

A large, light grey, stylized graphic of a wind turbine blade dominates the background, curving from the top right towards the bottom left.

Description de l'éolienne  
*REpower* MM 82

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Description de l'éolienne .....</b>	<b>3</b>
1.1	Principe .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2	Rotor.....	3
1.3	Transmission mécanique .....	3
1.4	Multiplicateur .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.5	Système électrique .....	4
1.6	Système de freinage .....	5
1.7	Système d'orientation.....	5
1.8	Nacelle.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.9	Mât .....	6
1.10	Protection anti-corrosion .....	6
1.11	Protection anti-foudre.....	6
1.12	Contrôle-commande .....	6
<b>2</b>	<b>Caractéristiques techniques.....</b>	<b>7</b>

# 1 Description de l'éolienne

## 1.1 Principe

La REpower MM82 comme la MM70 est construite sur les bases éprouvées de la plateforme MD 70/77. Le retour d'expérience apporté par plus de 500 machines de type MD 70/77 a été pris en compte lors du développement de la MM82. La MM82 a été développée à partir des qualités de la série MD comme l'ergonomie de la maintenance, une construction claire et robuste ainsi qu'un dimensionnement généreux et conservatif des composants, une conception des structures porteuses optimisant le transfert des efforts, un faible impact environnemental, etc...

Le renforcement de certains sous-ensembles comme le roulement porte hélice, les couronnes de calage de pales, l'arbre lent et le multiplicateur et le recours à des matériaux spéciaux au niveau des pales a permis une adaptation sûre de la construction à l'accroissement des efforts.

Cette éolienne d'une puissance nominale de 2 mégawatts est équipée d'un rotor de 82 m dont le moyeu peut culminer jusqu'à 100 m.

## 1.2 Rotor

Le rotor est constitué de 3 pales fixées au moyeu en fonte via des couronnes à deux rangées de bille et double contact radial. Les pales peuvent ainsi pivoter sur leur axe grâce à des moto-réducteurs montés dans le moyeu. La vitesse de rotation du rotor varie de 8,5 à 17,1 (+12,5 %) tours par minute. Chaque pale est indépendamment équipée de son propre jeu de batterie de secours afin de garantir un calage continu malgré une perte de réseau ou un dysfonctionnement de la machine.

A charge partielle, c'est-à-dire quand la puissance fournie est inférieure à la puissance nominale, l'éolienne fonctionne avec un angle de calage de pale constant mais à vitesse de rotation variable afin de bénéficier au mieux des fluctuations de vent.

A charge nominale, c'est-à-dire quand la puissance fournie est supérieure à la puissance nominale, l'éolienne fonctionne à couple nominal constant. Les variations de vitesse de vent sont alors compensées par ajustement de l'angle de calage des pales.

L'énergie cinétique des rafales de vent peut être stockée sous forme d'accélération du rotor et ensuite restituée grâce au calage des pales.

La disposition géométrique des éléments de structure transmettant les charges suivant le principe "tilted-cone" garantit une dérivation optimale des charges du rotor dans le mât et autorise un dimensionnement à très forte adhérence des composants. La transmission est supportée sur trois points, directement au-dessus de la bride de tête du mât qui fournit un large appui pour la compensation des pressions en raison de sa géométrie conique. L'inclinaison de l'arbre de rotor de 5°, en liaison avec l'angle de cône de 3,5° du moyeu permet un porte-à-faux extrêmement court entre le centre de rotor et l'axe du mât, ceci réduisant la « charge de tête » de l'installation.

### 1.3 Transmission mécanique

La configuration géométrique selon le principe « tilted-cone » des structures porteuses garantit un transfert optimal des charges du rotor vers le mât et permet un dimensionnement caractérisé par des transferts d'efforts particulièrement harmonieux. Le train repose en trois points directement au dessus de la tête du mât, qui de par sa forme conique offre une assise large pour la reprise des efforts. La combinaison de l'inclinaison de 5° de l'arbre lent et de 3,5° des pales permet un porte à faux extrêmement court entre le centre du rotor et l'axe du mât et réduit ainsi le chargement excentré sur la tête de mât.

### 1.4 Système électrique

L'éolienne est équipée d'un système génératrice-convertisseur fonctionnant à vitesse variable. Le rotor de la génératrice est couplé à un convertisseur qui lui applique une tension dont la fréquence corrigée permet la production sur le réseau à fréquence fixe. La plage de vitesse de rotation en production est alors possible à +/- 35% de part et d'autre de la vitesse de synchronisme. Le fonctionnement à vitesse variable associé au calage variable des pales offre de très bons résultats en termes de contraintes mécaniques et de qualité d'onde de tension produite sur le réseau électrique.

La machine fonctionne selon les modes suivants en fonction de la vitesse du vent :

En mode hyposynchrone (charge légère à charge partielle) : le stator de la génératrice fournit 100 % de la puissance électrique au réseau. La faible puissance nécessaire à l'excitation de la génératrice est issue du réseau et transmise au rotor via le convertisseur.

En mode hypersynchrone (jusqu'à la charge nominale) : le stator de la génératrice fournit 80 % de la puissance électrique directement sur le réseau. Les 20 % de puissance restante sont récupérés au rotor de la génératrice et injectés sur le réseau via le convertisseur de fréquence.

On obtient une optimisation de la puissance produite et la disponibilité technique est considérablement améliorée.

La classe de protection de la génératrice est l' IP54. Le refroidissement est assuré par un échangeur air-air. Des capteurs de température sont installés au niveau des paliers et des bobinages afin de surveiller le comportement thermique de la génératrice.

Un capotage empêche le contact direct avec toute pièce en rotation. Le carénage de la génératrice est relié à la terre pour assurer l'équipotentialité. La génératrice est fixée au châssis par l'intermédiaire de pieds comprenant des coussinets en élastomère afin de garantir un découplage vibratoire et une atténuation sonore.

## 1.5 Système de freinage

Le freinage est assuré en pivotant les pales jusqu'à atteindre la position dite en drapeau. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte réseau les moteurs de calage sont alimentés par un jeu de batteries placé dans le moyeu.

Le calage d'une seule pale est suffisant pour maintenir une vitesse de rotation sûre. Il en résulte donc un système de freinage trois fois redondant.

Le système de freinage est conçu en « fail-safe ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un seul composant du système de freinage la machine est arrêtée en toute sécurité.

## 1.6 Système d'orientation

La nacelle est liée au mât par une couronne à bille à double contact oblique. L'orientation de la nacelle s'effectue grâce à quatre moto-réducteurs alimentés par le réseau. 10 freins hydrauliques maintiennent la nacelle en position. En cas de perte de courant, les freins sont automatiquement activés.

Des capteurs couplés à un logiciel adapté commande l'actionnement des moteurs ainsi que leur sens de rotation. Ils veillent aussi à assurer une détorsion des câbles quand l'éolienne s'est orientée à plusieurs reprises dans le même sens.

## 1.7 Nacelle

Afin de pouvoir proposer une éolienne innovante, le dessin du carénage de la nacelle a été confié à un designer de renom. Il en résulte un profil élancé et aérodynamique.

Le carénage est en matériau composite à base de fibre de verre. L'intérieur est tapissé d'une mousse isolante permettant une atténuation du bruit. La nacelle a été volontairement élargie et allongée afin de permettre une maintenance dans des conditions optimales.

L'accès à la nacelle du mât se fait par une trappe montée dans le châssis. Une plateforme de maintenance permet d'accéder aux composants situés sous la nacelle.

De nombreux sous-ensembles comme le système d'orientation ou le système hydraulique peuvent être actionnés à partir de l'armoire de commande. Par mesure de sécurité un bouton d'arrêt d'urgence est installé.

## 1.8 Mât

Le mât est une construction conique constituée selon les hauteurs de moyeu de 3 à 5 segments. Une ouverture est prévue au pied du mât afin de pouvoir gravir celui-ci à l'abri des intempéries grâce à une échelle équipée d'une ligne de vie. Chaque segment de mât est équipé d'une plateforme et d'une veilleuse.

L'armoire électrique du convertisseur est montée au pied du mât sur une plateforme séparée. La puissance produite est conduite jusqu'au pied de mât par l'intermédiaire de gaines-barre. Tous les signaux de contrôle et de commande nécessaires au pc de l'automate sont transmis par fibre optique et respectent toutes les réglementations actuelles de compatibilité électromagnétique.

Un ascenseur optionnel peut être monté dans les mâts de grandes hauteurs.

## 1.9 Protection anti-corrosion

Tous les composants de la machine sont protégés contre la corrosion et autres agressions externes par un revêtement multicouche. Le système de revêtement est conforme à toutes les prescriptions nécessaires de la norme DIN EN ISO 12944.

## 1.10 Protection anti-foudre

L'éolienne est équipée d'un système anti-foudre conçu par des experts et satisfait à la classe de protection II de la norme internationale IEC 61024-1. La foudre est déviée vers le mât par l'intermédiaire de balais en charbon. Le courant de foudre est ainsi évacué dans la terre via la fondation et des prises profondes.

## 1.11 Contrôle-commande

Toutes les fonctionnalités d'une éolienne sont contrôlées par un automate équipé de microprocesseur. L'utilisation de fibre optique permet d'atteindre une vitesse de transmission maximale et aussi de garantir une protection contre les perturbations électromagnétiques.

Les fonctions critiques sont contrôlées de manière redondante. L'arrêt d'urgence est activé par une chaîne de sécurité « mécanique » en parallèle de l'automate. L'éolienne peut ainsi être stoppée en toute sécurité même en cas d'arrêt de l'ordinateur de bord.

## 2 Caractéristiques techniques

### Données de dimensionnement

Vitesse de vent de démarrage (cut-in) :	3,5 m/s
Vitesse de vent nominale :	13,0 m/s
Vitesse de vent de coupure (cut-off) :	25 m/s

### Rotor

Diamètre :	82 m
Surface balayée :	5281 m <sup>2</sup>
Nombre de pales :	3
Matériau :	composite résine, fibre de verre et fibre de carbone
Vitesse de rotation nominale :	env. 8.5 à 17.1 ± 16 % tr/min
Inclinaison de la ligne d'arbre :	5 °
Angle de cône des pales :	-3,5 °
Sens de rotation (vue face au rotor) :	sens des aiguilles d'une montre
Position :	face au vent

### Calage des pales

Principe :	motor électrique, un par pale
Régulation de puissance :	calage variable des pales et vitesse de rotation variable
Angle maximale de calage des pales :	91 °
Mode d'entraînement du calage :	moteurs à courant continu synchronisé avec batterie

### Multiplicateur

Type :	épicycloïdal
Puissance nominale :	2160 kW
Couple nominal :	1206 kNm
Rapport :	env.105

## Système électrique

Puissance nominale :	2000 kW
Type de génératrice :	génératrice asynchrone à double alimentation
Type de convertisseur :	IGBT à modulation de fréquence
Classe de protection :	IP 54
Vitesse de rotation :	900 à 1800 $\pm$ 16,5% tr/min
Tension :	690 V
Fréquence :	50 Hz

## Mât

Type :	acier, conique
Hauteur de moyeu :	59, 80 et 100 m
Diamètre de bride en tête de mât :	env. 3.0 m
Diamètre de bride en pied de mât:	env. 4.0 m

## Système d'orientation

Principe :	4 moto-réducteurs, 10 freins
Vitesse azimutale :	0,5 °/s
Roulement :	roulement à bille à double contact oblique et denture externe

## Contrôle-commande

Principe :	microprocesseur
Transfert de signal :	fibres optiques
Télésurveillance :	modem, interface graphique Windows

## Masses

Pale :	env. 6,0 t
Moyeu :	env. 16,0 t
Nacelle (sans rotor) :	env. 60 t

Toutes les caractéristiques techniques sont sujettes à d'éventuelles modifications dues aux perfectionnements techniques.