

# Projet éolien de Château Gontier et Meslay Grez

Département de la Mayenne

Octobre 2012

## Présentation de l'aérogénérateur

### Enercon E82



Annexe 8

# Description technique

## E-82 E2

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:	Translation information
Author/date: M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date:: LV / 13.03.06
Department: SL	Revisor /date: SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision: 000	Reference: fre.doc

Table des matières

- 1 Description succincte .....3**
- 1.1 Le concept ENERCON.....4
- 1.2 Rotor .....6
- 1.3 Générateur.....6
- 1.4 Unité d’alimentation au réseau .....7
- 1.5 Commande d’orientation de la nacelle.....9
- 1.6 Système de sécurité.....9
- 1.7 Système de commande..... 10
- 2 Système de commande de l’éolienne .....12**
- 2.1 Déclenchement des capteurs de sécurité..... 12
- 2.2 Démarrage de l’éolienne ..... 12
- 2.3 Fonctionnement normal..... 12
- 2.4 Mode de fonctionnement au ralenti ..... 13
- 2.5 Arrêt de l’éolienne ..... 14
- 2.6 Absence de vent ..... 15
- 2.7 Tempête ..... 16
- 2.8 Commande d’orientation (le yaw)..... 16
- 3 Spécifications techniques ..... 18**

*ENERCON se réserve le droit d’apporter des modifications techniques à ce document.*

## 1 DESCRIPTION SUCCINCTE

La E-82 E2 est une éolienne d'une puissance nominale de 2300 kW, dotée d'un rotor à trois pales, d'un système actif de réglage des pales et fonctionnant à vitesse variable. Elle exploite la force des vents dominants sur chaque site, grâce à un rotor de 82 m de diamètre et des hauteurs de moyeu comprises entre 78 et 138 m, pour produire un maximum d'énergie électrique.

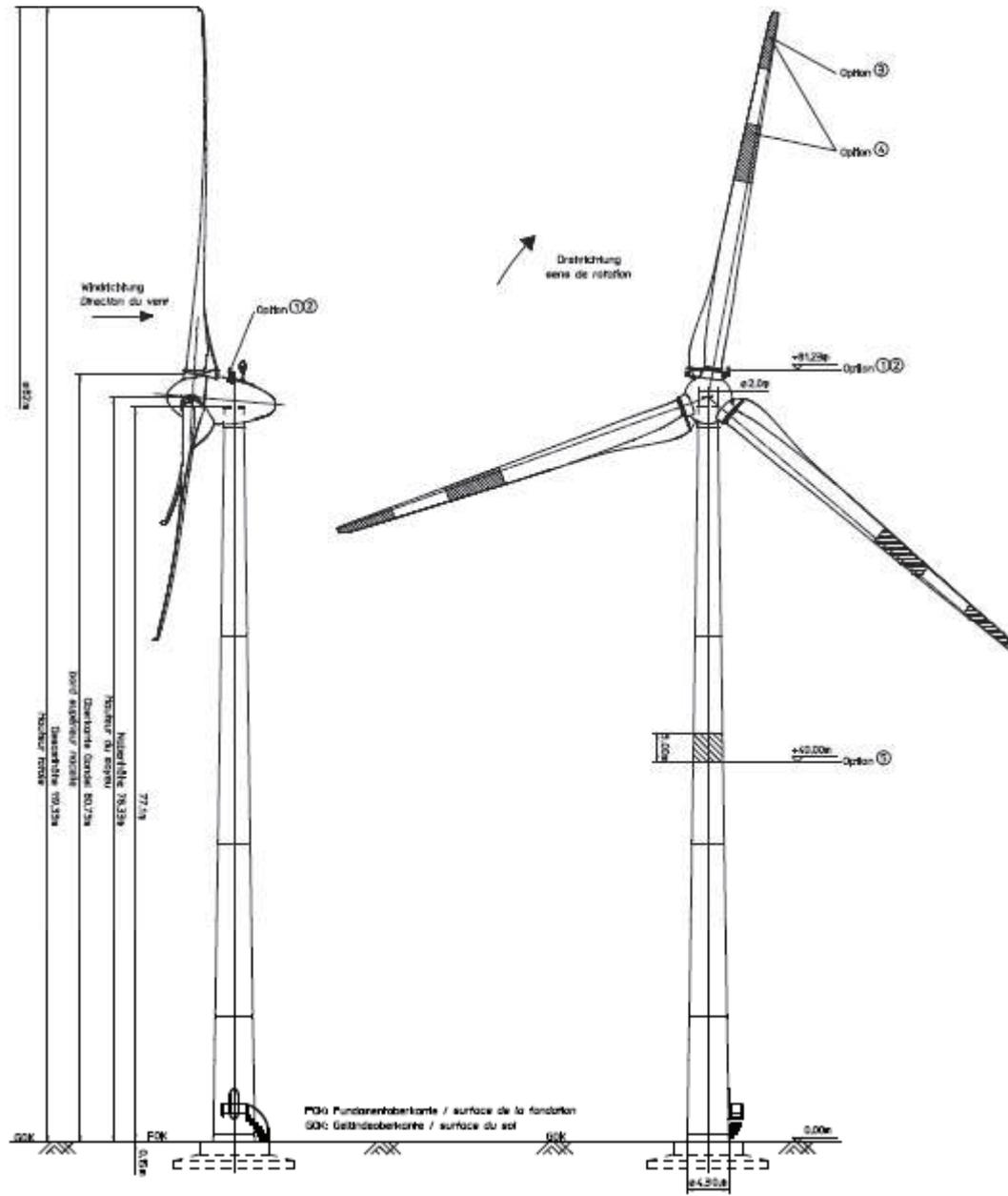


Figure 1 : Vue schématique de la E-82 E2

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

Minimiser les charges est l'une des préoccupations principales lors du développement et de la conception de toutes les éoliennes ENERCON. Ainsi, tous les composants ont été développés et conçus dans cet esprit. Le résultat est une éolienne qui convainc entre autres par sa plage de fonctionnement à charges réduites et sa longévité.

Le contrôle de la puissance par la vitesse variable permet un fonctionnement hautement efficace de la E-82 E2, avec des charges de fonctionnement peu élevées, même dans la tranche des charges partielles et, de plus, sans pics de tensions indésirables. Un bon rendement énergétique et une haute qualité du courant injecté dans le réseau sont ainsi garantis.

## 1.1 Le concept ENERCON

Les éoliennes ENERCON présentent, entre autres, les caractéristiques suivantes :

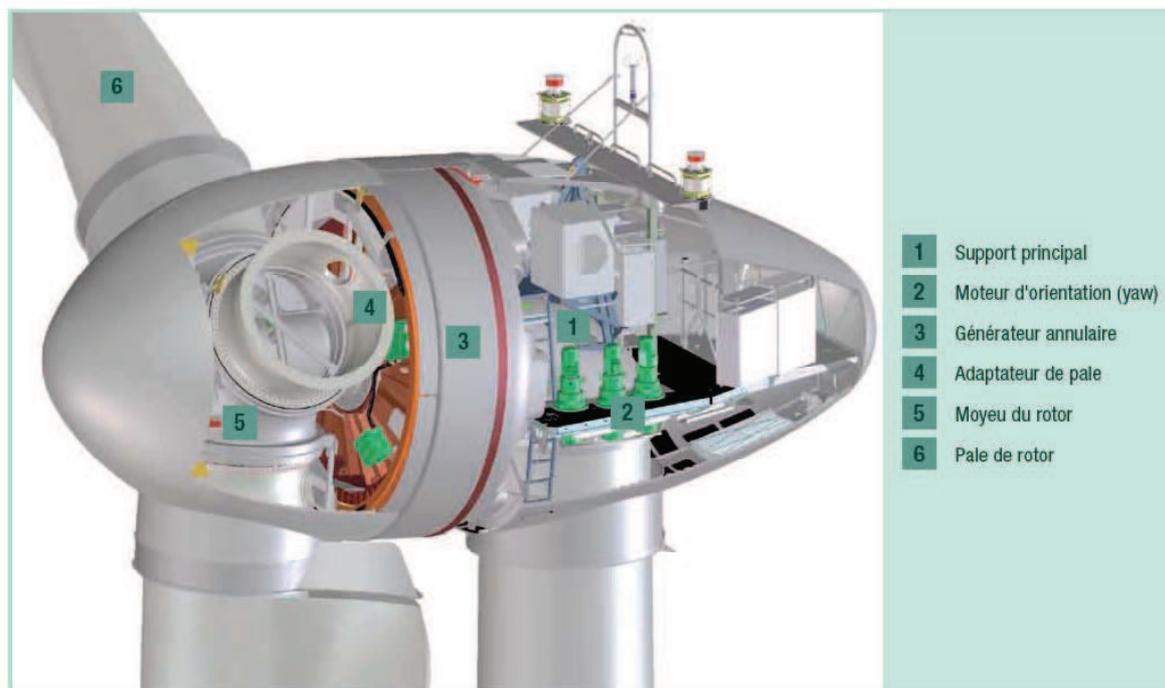
La partie rotative du générateur annulaire ENERCON et le rotor forment une unité. Ces pièces sont fixées directement sur le moyeu, de sorte qu'elles tournent à la même vitesse lente de rotation. Grâce à l'absence de boîte de vitesse et d'autres pièces à grande vitesse de rotation, les pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, les bruits émis, la consommation d'huile à engrenages et l'usure mécanique se trouvent considérablement réduits.

L'énergie produite par le générateur E-82 E2 est acheminée dans le réseau de l'exploitant par le système ENERCON de connexion au réseau. Le système de connexion au réseau de distribution ENERCON, lequel comprend une unité redresseur/onduleur (transformateur), garantit qu'un courant de grande qualité alimente le réseau de l'exploitant.

Ce concept de raccordement au réseau par le biais d'un transformateur permet d'exploiter le rotor de la E-82 E2 à une vitesse de rotation variable. Le rotor tourne lentement en présence de vents lents, et à grande vitesse si les vents sont forts. Cela assure un flux optimal de l'air sur les pales du rotor. La vitesse variable réduit aussi les sollicitations produites par des rafales de vent.

Chacune des trois pales du rotor est équipée d'un système électrique d'inclinaison des pales (commande de l'angle des pales). Ce système de commande de l'angle des pales limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent. La puissance fournie par la E-82 E2 est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées. L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppe le rotor sans que le l'arbre d'entraînement ne subisse les effets occasionnés par un frein mécanique.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc



**Figure 2 : Dessin schématique de la nacelle**

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

## 1.2 Rotor

Les pales du rotor en matière synthétique (résine époxy) renforcée de fibres de verre jouent un rôle important dans le rendement de l'éolienne et dans son comportement sonore. La forme et le profil des pales du rotor de la E-82 E2 ont été conçus en fonction des critères suivants :

- coefficient de puissance élevé
- longévité
- faible niveau des émissions sonores
- charges peu importantes et
- réduction du matériel utilisé.

Le profilage particulier des pales, s'étendant jusqu'à la nacelle, est l'une des caractéristiques essentielles du rotor. Les pertes internes de débit d'air occasionnées sur les pales de rotor conventionnelles sont ainsi évitées. La géométrie très aérodynamique de la nacelle permet de bien mieux tirer parti de l'énergie du vent.

Les pales de la E-82 E2 sont tout spécialement conçues pour un fonctionnement à angle et à vitesse variables. Leur profil spécial les rend insensibles aux turbulences et aux encrassements. À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface. Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste et très résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil.

Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants les uns des autres et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent.

## 1.3 Générateur

Le générateur annulaire de la E-82 E2 est directement entraîné par le rotor (donc par les pales du rotor). Le générateur ENERCON multipolaire repose sur le principe d'une machine synchronisée.

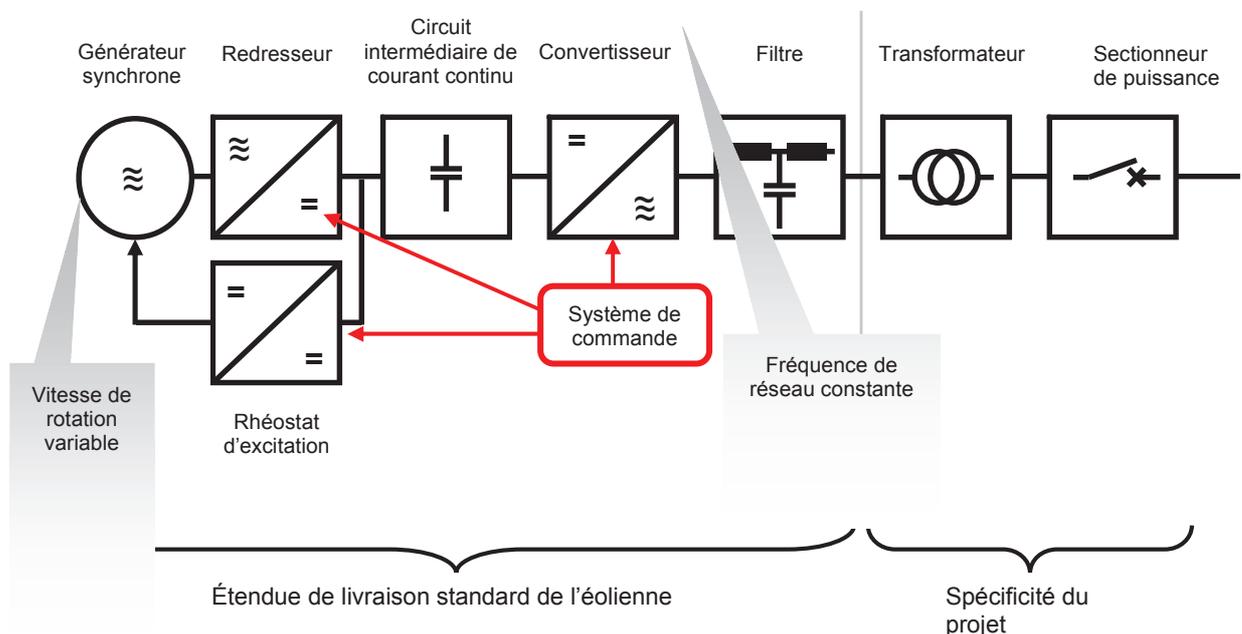
En raison de la faible vitesse de rotation et de la grande section transversale du générateur, le niveau de température reste relativement bas en service et ne subit que de faibles variations. De faibles fluctuations de température pendant le fonctionnement et des variations de charges relativement rares réduisent les tensions mécaniques et le vieillissement s'exerçant sur les matériaux dont est fait le générateur et pour l'isolation. La vitesse variable et la connexion au réseau électrique par convertisseur amenuisent aussi les pointes de couple.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

## 1.4 Unité d'alimentation au réseau

Le générateur annulaire est connecté au réseau par l'unité d'alimentation au réseau ENERCON. Ce système est essentiellement constitué d'un redresseur, d'un circuit intermédiaire de courant continu et d'onduleurs modulaires.

L'unité d'alimentation au réseau – tout comme l'excitation du générateur et le réglage des pales – est pilotée par le système de commande, avec pour objectifs une production maximale d'énergie et une compatibilité élevée avec le réseau.



Cette connexion « élastique » du générateur annulaire et du réseau permet de transmettre de façon optimale la puissance produite. Par ailleurs, les répercussions indésirables des interactions entre le rotor et le réseau électrique sont réduites dans les deux sens. Les modifications soudaines de la vitesse du vent ont pour effet une modification contrôlée de la tension alimentée du côté du réseau. De la même façon, les éventuelles pannes du réseau électrique n'ont pratiquement aucune répercussion du côté mécanique. La puissance électrique injectée sur le réseau par la E-82 E2 peut être réglée avec précision de 0 kW à 2300 kW.

En fonction de la configuration de l'éolienne, un certain nombre de modules de convertisseurs identiques sont disponibles en parallèle. Ils alimentent le réseau en courant alternatif au niveau des bornes de l'éolienne, côté basse tension. En général, un transformateur convertit directement dans l'éolienne le courant de 400V à la tension moyenne souhaitée.

Grâce à la technique des convertisseurs, l'éolienne peut être considérée comme une source de courant pilotée. Tant que la tension aux bornes de l'éolienne demeure dans les limites tolérées, les convertisseurs alimentent à tout moment un

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

courant symétrique et sinusoïdal. La tension aux bornes de l'éolienne est influencée par cette alimentation, sans être toutefois contrôlée de manière active. Si l'exploitant le souhaite, une régulation de la tension peut également être proposée au point de raccordement de la centrale éolienne.

Une valeur de consigne du courant à fournir est générée en fonction de la phase, du voltage du réseau de distribution et de la puissance produite par le générateur. Un courant alternatif est généré, correspondant à cette valeur de référence, au moyen de la puissance disponible dans le circuit intermédiaire de courant continu par les convertisseurs. La valeur de consigne est comparée au courant instantané (valeur réelle) toutes les 100 µs et corrigée en conséquence si nécessaire. Le courant est sinusoïdal et ne comprend pratiquement pas d'harmoniques indésirables. Un filtre de haute fréquence réduit encore davantage les harmoniques. Il en résulte une absence de flickers significatifs. Les pointes de courant de courte durée peuvent être évitées grâce à cette technique avec convertisseurs.

La plage opérationnelle de fonctionnement parallèle au réseau est définie par les tensions maximale et minimale du réseau. Chacune de ces deux valeurs (sous-tension et surtension) peut être réglée individuellement comme valeur limite pour le fonctionnement de la E-82 E2.

ENERCON propose par ailleurs, en option, la variante « transmission » de l'éolienne. Ceci signifie que l'éolienne reste connectée lors de baisses de tension (pannes de réseau) de quelques secondes au lieu de se déconnecter immédiatement. Dès que la tension revient, la puissance réelle maximale possible est de nouveau injectée sur le réseau. Pendant la panne, une puissance active est injectée, dépendant de la tension résiduelle, du courant maximal des convertisseurs et des conditions de vent. Par ailleurs, l'éolienne peut assister le réseau pendant la panne en y injectant du courant réactif. Ainsi les éoliennes ENERCON sont en mesure de proposer les caractéristiques de centrale électrique très souvent exigées des parcs éoliens et de contribuer de manière active à une exploitation stable du réseau.

La E-82 E2 est pré-réglée sur le facteur de puissance  $\cos\varphi=1$ . Sur l'ensemble de la plage de puissance de 0 à 2300 kW, elle ne nécessite aucune puissance réactive et ne transmet pas non plus de puissance réactive au réseau. Seule la puissance réelle est injectée sur le réseau. Les paiements compensatoires éventuels pour du courant réactif, facturés par certains fournisseurs d'énergie, sont supprimés.

Il existe toutefois également la possibilité d'exploiter l'éolienne avec un facteur de puissance différent de 1, si l'exploitant du réseau le souhaite. Ainsi l'éolienne est en mesure de contribuer au bilan de la puissance réactive et à la tenue de la tension sur le réseau. La plage de réglage maximale pour la puissance réactive dépend de la configuration de l'éolienne. La puissance active injectée n'est pas influencée par la fourniture supplémentaire de puissance réactive.

La plage opérationnelle de fonctionnement parallèle au réseau est également définie par une limite minimale et maximale de fréquence. Grâce à la technologie flexible des convertisseurs ENERCON-IGBT, ces limites de fréquence sont bien plus larges que les unités conventionnelles de production d'énergie. Les éoliennes ENERCON peuvent être utilisées sur des réseaux dont la fréquence nominale s'élève à 50 Hz ou bien 60 Hz.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

Si les valeurs limites de tension ou de fréquence ne sont pas observées, la commande de la E-82 E2 ouvre tous les contacteurs des onduleurs. Ceci permet de déconnecter la E-82 E2 du réseau de façon immédiate et sur toutes ses phases.

## 1.5 Commande d'orientation de la nacelle

Le palier d'orientation muni d'une couronne extérieure est monté directement sur la connexion supérieure de la tour. Il permet la rotation d'éolienne et ainsi de l'orienter face au vent. Six moteurs équipés de roues dentées (« moteurs d'orientation ») s'engagent dans la couronne pour faire tourner la nacelle et l'orienter en fonction du vent. De plus, le poids de la nacelle est absorbé par le mât, par l'intermédiaire du palier d'orientation. Le support principal est fixé directement sur le palier d'orientation.

## 1.6 Système de sécurité

Le système de sécurité garantit un fonctionnement sûr de l'éolienne, conformément aux conditions requises par les standards internationaux et aux exigences des instituts d'essais indépendants.

### 1.6.1 Système de freinage

En fonctionnement, les éoliennes ENERCON sont freinées exclusivement d'une façon entièrement aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Pour ceci, les trois entraînements de pales indépendants mettent les pales en position de drapeau (c'est-à-dire « les décrochent du vent ») en l'espace de quelques secondes. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles. Il suffirait de décrocher du vent une seule des trois pales pour réduire la vitesse du rotor à un niveau supprimant tout risque.

Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont alors exposés à pratiquement aucune force. En fonctionnement au ralenti, les paliers sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué.

L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton EMERGENCY STOP (ARRÊT D'URGENCE). Dans ce cas, un frein d'arrêt supplémentaire ne se déclenche que lorsque le rotor freine partiellement, les pales s'étant inclinées. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance.

En cas d'urgence (par ex. en cas de coupure du réseau), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie. L'état de charge et la disponibilité des batteries sont garantis par un chargeur automatique. L'orientation des pales est synchronisée par un dispositif électromécanique, par l'intermédiaire des unités d'urgence de réglage de pale.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

L'alimentation parallèle garantie en cas d'urgence (réseau ou batteries), associée aux trois entraînements de pales entièrement indépendants, résulte en un concept de sûreté intégré qui fait plus que remplir les exigences imposant deux systèmes indépendants de freinage (« à sûreté intégrée »).

### 1.6.2 Système parafoudre

La E-82 E2 est équipée d'un système parafoudre ENERCON particulièrement fiable qui dévie les éventuels coups de foudre, évitant ainsi que l'éolienne ne subisse de dégâts.

La pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne par un éclateur et des câbles. On trouve un autre paratonnerre à l'arrière de la nacelle qui dévie les courants de foudre dans la terre.

Si la foudre tombe ou en cas de hausses de tension inhabituelles (surtensions), l'ensemble des systèmes électriques et électroniques est protégé par des composants fixes intégrés qui absorbent l'énergie. Tous les principaux composants conducteurs de l'éolienne sont reliés aux barres de compensation de potentiel par des câbles de section suffisamment grande. Un système parafoudre à éclateurs, mis à la terre par basse impédance, est en outre installé sur la borne principale de l'éolienne.

Le système électronique de l'éolienne, logé dans des carters métalliques, est découplé par un dispositif électrique. Le système de surveillance à distance est protégé par un module spécial de protection pour interfaces de données.

### 1.6.3 Système de capteurs

Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (par ex. vitesse du rotor, températures, charges, vibrations) sont surveillées par un système électronique et, en plus, là où cela est requis, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse.

## 1.7 Système de commande

Le système de commande de la E-82 E2 repose sur un système à microprocesseurs, mis au point par la société ENERCON, qui interroge tous les composants de l'éolienne par l'intermédiaire de capteurs, récoltant ainsi des données telles que la direction et la vitesse du vent permettant d'adapter le mode de fonctionnement de la E-82 E2 en conséquence.

La procédure de démarrage automatique est lancée lorsque la vitesse du vent mesurée pendant 3 minutes consécutives est suffisante pour assurer le fonctionnement de l'éolienne. L'énergie produite est injectée sur le réseau de distribution dès que la limite inférieure de la plage de vitesse est atteinte. La

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

connexion au réseau par le biais d'un circuit intermédiaire de courant continu et de convertisseurs évite les courants de démarrage élevés pendant la procédure de démarrage.

La vitesse de rotation, le débit de puissance et l'angle des pales sont constamment adaptés aux changements du régime des vents. La puissance électrique est contrôlée par l'excitation du générateur. Au-dessus de la vitesse nominale du vent, la vitesse est également maintenue à une valeur nominale par le réglage de l'angle des pales.

Lorsque le mode tempête est désactivé (en option), si la vitesse moyenne du vent dépasse les 25 m/s sur une durée de 10 minutes ou si une valeur de pointe de 30 m/s est atteinte, l'éolienne s'arrête. L'éolienne redémarre si la vitesse du vent repasse sous la vitesse de coupure. Le rotor peut tourner librement à très basse vitesse même si l'installation est à l'arrêt.

La commande d'orientation de la E-82 E2 commence à fonctionner même en dessous de la vitesse de démarrage. La direction du vent est mesurée en continu par la girouette. Si la déviation entre l'axe du rotor et la direction mesurée du vent est trop grande, la position de la nacelle est corrigée par la commande d'orientation. L'ampleur de la rotation et le temps imparti avant que la nacelle ne soit mise dans la bonne position dépendent de la vitesse du vent.

Si l'éolienne a été arrêtée manuellement ou par son système de commande, les pales sont mises progressivement en position drapeau, réduisant la surface utile des pales exposée au vent. L'éolienne continue de tourner et passe progressivement en fonctionnement au ralenti.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

## 2 SYSTEME DE COMMANDE DE L'EOLIENNE

### 2.1 Déclenchement des capteurs de sécurité

La façon dont une éolienne réagit au déclenchement des différents capteurs est expliquée dans les paragraphes qui suivent. L'éolienne déclenche son arrêt automatique lorsque l'un des capteurs de sécurité réagit. La nature de l'arrêt et le fait qu'ensuite, l'éolienne redémarre ou non, dépendent du défaut survenu.

Les dérangements qui se produisent sur l'éolienne apparaissent sur l'affichage à cristaux liquides (LCD). Les dérangements mineurs peuvent être effacés avec le bouton « acknowledge fault » (« acquittement de défaut ») si leur origine a été réparée. L'éolienne redémarrera alors automatiquement. Certains défauts ne peuvent être corrigés puis effacés que par le service technique. Le message d'état correspondant clignote alors sur l'affichage LCD. Ces messages sont pourvus d'astérisques.

Le bon fonctionnement des capteurs fait par ailleurs l'objet d'une surveillance constante par le système de commande. En cas de déclenchement des capteurs, un message de défaut est envoyé par le système de surveillance à distance. Selon le capteur concerné, l'éolienne peut continuer de fonctionner pour un temps déterminé. Pour certains capteurs, il faut par contre stopper l'éolienne immédiatement et remédier au défaut.

### 2.2 Démarrage de l'éolienne

Sauf mention contraire expresse, les présentes instructions s'appliquent à un démarrage après un arrêt automatique et à une mise en marche à l'aide de l'interrupteur « start/stop » (Marche/Arrêt).

Lorsque l'éolienne est démarrée (interrupteur principal de l'armoire de commande sur « ON » et interrupteur « start/stop » (Marche/Arrêt) sur « start » (Marche)), l'affichage LCD fait apparaître après quelques instants le message « Converter ready » (Eolienne prête) (état 0:2), à condition que le système de commande de la E-82 E2 n'ait pas détecté de dérangement.

90 secondes après le démarrage, les pales du rotor sont sorties de la position drapeau (env. 90°) et mises en mode de « fonctionnement au ralenti ». L'éolienne tourne alors à faible vitesse.

L'éolienne lance la procédure de démarrage pour se mettre en service si, après trois minutes consécutives, la vitesse moyenne du vent est supérieure à la vitesse de vent requise pour le démarrage.

### 2.3 Fonctionnement normal

Dès que la phase de démarrage de la E-82 E2 est terminée, l'éolienne est en fonctionnement normal. Les conditions de vent sont relevées en permanence pendant ce temps, la vitesse de rotation, l'excitation du générateur et la puissance

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

de celui-ci sont optimisées, la position de la nacelle est ajustée en fonction de la direction du vent et l'état de tous les capteurs est enregistré. En cas de températures extérieures élevées et de vitesses de vent également élevées, le ventilateur du générateur se met également en route.

### 2.3.1 Fonctionnement en charge partielle

En fonctionnement en charge partielle, la vitesse et la puissance sont adaptées en permanence aux changements du régime des vents. Dans la plage supérieure de charge partielle, l'angle des pales du rotor est modifié de quelques degrés pour éviter une distorsion de l'écoulement (effet de décrochage).

Le régime de rotation et la puissance augmentent au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse du vent.

### 2.3.2 Fonctionnement de régulation

Au-dessus de la vitesse nominale du vent, la vitesse de rotation est maintenue à peu près à sa valeur nominale grâce au réglage de l'angle des pales, et la puissance prélevée dans le vent est limitée (« mode de commande automatique »). Le changement requis de l'angle des pales est déterminé après analyse du régime de rotation et de l'accélération, puis transmis à l'entraînement d'inclinaison des pales. La puissance conserve ainsi sa valeur nominale.

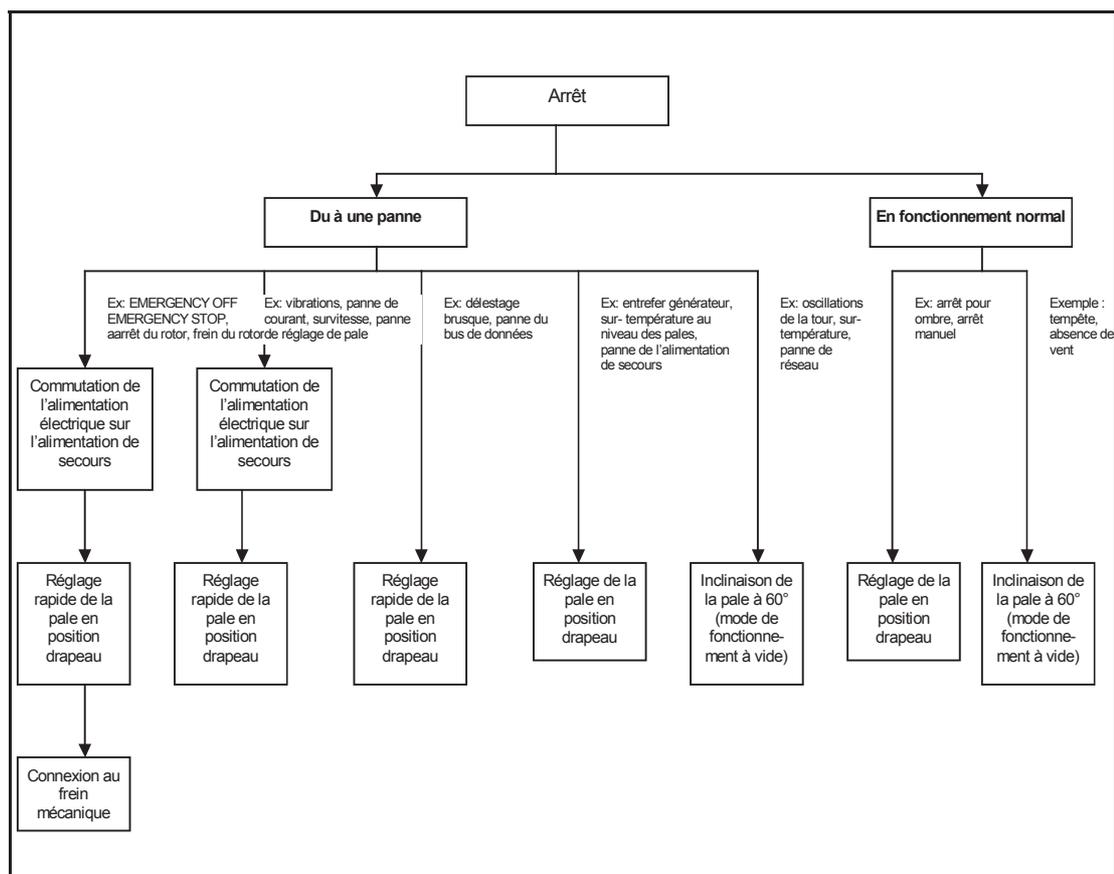
## 2.4 Mode de fonctionnement au ralenti

Si l'éolienne est arrêtée (par ex. en raison de l'absence de vent ou suite à un dérangement), les pales du rotor se mettent généralement dans une position de 60 par rapport à leur position opérationnelle. L'éolienne tourne alors à faible vitesse. Si cette vitesse est dépassée (env. 3 tr/mn), les pales de rotor s'inclinent pour se mettre en position drapeau (90 ). Ces conditions portent le nom de « fonctionnement au ralenti ». Le fonctionnement au ralenti réduit les charges et permet à l'éolienne de redémarrer dans de brefs délais. Un message d'état indique la raison pour laquelle l'éolienne a été arrêtée, passant donc en fonctionnement au ralenti.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:	Translation information
Author/date: M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date:: LV / 13.03.06
Department: SL	Revisor /date: SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision: 000	Reference: fre.doc

## 2.5 Arrêt de l'éolienne

La E-82 E2 peut être arrêtée manuellement au moyen de l'interrupteur « start/stop » (Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton EMERGENCY STOP (ARRÊT d'URGENCE). Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement, ou encore si les conditions de vent sont défavorables (voir Figure 3).



**Figure 3** : Modes d'arrêt de la E-82 E2

### 2.5.1 Arrêt automatique

En mode automatique, les éoliennes ENERCON sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales du rotor. Les pales de rotor inclinées réduisent les forces ascensionnelles aérodynamiques, freinant ainsi le rotor. Les dispositifs d'inclinaison des pales peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement ou les mettre en position drapeau.

L'éolienne s'arrête également automatiquement en cas de dérangement ou en présence de certains événements. Certains dérangements entraînent une coupure rapide par les unités d'alimentation de secours des pales du rotor, d'autres pannes conduisent à un arrêt normal de l'éolienne.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

Selon le type de dérangement, l'éolienne peut redémarrer automatiquement. Dans tous les cas, les convertisseurs sont découplés du réseau par isolement galvanique pendant la procédure d'arrêt.

### 2.5.2 Arrêt manuel

La E-82 E2 peut être arrêtée à l'aide de l'interrupteur « start/stop » (Marche/Arrêt) au niveau de l'armoire de commande. Le système de commande tourne alors les pales du rotor pour les décrocher du vent et l'éolienne ralentit puis s'arrête. Le frein d'arrêt n'est pas activé et la commande de lacet reste en service. La E-82 E2 peut donc continuer à s'adapter avec précision au vent.

### 2.5.3 Arrêt manuel d'urgence

Si des personnes ou des pièces de l'éolienne sont en danger, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton EMERGENCY STOP (ARRET D'URGENCE) qui se trouve sur l'armoire de commande. Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

Les boutons sont enclenchés; c'est en tirant dessus que l'on les remet dans leur position initiale une fois l'urgence passée. Il faut ensuite faire redémarrer l'éolienne.

Si l'interrupteur principal de l'armoire de commande est mis en position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles, sont déconnectés. L'éolienne déclenche l'inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des dispositifs d'inclinaison d'urgence des pales du rotor. Le frein d'arrêt mécanique n'est pas activé lorsque l'interrupteur principal est actionné.

## 2.6 Absence de vent

Si l'éolienne est en service, mais que l'absence de vent fait trop ralentir le rotor, l'éolienne passe en mode de fonctionnement au ralenti par l'inclinaison lente des pales du rotor dans une direction de 60°. L'éolienne reprend automatiquement son fonctionnement une fois la vitesse de vent de démarrage est de nouveau atteinte.

Si l'anémomètre risque de geler par des températures basses (< 3 C), l'éolienne tente de redémarrer toutes les heures pour vérifier si la vitesse du vent est suffisante, à condition que la girouette fonctionne. Lorsque l'éolienne redémarre et produit de l'électricité, elle repasse en mode de fonctionnement normal. Dans ce cas, les vitesses du vent ne sont toutefois pas correctement saisies, le capteur gelé ne pouvant transmettre des données exactes.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

## 2.7 Tempête

L'éolienne ne démarre pas si elle se trouve à l'arrêt ou en fonctionnement au ralenti lorsque la vitesse du vent dépasse 31 m/s. Le mode de commande automatique de la E-82 E2 s'arrête en présence de moyennes supérieures à 31 m/s ou de pointes supérieures à 34 m/s. L'éolienne s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pales est dépassé. Un anémomètre gelé ne constitue donc pas un risque pour la sécurité. Dans tous les cas, l'éolienne passe en fonctionnement au ralenti.

Les composants de la E-82 E2, comme les pales de rotor, la nacelle, le mât et ses fondations, sont conçus pour résister à des vitesses du vent considérablement plus élevées.

L'éolienne démarre automatiquement lorsque la vitesse du vent tombe en dessous de la vitesse de vent de coupure (31 m/s) pendant 10 minutes consécutives.

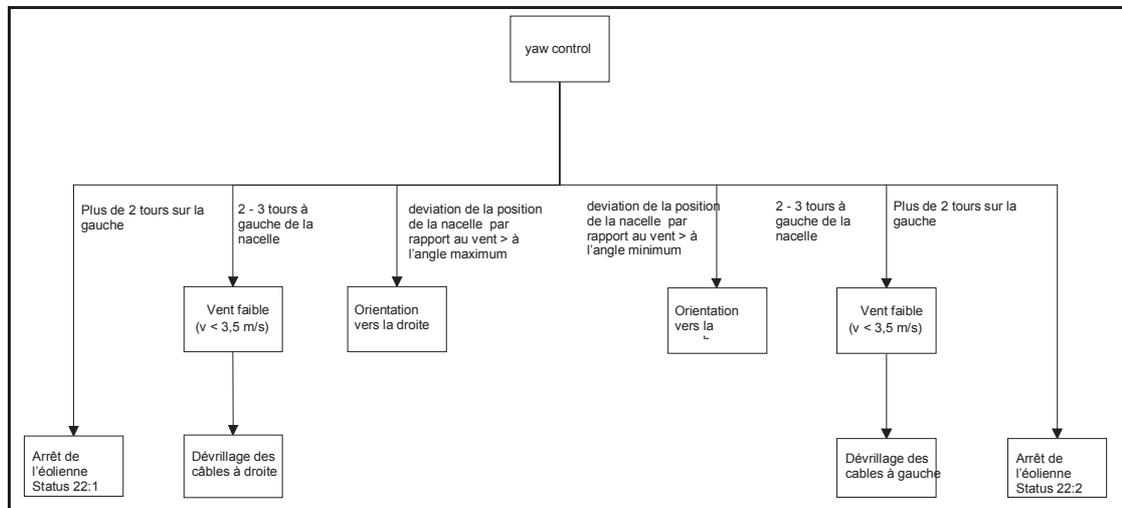
Grâce au système « Storm Control » d'ENERCON, l'éolienne ne s'arrête pas brutalement si les vitesses du vent dépassent 28 m/s, mais la puissance est progressivement réduite par le réglage de l'angle des pales du rotor. Ce n'est que lorsque la vitesse des vents s'élève à env. 34 m/s que la puissance est réduite jusqu'à atteindre 0. Cette stratégie améliore le comportement électrique sur le réseau et permet également d'accroître la production.

## 2.8 Commande d'orientation (le yaw)

La E-82 E2 possède un dispositif de mesure mixte installé sur le dessus de la nacelle, composé d'une girouette qui relève la direction du vent et d'un anémomètre qui en mesure la vitesse.

La commande d'orientation de la E-82 E2 commence à fonctionner même lorsque la vitesse du vent est inférieure à 2 m/s. Même à l'arrêt, en raison, par exemple, d'une trop grande vitesse du vent, l'éolienne est tournée face au vent. L'angle et la période de mesure dépendent de la vitesse du vent et de la puissance de l'éolienne.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:		Translation information	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc



**Figure 4 : Représentation schématique du système d'orientation**

Le processus d'orientation est déterminé par le décompte des rotations du moteur d'inclinaison ; le système vérifie la plausibilité du temps d'inclinaison requis. Si le système de commande détecte des anomalies dans la commande d'orientation ou le vrillage des câbles (voir ci-dessus), il déclenche une procédure d'arrêt.

### 2.8.1 Dévissage des câbles

Les câbles de puissance et de commande de la E-82 E2 se trouvant dans le mât sont passés depuis la nacelle sur un dispositif de guidage et fixés aux parois du mât. Les câbles ont suffisamment de liberté de mouvement pour permettre à la nacelle de tourner plusieurs fois dans la même direction autour de son axe, ce qui entraîne toutefois progressivement une torsion des câbles. Le système de commande de la E-82 E2 fait en sorte que les câbles vrillés soient automatiquement dévillés.

Lorsque les câbles ont tourné deux ou trois fois autour d'eux-mêmes, le système de commande utilise la prochaine période de vent faible pour les déviller. Si le régime des vents rend cette opération impossible, et si les câbles se sont tournés plus de trois fois autour d'eux-mêmes, l'éolienne s'arrête et les câbles sont dévillés indépendamment de la vitesse du vent. Le dévissage des câbles prend environ une demi-heure. L'éolienne redémarre automatiquement une fois les câbles dévillés.

Les capteurs chargés de surveiller la torsion des câbles se trouvent dans l'unité de contrôle de la torsion des câbles. Celle-ci, dans le cas de la E-82 E2, se trouve au niveau de la lucarne d'accès à la cave. Le capteur est connecté à la couronne d'orientation par une roue de transmission et une boîte de vitesse. Toute variation de la position de la nacelle est transmise au système de commande.

En outre, deux interrupteurs de fin de course, un de chaque côté, gauche et droit, signalent tout dépassement de la plage opérationnelle autorisée dans une direction ou dans l'autre. Cela évite que les câbles du mât vrillent encore davantage. L'éolienne s'arrête et ne peut être redémarrée automatiquement.

© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:	Translation information
Author/date: M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date:: LV / 13.03.06
Department: SL	Revisor /date: SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision: 000	Reference: fre.doc

### 3 SPECIFICATIONS TECHNIQUES

---

<b>Type d'éolienne :</b>	<b>ENERCON E-82 E2</b>
Puissance nominale :	2300 kW
Diamètre du rotor :	82 m
Hauteur du moyeu :	78 – 138m (plusieurs mâts et fondations)
<b>Concept de l'installation :</b>	sans boîte de vitesse, régime variable, ajustage individuel des pales
<b>Rotor avec réglage des pales</b>	
Type :	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Sens de rotation :	Sens des aiguilles d'une montre
Nombre de pales :	3
Surface balayée :	5 281 m <sup>2</sup>
Matériau utilisé pour les pales :	Fibre de verre (résine époxy) ; protection parafoudre intégrée
Vitesse de rotation :	variable, 6 à 18 tours/mn
Système de réglage des pales :	Ajustage individuel des pales ENERCON, un système autonome d'ajustage par pale du rotor, avec alimentation de secours
<b>Transmission et générateur</b>	
Moyeu :	fixe
Palier principal :	Roulement à 2 rangées de rouleaux coniques + un roulement à rouleaux cylindriques
Générateur :	Générateur annulaire ENERCON à entraînement direct
<b>Alimentation :</b>	Onduleur ENERCON

<b>© Copyright ENERCON GmbH. Tous droits réservés.:</b>		<b>Translation information</b>	
Author/date:	M. Lueninghoener/04.2010	Translator / date::	LV / 13.03.06
Department:	SL	Revisor /date:	SL_Technical Description E-82 E2_Rev000 ger-
Revision:	000	Reference:	fre.doc

<b>Système de freinage :</b>	- trois systèmes autonomes de réglage des pales avec alimentation de secours - Frein d'arrêt du rotor - Blocage du rotor
<b>Contrôle d'orientation :</b>	par mécanisme de réglage, atténuation en fonction des charges
<b>Vitesse de démarrage :</b>	2,5 m/s
<b>Vitesse du vent de coupure :</b>	28 – 34 m/s
<b>Surveillance à distance :</b>	ENERCON SCADA