un endroit sûr, où rien ne pourra leur arriver.



Fig. 17 : Marque sur tige filetée et triangle

Si vous avez besoin de désassembler les pales, **assurez-vous** que chaque pale et les pièces qui les maintiennent (disque et triangle) **portent bien des marques** permettant de les repositionner correctement (voir fig. 18), **avant** de les désassembler.

**Si ce n'est pas le cas, repérez les avec des marquages.**



Fig. 18 : Marques sur les pales et le triangle

### Démontage de l'ensemble génératrice-nacelle

Tout d'abord, retirez le safran de son axe pendant que quelqu'un maintient la génératrice. S'il y a une rondelle libre entre le mât et la nacelle, ôtez-la.

Déconnectez **le câble triphasé** de la boîte de jonction, et retirez la génératrice et la nacelle de l'axe du mât.

Faites attention à ce que le câble ne glisse pas à l'intérieur du mât, **tenez-le !**  
Faites un nœud avec le câble en haut du mât pour l'empêcher de glisser.

Pour l'inspection de la génératrice, voir section 6.2 *Génératrice et nacelle*, p.23

## 5.4 Réassemblage de l'éolienne

### Remontage de la génératrice et la nacelle

Mettez en place la rondelle et appliquez généreusement de la graisse entre la rondelle et la tête de mât, sur la rondelle et autour de la tête de mât.

Faites passer un fil de fer dans le trou du haut de la nacelle, et servez-vous en pour passer le câble dans le tube pivot de la nacelle. **Vérifiez que le câble n'est pas coincé dans le mât.**

Connectez le câble triphasé à la boîte de raccordement, changez les dominos si besoin. Fixez le câble à la nacelle à l'aide de colliers de serrage plastique.

Graissez le pivot du safran.

Faites tourner la génératrice de manière à insérer le safran sur le tube pivot (voir fig 20). Le safran viendra se positionner sur le support afin d'avoir les **tiges filetées vers le haut** (voir fig 21).



Fig. 19 : Mise en place de la nacelle sur le mât



Fig. 20 : Installation du safran

### Remontage des pales

**Assurez-vous** que l'ensemble **génératrice-safran soit stable** avant d'ajouter les pales.

En vous référant au marquage des tiges filetées, placez et insérez prudemment les pales.

Disposez les rondelles et les écrous.

**Avant de les serrer à fond**, vérifiez la position des pales par rapport au mât : une par une, mesurez la distance entre le bout de chaque pale et le mât.

Répétez l'opération en ajustant le serrage jusqu'à ce que chaque bout de pale soit à égale distance du mât (resserrez l'écrou d'une pale trop loin).



Fig. 21 : Installation des pales

Fixez les contre-écrous et/ou appliquez du frein-filet sur chaque tige filetée.

## 5.5 Levage du mât

**Tout le monde se replace aux ancrages** comme décrit en 5.2 *Descente du mât*. **Au moins 2 personnes restent à côté de l'éolienne.** Assurez-vous que **la sangle soit toujours attachée** sur le hauban supérieur du massif de retenue.

Placez le manche du tirefort sur le levier de descente et commencez à lever le mât doucement, tout en maintenant le safran et les pales (voir fig. 22) pour empêcher qu'ils touchent le sol (et risquent d'être endommagés) en „s'ouvrant brusquement.

**Dès que le safran ne risque plus de toucher le sol plus personne ne doit se trouver sous le mât !**



Fig. 22 : Maintient du safran et des pales



Fig. 23 : Levage

Lorsque le mât s'approche de la position verticale, commencez à tirer sur la sangle du hauban supérieur en restant éloigné du plan du mât (côté massif de retenue) (voir fig.14, p.15). Cela permet d'éviter au mât un mouvement brutal pour se mettre en position verticale en raison du poids de la flèche qui le tire vers le plot de levage.

Enfin, contrôlez la verticalité du mât à l'aide d'un niveau (dans les 4 directions), ainsi qu'à l'œil pour le haut du mât (voir fig. 24 et fig. 25).

Contrôlez aussi la tension des haubans et ajustez-la si besoin. Resserrez les tendeurs et/ou ajustez la position des serres-câble.



Fig. 24 : Contrôle de la verticalité en bas du mât



Fig. 25 : Contrôle de la verticalité en haut du mât

**Avant** de retirer le tirefort, attachez la flèche à l'ancrage

Attachez la tête de la flèche au massif de manœuvre (voir fig26)

Une fois la flèche attachée avec sécurité, retirez le tirefort (crochet, manilles, etc.) et les sangles/cordes.

Assurez-vous que tous les haubans et les pièces d'attache comme les serres-câble, les tendeurs et les manilles soient bien attachés et sécurisés.

Sécurisez les tendeurs avec un câble de hauban ou un fil de fer (voir fig.27).



Fig. 26 Tête de flèche attachée au massif



Fig. 27 : Tendeurs sécurisés

Enfin, désactivez le frein pour relancer l'éolienne.

## 6. Entretien de l'éolienne

### 6.1 Pales

#### Pales en bois

Le bois est un excellent matériau pour construire des pales mais il nécessite un entretien régulier car le bout de pale tourne à plus de 200 km/h.

Contrôlez l'état global des pales. Repérez les fissures, trous et autres dégâts. Portez une attention particulière au bord d'attaque. S'il est endommagé, vous pouvez le réparer avec de la résine Epoxy. Il est également possible de le renforcer à l'aide de scotch spécial pales d'éolienne. Le scotch coûte cher mais donne un très bon résultat s'il est appliqué correctement.

Si vous remarquez des fissures sévères dans les veines du bois, il est possible que la pale ait besoin d'être remplacée.

Il est primordial de repasser une nouvelle couche de protection (huile de lin, polyuréthane, etc.) à chaque maintenance (poncer légèrement avant d'appliquer une nouvelle couche). Particulièrement si vous utilisez de l'huile de lin : elle doit être chauffée et appliquée en autant de couches que possible. Une autre option, moins respectueuse de l'environnement mais efficace, est d'utiliser du vernis polyuréthane, en plusieurs couches cela donne de bon résultats sur une longue durée.

Une solution pour faciliter l'entretien est de peindre les pales avec deux couches de peinture différentes. Lorsque la couleur d'en dessous devient visible, il est temps de faire une maintenance.

Vérifiez que les masselottes d'équilibrage soient bien fixées.

#### Pales en fibre de verre

Contrôlez la présence de fissures à la surface de la résine. Comblez-les à l'aide d'une résine époxy. Sinon, l'eau pourrait s'y infiltrer et endommager la totalité de la pale.

Il est aussi recommandé de nettoyer les pales régulièrement (les produits d'entretien pour vitres sont les plus efficaces).

#### Contreplaqués

Le contreplaqué de mauvaise qualité ne résiste pas longtemps aux conditions extérieures humides, sableuses ou salines.

Si une ou deux couches du contreplaqué se décollent (voir fig.28) : la retirer et appliquer sur toute la surface la même protection qu'utilisée précédemment sur les pales.

Remplacez le contreplaqué s'il est sérieusement endommagé.

Pour les zones humides il est conseillé d'utiliser du métal à la place des pièces de contreplaqué : triangle, cercle et safran.

Vous pouvez utiliser plusieurs rondelles larges sur chaque tige, ou une seule grosse « rondelle » pour les éoliennes de 3,60m et 4,20m, particulièrement sur site turbulent. (voir fig.29)



Fig. 28 : Contreplaqué endommagé



Fig. 29 : Grosse „rondelle“

## Équilibrage des pales

Contrôlez l'équilibrage des pales sur l'éolienne en marche. Si vous observez des oscillations rapides de gauche à droite au niveau du safran, les pales ont probablement besoin d'être équilibrées.

S'il n'y a pas de vent, vous pouvez aussi contrôler l'équilibrage des pales avec le mât allongé sur son tréteau.

Fixez correctement les masses d'équilibrage. Utilisez un nombre suffisant (au moins 2) de vis assez longues. Si elles venait à manquer l'équilibrage est perdu.

Si vous avez oublié comment équilibrer correctement vos pales, jetez un œil à votre manuel de construction !

## 6.2 Génératrice et nacelle

### Démontage de la génératrice

Cette étape ne doit être effectuée que si vous rencontrez l'un des problèmes suivants :

- Défaut des roulements
- Friction entre le rotor et le stator
- Eolienne à l'arrêt sans raison apparente

Elle doit aussi être effectuée tous les 3 ans.

Vous aurez besoin de 3 vis d'extraction pour réaliser cette étape.

**Attention de ne jamais placer vos doigts entre les deux rotors !**

Vis d'arrachement

Rotor

Stator

Nacelle



Fig. 30 : Démontage de la génératrice



Fig. 31 : Repères tige filetée / Rotor

La première étape est de retirer le premier rotor, puis le stator, et enfin le rotor de derrière :

Soyez vigilant à garder le rotor parallèle à l'autre en le retirant

Cherchez le trou marqué d'un repère (voir fig.31) et la tige filetée marquée qui indiquent la position d'assemblage.

Si vous n'en trouvez pas, faites de nouvelles marques sur les tiges et les deux rotors avant de les démonter.

**Il est primordial d'avoir ces repères.**

Dévissez les écrous du premier rotor.

Insérez les vis d'extraction dans les trous taraudés. Vissez-les simultanément afin que les deux rotors restent parallèles à tout moment.

Lorsque vous l'avez éloigné d'environ 10cm, le champ magnétique est devenu assez faible pour vous permettre d'ôter le rotor à la main.

Entreposez-le dans un endroit sec, à l'écart de tous outils métalliques.

Retirez le stator. Mémorisez sa position (normalement le câble vers le bas).



Fig. 32 : Rotor de devant démonté avec vis d'extraction



Fig. 33 : Traces de friction sur le stator

Si vous détectez un jeu important dans le moyeu, ouvrez-le complètement pour une vérification et un nettoyage, ou éventuellement changez les roulements (voir p.25).

Si la cloche du moyeu n'est pas soudée, dévissez les écrous à l'arrière du deuxième rotor et du moyeu, et ôtez tous les écrous du rotor arrière en ayant pris soin de marquer la position de chaque tige filletée.

Retirez le rotor arrière avec précautions, et entreposez-le dans un endroit sûr, à bonne distance du premier rotor (plus d'1,5m).

Contrôlez la présence de fissures dans la résine sur les rotors et stator, de signes de friction et de disparition de l'émail sur les bobines. Vous devez changer les aimants s'ils présentent des signes de corrosion (voir fig.32). Enlevez l'aimant corrodé en coupant la résine et remplacez-le par un neuf. Rebouchez l'espace manquant avec de la résine et repeignez l'ensemble du rotor.

Il arrive parfois que la résine se fissure sur les bords du rotor (voir fig.35). Ôtez la résine qui se détache et remplacez-la. Repeignez l'ensemble du rotor.



Fig. 34 : Rotor endommagé



Fig. 35 : Résine fissurée au bord du rotor



Fig. 36 : Stator devant être remplacé

Si le moindre fil de cuivre est désémaillé, vous devez y appliquer de la résine ou un peu de colle Epoxy. Vous devez aussi identifier la source du problème et le régler (voir Dépannage, p.40)

Contrôlez l'état du câble triphasé qui sort de la résine.

À l'aide d'un multimètre, vérifiez que vous ayez la même résistance entre chaque phases.

## Remplacer les roulements



Fig. 36 : Kit de roulements basique



Fig. 37 : Kit de roulements enrichi

Vous aurez parfois besoin de remplacer votre jeu de roulements.

La plupart du temps, vous pouvez rencontrer deux sortes de roulements :

- 1) Le kit de base (voir fig.36) avec deux roulements coniques et leurs cages.
- 2) Le kit complet, avec le kit de base ainsi que le joint spi, les écrous et la rondelle crantée, la goupille de blocage (en option) et le chapeau (en option)

**Souvenez-vous : vous devez changer les deux jeux de roulements à la fois.**

Nous vous recommandons de vous munir d'un kit complet : il est pratique d'avoir des pièces de rechange comme la goupille de blocage, et il est difficile de retirer le joint spi sans l'endommager. Si possible, préférez des marques de qualité telles que SKF ou SNR.

Assurez-vous de l'absence de poussière sur votre main et sur votre espace de travail lorsque vous remplacez les roulements.



Fig. 38 : Éclaté des deux roulements

Détachez délicatement le cache du moyeu à l'aide d'un burin.

Selon le type de moyeu : ôtez la goupille de blocage, et utilisez un burin pour en sortir l'écrou.

**Attention aux écrous : vous pouvez être en présence de filetage à gauche ou à droite.**

Enlevez le joint spi à l'aide d'un tournevis (voir fig 39). Si l'opération est réalisée délicatement vous pouvez réutiliser le joint.

Enlevez les cages des roulements à l'aide d'un chasse-goupille. Gardez le le plus droit possible et alternez les positions de frappe. Faites attention de ne pas endommager la partie qui accueille la cage du roulement (voir fig 40). Si vous avez abimé cette partie, passez la au papier de verre grain 400 jusqu'à ce que la surface soit lisse à nouveau.



Fig. 39: Démontage du joint spi



Fig. 40: Démontage cage du roulement

Pour remettre la nouvelle cage des roulements, utilisez l'ancienne que vous aurez préalablement découpé (avec une meuleuse) comme sur la fig 41. Utilisez un marteau assez large ou un marteau et une douille de bonne taille afin que l'avancement de la cage soit uniforme (voir fig 42). Un étau convient également pour cette opération.



Fig. 41: Cage découpée



Fig. 43: Véroillage de l'écrou



Fig. 42: Mise en place de la nouvelle cage à l'aide de l'ancienne

Attention à bien respecter le sens des cages des roulements.

Graisser l'ensemble roulement, cage collerette généreusement mais ne pas bourrez de graisse.

Commencez par mettre en place le roulement arrière dans la colerette, ajouter ensuite le joint spi. Mettez le tout sur la fusée. Ajoutez le deuxième roulement, puis la rondelle, puis l'écrou. Serrer l'écrou jusqu'à ce que „ça force“ et déserrez d'un quart de tour.

En fonction de votre roulement :

- Mettez l'écrou de sécurité et la goupille
- Bloquez l'écrou en le matant avec un burin (voir fig 43, p.26).

Mettez de la graisse dans le capot et le remettre en place à l'aide d'un maillet en bois.

Ci-dessous un lien pour une vidéo animée d'une montage/démontage d'un moyeu.

<http://www.tripalium.org/blog/default/post/id/330-nouvelle-video-danimation>

Certains membres du réseau rencontrent des problèmes avec les roulements coniques, notamment au niveau du jeu sur les éoliennes de grand diamètre (3m60 et 4m20) . Dans ce cas il est possible d'utiliser des roulements droit ne nécessitant pas de réglage de jeu.

### Assemblage de la génératrice.

Assemblez dans le sens inverse du désassemblage. Faites très attention quand vous manipulez le rotor magnétique. Utilisez les marques de repérage pour être sûr que les aimants soient les uns en face des autres.

Assemblez tous les éléments et serrez bien tous les écrous.

Dévissez les vis d'extraction simultanément jusqu'à ce que vous puissiez les retirer librement.

Appliquez du frein filet sur toutes les tiges filetées du stator, ainsi que les boulons à l'arrière du moyeu. Une goutte de frein-filet suffit.

Vérifiez que l'écartement entre les rotors et le stator soit compris entre 2 à 3 mm.

Contrôlez la tension entre deux phases en faisant tourner la génératrice à 60 tr/min (voir tab 6).

Vous pouvez ajuster l'écartement en ajoutant ou en enlevant des rondelles et des écrous.

Tab. 6 : Tension entre 2 phases à 60 tr/min

| Ø Turbine   | 1m20 | 1m80 | 2m40 | 3m00 | 3m60 | 4m20 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| <b>12V</b>  | 1,9  | 2,3  | 2,9  | 3,5  | 4,2  | 5,2  |
| <b>24V</b>  | 3,4  | 4,2  | 5,3  | 6,5  | 7,7  | 9,4  |
| <b>48V</b>  | 6,8  | 8,4  | 10,6 | 12,9 | 15,6 | 18,8 |
| <b>350V</b> | -    | -    | -    | 41,6 | 62,6 | 52,2 |

## Connexions électriques

Vérifiez l'état de la boîte de raccordement.

Vérifiez aussi le serrage des dominos. Cela pourrait s'avérer salutaire pour votre éolienne : il est déjà arrivé qu'une éolienne soit sauvée, uniquement rattachée par les blocs de connexion électrique (voir fig.44).



Fig. 44 : Chute évitée grâce aux dominos



Fig. 45 : Tube de safran renforcé

## Nacelle et tube du safran.

Contrôlez la présence de rouille et de fissures dans les soudures de la nacelle métallique.

Contrôlez toutes les autres parties tournantes (tube pivot du safran), et si nécessaire, regraissez-les. Contrôlez l'état de la rondelle libre s'il y en a une, et remplacez-la si nécessaire.

Nous recommandons la présence d'une rondelle soudée et d'une rondelle libre entre la tête de mât et le tube pivot du safran.

Il arrive que le safran et le tube pivot de la nacelle soient sujets à une usure importante et nécessitent d'être remplacés.

Contrôlez la présence de fissures dans les soudures de la nacelle et du safran. On peut voir ci-contre en figure 46 une fissure sur le tube pivot du safran à cause d'une butée basse sur un site très turbulent. Cette éolienne de 3,60m n'avait que 2 ans.



Fig. 46 : Tube du safran fissuré

Si nécessaire, renforcez la structure comme sur la photos 45.

Contrôlez aussi le serrage de tous les écrous du safran et mettez du frein-fillet.

Une production étonnamment faible peut être due à un safran trop léger. Vous pouvez y ajouter du poids, ou vérifiez la surface et l'épaisseur du contreplaqué de la plaque de votre safran.

Si vous constatez des fissures dans le bois au niveau des cornières, vous pouvez prolonger le tube du safran jusqu'au bout de la plaque, et renforcer en rajoutant des renforts verticaux.

Mettez en place l'alternateur sur la tête de mât et les pales sur l'alternateur.

## 6.3 Mât et fondations

### Mât



Fig. 47 : Manille sécurisée



Fig. 48 : Hauban rouillé



Fig. 49 : Boîte de raccordement habitée

Soyez particulièrement attentif au tube pivot du mât, qui est la partie la plus sujette à l'usure.

Vérifiez manuellement tous les serrages des écrous du mât, du pied de mât et de la flèche, des tendeurs et des manilles.

Pensez à ajouter du frein filet lorsque vous les resserez.

Vérifiez que les cosses-cœur soient en position.

Vérifiez que les serres-câble soient bien serrés.

S'ils commencent à rouiller, vous pouvez les protéger avec de la graisse.

Vérifiez que les manilles soient bien sécurisées (voir fig.47).

Vérifiez que les tendeurs soient sécurisés et leurs écrous bien serrés.

Contrôlez l'état général des haubans. En cas de rouille, et même de rouille sévère (voir fig. 48), vous pouvez protéger les câbles en les faisant tremper dans de l'huile de moteur usagée. Utilisez de l'essence si l'huile a besoin d'être diluée.

Si des torons ont rompu, vous devez changer le câble.

Souvenez-vous que des câbles de haubans en acier galva de haute qualité auront une durée de vie plus longue, même soumis à des conditions difficiles. En cas de conditions extrêmes, choisissez des haubans et des fixations en acier inox.

Contrôlez l'état général des câbles au pied de mât. Il s'agit d'une pièce d'usure qui nécessite d'être changée de temps en temps, selon les turbulences du site et la qualité du câble. Désentortillez le câble au pied du mât.

Dégagez la terre, le sable, etc. qui pourrait empêcher le câble de bouger librement au pied du mât.

Vérifiez l'état de la boîte de dérivation, ou de la prise au pied du mât.

Vérifiez aussi que les barrettes de connexions ne soient pas trop oxydées.

Si votre boîte de raccordement a été élue comme domicile, faites-y place nette (voir fig.49).

## Fondations

Les ancrages sont le support de tout votre système.



Fig. 50 : Point de faiblesse sur une chaîne



Fig. 51 : Ancrage sécurisé

Dans le cas de fondations béton :

- contrôlez la présence de failles dans le béton
- contrôlez l'état de la chaîne/crosse/... qui sort du béton et est ainsi exposée à l'usure et aux intempéries
- nettoyez le socle du mât, surtout en milieu sablonneux

Si vous avez utilisé une chaîne rattachée à des ancrages enterrés, creusez un petit peu pour contrôler son état. Même les chaînes galvanisées de haute qualité peuvent rouiller dans la terre (voir fig. 48). Remplacez la chaîne si elle est rouillée.

Dans le cas d'ancrages réalisés avec des pieux enfoncés, assurez-vous que les pieux ne prennent pas trop de jeu et ne remontent pas sur leur axes. Si vous avez à régler souvent la tension des haubans cela peut être un indicateur que les pieux prennent du jeu.

Dans le cas où les pieux bougent trop, sécurisez les avec un second comme sur la photo 49 et **contrôlez fréquemment**.

**Gardez en tête que cette solution ne doit être envisagée que pour des ancrages provisoire. Les ancrages de ce type ont tendance à bouger sérieusement avec le temps plusieurs cas de chutes ont été constatés.**

## 6.4 Installation électrique

### Contrôle sur machine en fonctionnement

**Il y a un risque de haute tension durant cette phase de test : soyez prudent.**

Les recommandations qui suivent concernent aussi bien les installations en site isolé ou raccordées au réseau.

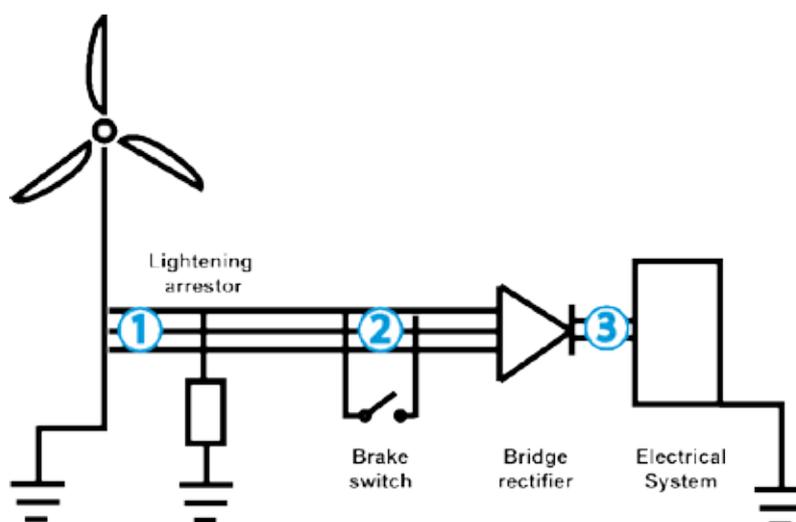


Fig. 52 : Schéma électrique

Pour identifier un problème électrique, contrôlez la tension entre les phases en bas du mât (1) sur la figure 52, au niveau du frein (2), et au niveau du bus continu après le pont de diode (3).

Si la tension entre deux phases est de zéro, soupçonnez un court-circuit au niveau du câblage ou de la génératrice. Un couple „pulsatif“ qui réfrène les pales indique un court-circuit entre 2 des 3 câbles.

En cas de court-circuit, un test simple consiste à déconnecter le câble du mât. **Attention lors de cette opération l'éolienne est libre la tension peut atteindre des valeurs dangereuses.** Si l'éolienne ne démarre toujours pas, c'est que le court-circuit est plus haut : au niveau du câble dans le mât ou de la génératrice. Si au contraire l'éolienne démarre, c'est que le court-circuit est ailleurs (câblage, pont de diodes, régulateur, onduleur).

L'absence totale de courant peut provenir d'un :

- court circuit dans les bobinages du à une bobine brulé ou un défaut d'isolation se révélant dans les conditions humides
- un domino débranché
- câble coupé

Dans ces cas, descendez l'éolienne pour contrôler la tension de sortie du stator.

Les problèmes électriques peuvent évidemment affecter la production énergétique. Une diode grillée dans le pont redresseur ou une mauvaise connexion dans un câble aura un impact sur la production. Ces défauts provoquent une vibration sourde de la machine, ainsi qu'une tension et un courant inégaux au niveau des 3 câbles.

## Site isolé

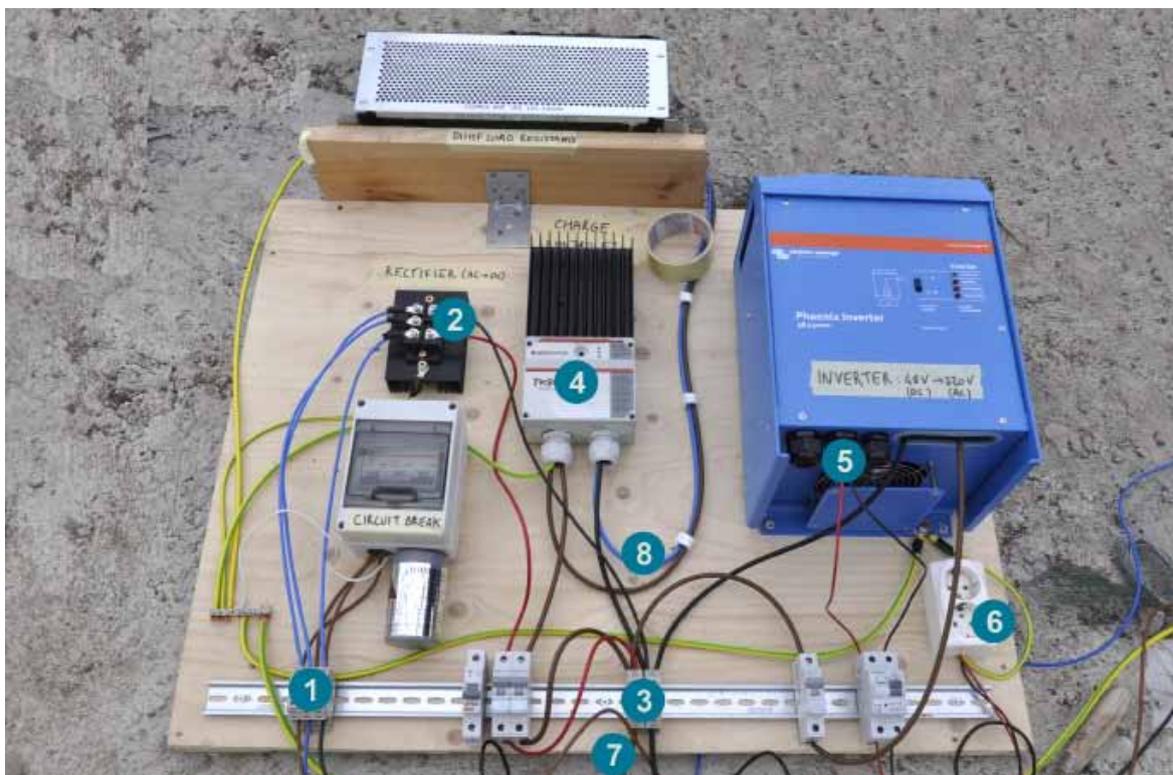


Fig. 53: Tableau électrique en site isolé

### Explications de la figure 53 :

Mesurez la tension AC entre chaque phase, elle doit être la même entre les 3 (1).

Le fonctionnement du pont de diode peut être vérifié en mesurant la tension DC (2).

Contrôlez aussi la tension DC en différents points du circuit : au niveau des batteries (3), du régulateur de charge (4), de l'onduleur (5). Elle doit être la même partout.

Contrôlez la sortie AC au niveau de l'onduleur (6). Si vous avez un ampèremètre, vérifiez s'il y a du courant qui passe dans les batteries (7) et/ou dans la résistance de débordement (8).

Si votre système est pourvu d'un moniteur de batteries, vérifiez que la tension et l'ampérage soit dans la même plage. Si vous remarquez une différence significative, il est possible que vous ayez besoin de réinitialiser votre moniteur (en ce cas référez-vous à son manuel d'utilisation).

Vérifiez que les LEDs et l'écran fonctionnent sur le régulateur de charge.

Si la tension de la batterie est trop basse (inférieure à la moitié de sa puissance nominale), un cas de décrochage aérodynamique peut advenir : la batterie agit comme un frein et empêche l'éolienne de tourner assez vite pour entraîner sa charge.

## Site raccordé au réseau

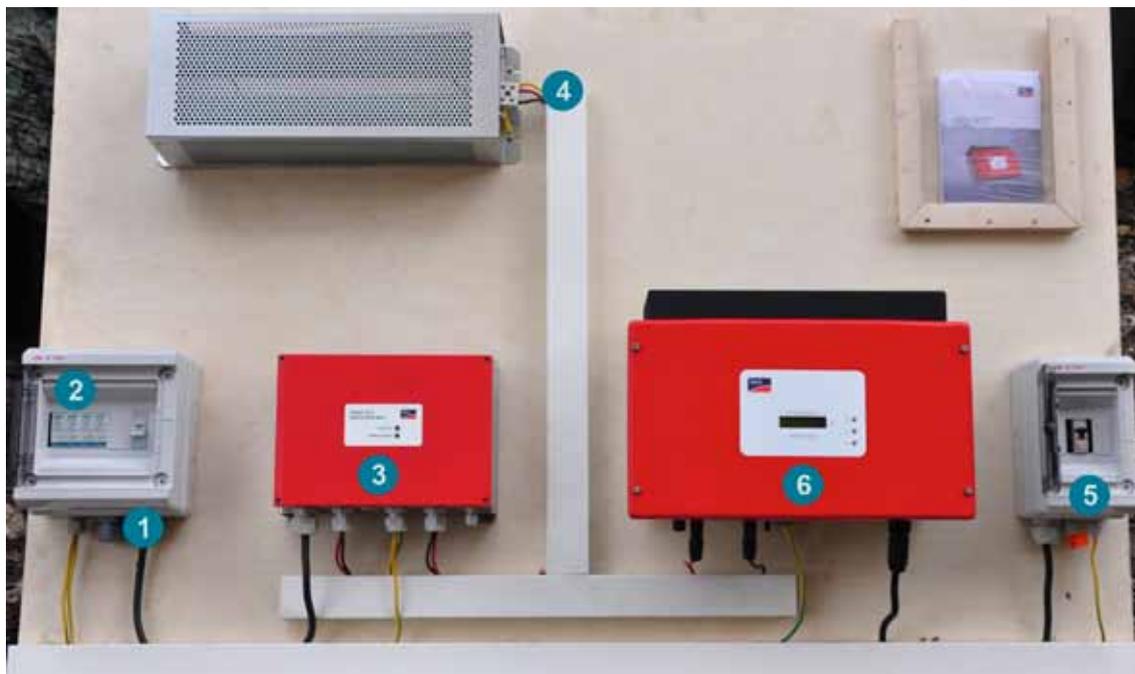


Fig. 54 : Tableau électrique pour site raccordé au réseau

### Explications de la figure 54 :

Contrôlez la tension d'entrée de l'éolienne (1).

Contrôlez le parafoudre (2).

Mesurez la tension DC entre le contrôleur de charge (3) et l'onduleur (6) grâce à un ampèremètre ou l'écran de l'onduleur (fonctionne uniquement si l'éolienne est en marche).

Vérifiez le fonctionnement de la résistance de débordement (4) en coupant le réseau (5).

Vous pouvez vérifier la production quotidienne/mensuelle et/ou annuelle sur l'écran de l'onduleur, et que les valeurs sont cohérentes (en les comparant aux estimations moyennes de la puissance du vent) (6)

Surveillez les messages d'erreurs de l'onduleur (6).

## Contrôle sur l'éolienne en court-circuit

Les recommandations qui suivent concernent les installations en site isolé ou raccordées au réseau.

À ce stade il est probable que vous deviez descendre votre éolienne pour des vérifications plus poussées. Activez le frein de l'éolienne (voir fig. 8 p.12).

Dépoussiérez l'ensemble des composants électriques (ventilateur, dissipateur de chaleur, résistance de débordement, etc.) pour faciliter leur refroidissement.

Vérifiez les serrages de toutes les connexions, Une mauvaise connection peut provoquer des étincelles et favorise les risques d'incendie.

Contrôlez que tous les connectiques «terre» et les parties métalliques (régulateur de charge, résistance de débordement, etc.) sont relié.e.s à la terre grâce à un multimètre en position «ohmmètre». Vous devez obtenir un « bip », ou « OL », ou un petit symbole ohm  $\Omega$  (voir fig. 55)



Fig. 55 : Multimètre en position „ohmmètre“



Fig. 56: Test d'un pont de diode

Vérifiez les diodes avec un multimètre équipé de la fonction test de diode (voir fig 56) :

- Diodes qui fonctionne :
  - dans le sens passant du courant : 0,2 to 0,8V
  - dans le sens inverse : „OL“
- Diodes défectueuses : „OL“ dans les deux directions
- Diodes en court circuit: 0 à 0,4V de chute de tension dans les deux sens.

Si vous n'avez pas la fonction test de diode, utilisez la fonction Ohmmètre du multimètre ( $\Omega$ ).

- Diode qui fonctionne :
  - Dans le sens passant : une diode qui fonctionne, la résistance doit être comprise entre 1000 $\Omega$  to 10M $\Omega$ .
  - Dans le sens inverse : Le multimètre doit afficher „OL“ pour une diode qui fonctionne.
- Diode défectueuse : L'affichage est le même dans les deux directions.

## Site isolé

Contrôlez la tension du banc de batteries, ainsi que la tension de chaque batterie individuellement.  
Pour les batteries plomb ouvert : contrôlez le niveau d'eau distillée en ouvrant le bouchon. La plaque de plomb doit être entièrement immergée. Dans le cas contraire, rajoutez de l'eau distillée.

Contrôlez les connecteurs du groupe de batteries. Les connecteurs oxydés doivent être nettoyés à l'aide de papier de verre, et protégés avec de la graisse (voir fig. 57).

Vérifiez l'état des fusibles à l'aide de votre multimètre en position « ohmmètre » (voir fig. 55, p.34).

Contrôler autour de la résistance de débordement à la recherche de signes de surchauffe ou de brûlure. Assurez vous également que la température à cet endroit ne soit ni trop élevée ni trop basse (voir recommandations p.7). Un emplacement humide est également déconseillé.

La résistance doit pas être fixées sur du matériel non inflammable béton, béton cellulaire...

Si vous devez remplacer un câble ou un composant électronique, déconnectez auparavant le fusible de la batterie ou débranchez-la. Testez à l'aide d'un multimètre qu'il n'y a plus de tension dans le système.



Fig. 57: Connecteur graissé

## Site raccordé au réseau

Contrôlez autour de la résistance de débordement et de l'onduleur à la recherche de signes de surchauffe ou d'inflammation.

## 7 Fréquence des opérations

Tab. 7 : Fréquence des opérations

| Fréquence                     | Opérations   | Durée        | Méthode (observation, outil de contrôle...)   |
|-------------------------------|--|--------------|---|
| Au cours de la 1ère année     | Pendant le 1er mois<br>-Contrôle régulier de l'installation électrique (batteries et composants)<br>-Contrôle sensitif (son et observation) de l'éolienne<br>-Inspection régulière du câble au pied du mât afin de définir la fréquence de désentortillement nécessaire<br>-Contrôle du fonctionnement du frein : l'actionner et vérifier que l'éolienne s'arrête efficacement<br>-Contrôle des vibrations du mât<br>-Un problème dans les roulements peut être détecté en collant son oreille au mât à la recherche de bruits anormaux<br>-Vérification de la tension des haubans | 30 minutes   |     |
| Après 6 mois                  | Descendre l'éolienne et contrôlez :<br>-Les écrous dévissés, l'absence d'écrous, la présence de rouille, l'état des soudures, l'usure des pales, le serrage de tous les écrous, les connexions électriques, l'équilibrage des pales<br>-Si nécessaire, retirer les pales pour inspecter la géné<br>-Vérifier que les tubes pivots puissent pivoter librement, graissez les si nécessaire.  | 0,5 à 1 jour |     |
| Après 1 an                    | Voir partie 5, «Levage et descente du mât» p.12.<br>Contrôle de l'usure et de la corrosion de tous les éléments de l'éolienne.   | 1 jour       |     |
| Mensuellement                 | Contrôle de tous les éléments avec éolienne en fonctionnement :<br>-Système électrique (tension des batteries et données de l'onduleur)<br>-Tension des haubans (+serrage et corrosion des fixations)<br>-Fondations, pied de mât et ancrages<br>-Contrôle visuel et acoustique de l'éolienne (écrous manquants, rotation anormale et/ou vibration, etc.)  | 30 min       |     |
| Annuellement (anniversaire !) | Descendre l'éolienne et effectuer tous les contrôles décrits en partie 6 :<br>-Pales<br>-Génératrice (et éventuellement roulements)<br>-Nacelle et safran<br>-Tube pivot du mât<br>-Mât et haubans   | 1 à 2 jours  |    |
| Tous les 3 ans                | -« Maintenance annuelle » + démontage complet génératrice et roulements<br>-Repeindre les parties métalliques + nouvelle couche sur les pales  | 2 jours      |   |
| Après 9 ans                   | -Identique à la maintenance tous les 3 ans + changement probable de l'onduleur et des batteries<br>-remplacer les pales et haubans si nécessaire   | 3 jours      |   |

## 8 Check list



Contrôle sensoriel  
(vue, ouïe)



Contrôle avec outils



Contrôle au multimètre

### Contrôle lorsque l'éolienne est en fonctionnement

Ces contrôles doivent toujours s'effectuer par vent inférieur à 7m/s

|  |   |
|--|---|
| S'assurer qu'il n'y ait pas de bruits anormaux et/ou de vibration lorsque l'éolienne tourne  |    |
| Vérifier que l'installation électrique fonctionne normalement  |  |
| Freiner l'éolienne avec l'interrupteur sectionneur<br>Pour les éoliennes raccordées au réseau : déconnecter le réseau.   |   |
| Inspecter chacun des points d'ancrage. S'assurer de la sécurité de tous l'accastillage et de la bonne tension des haubans. Vérifier qu'il n'y ait pas de torons rompus, et que les tendeurs soient sécurisés. Contrôler l'état des ancrages (béton, chaînes, etc.) |  |
| Installer le tirefort et la flèche.  |  |
| Descendre l'éolienne et continuer les vérifications en se référant aux documents ci-dessous  |   |

## Éolienne

|   |   |
|---|---|
| <p>Pales, contrôlez :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• présence de fissures visibles dans le bois ou la fibre de verre, en particulier en pied de pale,</li> <li>• présence d'éventuels dégâts sur le bord d'attaque ou bord de fuite,</li> <li>• l'état de la peinture –en cas de pales peintes- ou du vernis,</li> <li>• la présence et la fixation des poids d'équilibrage.</li> </ul> <p>Contrôlez la présence d'éraflures ou de dommages dans la résine des rotors et stator.</p> <p>Contrôlez la présence de fissures sur la nacelle et de rouille au niveau des soudures.</p> <p>Vérifiez l'état du câble en pied de mât et au niveau du passe câble de sur la nacelle.</p> <p>Contrôlez la présence de fissures ou d'écrou dévissés sur le tube du safran et sa plaque.</p> |    |
| <p>Contrôlez le serrage des écrous des tiges filetées.</p> <p>Vérifiez l'état du joint et la présence de graisse au niveau du moyeu.</p> <p>Vérifiez le jeu au niveau du moyeu.</p> <p>Vérifier l'état des connexions au niveau de la boîte de raccordement et son état général.</p> <p>Inspectez l'état du pivot du safran, sa mobilité, son besoin d'être graissé ou non.</p>   |    |
| <p>Relâchez le frein de l'éolienne et vérifiez que la génératrice tourne librement.</p>   |   |
| <p>Mesurez la résistance entre chaque phase.</p>  |  |

## Mât et haubannage

|   |   |
|---|---|
| <p>Contrôlez l'entortillement du câble et son état.</p> <p>Contrôlez l'état des soudures du mât</p>   |  |
| <p>Contrôlez le serrage des serres-câble.</p> <p>Assurez-vous que les manilles du mât soient sécurisées et/ou bien vissées.</p> <p>Contrôlez le serrage des boulons (mât et pied de mât).</p> <p>Contrôlez la connexion à la terre pour les haubans, le mât et le piquet de terre.</p> <p>Vérifiez l'état des connexions au niveau de la boîte de raccordement et son état général.</p> |  |

## Installation électrique

|  |   |
|--|---|
| Inspection visuelle à la recherche de signes de surchauffe.        |  |
| Vérifiez qu'il n'y ait pas d'éléments rouillés (vis, cosses, etc.) |   |
| Dépoussiérez tous les appareils électriques.                       |  |
| Vérifiez le serrage des connexions électriques.                    |   |
| Contrôlez l'état du pont de diode.                                 |  |
| Vérifiez la mise à la terre.                                       |   |

### Uniquement pour les systèmes sur batterie

|  |   |
|--|---|
| Contrôlez l'état général des batteries et le niveau d'eau (si batterie plomb ouvert). Rajouter de l'eau distillée si nécessaire. |  |
| Contrôlez le serrage des connexions électriques.   |  |

### Uniquement pour les systèmes raccordés au réseau

|  |   |
|--|---|
| Vérifier la conformité des valeurs données par l'onduleur :<br>La production énergétique correspond-elle aux estimations de vent du site d'installation concerné ?<br>Les données sont-elles bien enregistrées ? |  |
|--|---|

## 9 Dépannage

Le tableau ci-dessous propose une liste non-exhaustive des ennuis et dégâts que vous pouvez rencontrer avec votre éolienne :

Tab. 8: Dépannage

| Constat   | Diagnostic  | Problème  | Solution   |
|---|---|---|--|
| <b>Les pales ne tournent pas</b>                  | Moyeu coincé  | Manque de graisse   | Ajoutez de la graisse dans le moyeu  |
|   |   | Entrée d'eau dans le moyeu  | Remplacez les éléments corrodés et le joint spi  |
|   |   | Écrou trop serré  | Desserrez l'écrou  |
|   |   | Roulements hors d'usage   | Remplacez les roulements   |
|   | Glace dans la génératrice   |   | Attendez que les températures remontent  |
|   | Glace sur les pales   |   | Attendez que les températures remontent / retravailler les pales pour les rendre plus lisses                                     |
|   | Tension des batteries   | Batteries en dessous de la tension affichée (ex 12V)                            | Rechargez les batteries, possibilité de devoir les remplacer   |
| Le frein est activé                               |   | Désactivez le frein   |  |
| <b>Les pales tournent lentement par vent fort</b> | Stator et rotor se touchent (bruits de frottement et de friction à faible régime) | Entretoise trop faible  | Augmentez l'espace entre le stator et le rotor (puis appliquer du frein-filet sur les tiges)                                     |
|   |   | Grossissement d'un aimant dû à la corrosion                                     | Remplacez l'aimant concerné  |
|   |   | Roulements endommagés   | Remplacez les roulements   |
|   | Présence de limaille entre stator et rotor  |   | Faire délicatement tourner l'hélice à la main, tout en délogeant les débris à l'aide d'un bout de plastique ou de ruban adhésif. |
|   | Court-circuit   | Câble d'alimentation coincé en haut ou en bas du mât                            | Nettoyez le pied de mât et décoincer en tête de mât.   |
|   |   | Stator HS à cause d'un safran trop lourd  | Construisez un nouveau stator et allégez le safran   |
|   |   | Pont de diode HS  | Identifiez le problème et remplacer le pont de diode   |
|   |   | Le frein est activé   | Désactivez le frein  |
|   |   | Onduleur réseau HS  | Identifiez le problème et remplacez l'onduleur   |
|   |   | Régulateur HS   | Identifiez le problème et remplacez le régulateur  |
|   | Régulateur HS   | Toute la production part dans la résistance de délestage et vide les batteries. | Identifiez le problème et remplacez le régulateur  |
|   |   | Mauvaise connexion d'un câble (e.g. mauvaise connexion du câble d'alimentation) | Refaire la connexion   |

Tab. 8: Dépannage

| Constat  | Diagnostic                                  | Problème   | Solution   |
|--|---|--|--|
| <b>Les pales tournent trop vite, peuvent même émettre un sifflement</b>            | L'éolienne tourne à vide                    | Câble abimé ou pas connecté  | Contrôlez les connexions électriques et les fusibles                             |
|  |   | Résistance de délestage déconnectée  | Reconnectez la résistance  |
|  |   | Pont de diode HS   | Identifiez le problème et remplacer le pont de diode                             |
|  |   | Régulateur HS  | Identifiez le problème et remplacer le régulateur                                |
|  |   | Pas de réseau et la tension est en dessous du seuil de délestage             | Le problème va se résoudre lorsque la tension va atteindre le seuil de délestage |
|  | Problème au niveau de la génératrice        |  | S'assurez que les aimants se font face   |
|  |   |  | Espace trop grand entre stator et rotor  |
| Résistance de délestage  | Résistance mal dimensionnée                 | Changez la résistance  |  |
| Batteries  | Parc batteries trop petit                   | Augmentez la puissance du parc batteries                                     |  |
| <b>Pale(s) cassée(s)</b>   | Safran dans les pales                       | Mauvaise soudure de la butée haute/basse                                     | Refaire les soudures et/ou rajouter des pièces de métal pour renforcer le safran |
|  |   | Mauvais équilibrage entraînant une vibration excessive (et le safran saute)  | Équilibrez les pales / vérifiez le vissage des poids d'équilibrage               |
|  | Perte d'une masse d'équilibrage             | Mauvaise quantité, taille ou qualité des vis utilisées pour fixer les masses | Corrigez le défaut   |
|  | Mauvaise qualité du bois ou pale trop fine  |  | Mauvaise qualité du bois ou pale trop fine                                       |
| <b>Le safran, la géné et le mât vibrent à toutes ou certaines vitesses de vent</b> | Mauvais équilibrage des pales               |  | Ré-équilibrez les pales  |
|  | Haubans trop lâche                          | Contrôler la tension des haubans   | Augmentez la tension, changer ou ajouter les tendeurs.                           |
|  |   | Vérifiez qu'il n'y ait pas de défaut au niveau des ancrages                  | Refaire les ancrages / y ajouter du poids  |
| <b>Safran tombé au sol</b>   | Mauvais équilibrage des pales               |  | Ré-équilibrez les pales  |
|  | Ré-équilibrer les pales                     |  | Renforcez le safran  |
| <b>Bruit excessif</b>  | Bord de fuite trop épais                    |  | Re-sculptez le bord de fuite   |
|  | Trou dans une pale                          |  | Le boucher avec de la résine ou produit équivalent                               |
|  | Les pales ne tournent pas dans le même plan |  | Corrigez le plan des pales   |

Tab. 8: Troubleshooting

| Observation                             | Diagnostic   | Problème  | Solution  |
|---|--|---|---|
| <b>Bruit excessif (vibration)</b>       | Roulements endommagés                                |   | Remplacer les roulements  |
|   | Ronronnement de la génératrice                       | Vibration dans les bobinages avec du fil fin.               | S'assurez que les bobines soient bien ajustées et bien serrées. Augmenter le nombre de phases du stator |
|   | Pale(s) déséquilibrée(s)                             |   | Ré-équilibrez les pales   |
| <b>Batteries qui ne se chargent pas</b> | Résistance de débordement en fonctionnement constant | Régulateur HS (éventuellement causé par la foudre)          | Identifiez le problème et remplacer le régulateur   |
|   |  | Les batteries sont pleines, la consommation est trop faible | Invitez des amis à la maison  |
|   | Les batteries ont atteint leur fin de vie            |   | Changez le parc batterie.   |
|   | Consommation domestique excessive                    |   | Réduire vos besoins ou augmenter la capacité de production de votre système                             |
| <b>Pas d'injection dans le réseau</b>   | Connexion électrique                                 |   | Contrôlez l'emplacement de la phase du neutre et de la terre entre le réseau et l'onduleur              |
|   |  | Câble déconnecté  | Reconnectez le câble  |
|   | Réseau déconnecté                                    |   | Attendez que le réseau revienne   |
|   | L'onduleur surveille le réseau.                      |   | Attendez que l'onduleur se connecte   |
|   | Problème de génératrice                              |   | Voir au dessus „pales tournent trop vite“   |
| <b>Production faible</b>                | Connexion électrique                                 | Diode HS  | Changez le pont de diode  |
|   |  | Mauvaise connexion d'un fil                                 | Refaire les connexions/changer le câble   |
|   | Système de mise en drapeau                           | Mise en drapeau trop tôt                                    | Ajoutez du poids/changer la plaque du safran  |
|   | Ressource en vent                                    | Site avec un faible potentiel                               | Augmentez la hauteur du mât   |

## 10 Fiche de suivi

**Tab. 9 : Fiche de suivi**

| Date de première mise en service de l'éolienne : |     |  |                     |                  |                     |
|--|-----|--|---------------------|------------------|---------------------|
| Date   | Qui | Type de maintenance<br>(1 mois, 1 an, réparation...) | Problème/Diagnostic | Travaux effectué | Production<br>(kWh) |
|  |     |  |                     |                  |                     |
|  |     |  |                     |                  |                     |
|  |     |  |                     |                  |                     |

## 10 Fiche de suivi

Tab. 9 : Logbook

| Date | Qui | Type de maintenance<br>(1 mois, 1 an, réparation...) | Problème/Diagnostic | Travaux effectué | Production<br>(kWh) |
|------|-----|--|---------------------|------------------|---------------------|
|      |     |  |                     |                  |                     |
|      |     |  |                     |                  |                     |
|      |     |  |                     |                  |                     |
|      |     |  |                     |                  |                     |

## Annexe [Petit musée des horreurs]



Fig. 58: Batteries grillées



Fig. 59: Rupture des haubans



Fig. 60 : Roulement détérioré



Fig. 61 : Ancrage brisé



Fig. 62 : Tube pivot de safran cassé



Fig. 63 : Stator brûlé



Fig. 64 : Régulateur brûlé



Fig. 65 : Perte d'un poids d'équilibrage



Fig. 66 : Hauban rouillé



Fig. 67 : Rotor rouillé



Fig. 68 : Tige filetée trop longue



Fig. 69 : Haubans trop tendus

## Annexe [Petit musée des horreurs]

**Batteries grillées (fig. 58) :** Voilà ce qui arrive lorsque vous utilisez votre meuleuse à côté de votre groupe de batterie en charge...

**Rupture des haubans (fig.59) :** Un hauban lache et...

Mesure de prévention : des haubans de bonne qualité , bien dimensionnés, serrage correct de l'accastillage.

**Roulements cassés (fig.60) :** Jeu dans le roulement et absence de joint spi : humidité dans le roulement, destruction des roulements, rotor qui touche le stator endommageant rotors et stator.

Solution: Garder ou ajouter le joint spi. Limiter le jeu au maximum sur les roulements coniques ou utiliser des roulements droit.

**Ancrage brisé (fig.61) :** Un vent de 22 m/s a achevé de découper une chaîne rattachée aux haubans, déjà érodée à cause du sable, entraînant la chute de l'éolienne et du mât. La goupille au pied de mât a sauté, ne pouvant empêcher sa chute. Les pales, la nacelle et le safran ont été détruits. Le mât déformé mais réutilisés. Seuls les rotors ont échappé au désastre.

Mesure de prévention : Remplacer les haubans et les chaînes dès les premiers signes d'usure et couler les chaînes dans le béton.

Solution : un nouveau pied de mât, un nouveau stator, un nouveau safran et une nouvelle nacelle, et un nouveaux câble triphasé, des nouveaux haubans.

**Tube pivot de safran cassé (fig.62) :** Sur site très turbulent, le câble dans le mât effectue au moins 30 tours par mois !

Le safran se déplace sans cesse de haut en bas, provoquant ainsi des fissures dans le tube pivot, au niveau de la butée basse.

Solution : Renforcez les soudures (voir fig.43, p.28) si votre éolienne est installée sur un site très turbulent.

**Stator brûlé (fig.63) :** Éolienne mise en court-circuit trop longtemps. Accident entraîné par un jour de grand vent.

Mesure de prévention : Si des vents forts sont prévus, laissez votre éolienne tourner normalement plutôt que la mettre en court-circuit.

**Régulateur Tristar brûlé (fig.64) :** Tristar ayant brûlé en raison d'un problème avec une batterie, les batteries se sont vidées dans la résistance de délestage.

Solution : Vérifier votre parc batteries. Bien dimensionner régulateur et résistance de délestage (ex : si votre système atteint 40 A au maximum un régulateur de 45 A est sous-dimensionné).

**Perte d'une masse d'équilibrage (fig.65) :** La perte d'une masse sur une pale a entraîné un déséquilibre sévère. Le pilote était absent à ce moment là. L'éolienne a sûrement été secouée pendant quelques jours avant de tomber du mât.

Solution : Utilisez au moins 2 vis par poids d'équilibrage, inox et assez longues.

**Hauban rouillé (fig.66) :** Des haubans neufs et de haute qualité après seulement 6 mois, sur un site proche de l'océan et sablonneux.

Solution : utilisez de l'huile de moteur mélangé avec de la graisse pour les protéger de la corrosion.

**Rotor rouillé (fig. 67) :** Lors d'une maintenance préventive, des fissures dans la résine, ainsi qu'un petit espacement entre la résine et le disque en acier, ont été observées. Le bloc de résine a ainsi pu être facilement décollé du disque, qui avait rouillé sous la résine.

Solution : repeignez le rotor à chaque maintenance. Peindre ou galvanisé le disque avant d'y poser les aimants reste la meilleure solution.

**Tige filetée trop longue (fig.68) :** Safran qui a heurté les pales un jour de grand vent. Les dommages auraient pu en rester la si les tiges avait été plus courtes.

Solution : Soyez précis et rigoureux surtout sur les éoliennes de grande taille.

**Haubans trop tendus (fig.69) :** Ce mât tordu est la conséquence de haubans trop tendus.