

## 4. Description détaillée du projet et de ses composantes

### 4.1. Les aérogénérateurs

#### 4.1.1. Description générale d'un aérogénérateur

Une éolienne se compose des éléments principaux suivants :

- **Un mât**

Le mât a une fonction de soutien. Il permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour permettre son mouvement et son entraînement par des vents plus forts et réguliers qu'au niveau du sol.

Le mât abrite généralement une partie des composants électriques et électroniques (par exemple consoles de commande). Les mâts sont communément en acier, mais des mâts en béton sont de plus en plus utilisés par certains producteurs.

- **Une nacelle**

Elle est montée au sommet du mât, et abrite les composants mécaniques, pneumatiques, ainsi que les composants électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de la machine. La nacelle peut tourner pour orienter les pales par rapport à la direction du vent.

- **Un rotor**

Il est composé de plusieurs pales (en général trois) et du nez de l'éolienne, fixé à la nacelle. Le rotor est entraîné par l'énergie du vent, il est rattaché directement ou indirectement (via un multiplicateur de vitesse à engrenages) au système mécanique qui utilisera l'énergie recueillie (pompe, générateur électrique...).

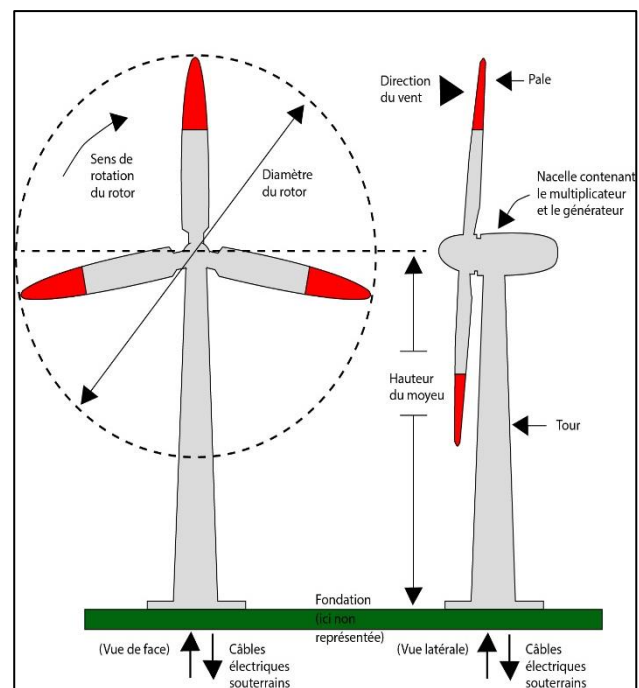


Figure 11 : Schéma d'ensemble d'une éolienne (Source : Green Energy 3000 GmbH)

Les éoliennes utilisent la force du vent pour produire de l'électricité, grâce au principe de fonctionnement de l'alternateur. Un alternateur est un dispositif permettant de transformer l'énergie

mécanique en électricité. Il est composé d'une partie fixe, le stator et d'une partie mobile, le rotor. La force du vent sur les pales entraîne le mouvement du rotor. Ce mouvement, allié à l'immobilité du stator, génère un courant alternatif.

Une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation du rotor. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité (jusqu'à atteindre le seuil de production maximum).

Les modes de fonctionnement d'une éolienne diffèrent selon la vitesse du vent. Quatre « modes » de fonctionnement sont à considérer :

- Dès que la vitesse du vent atteint 2 m/s, un automate, informé par un capteur de vent, commande aux moteurs d'orientation, de placer l'éolienne face au vent. Les trois pales sont alors mises en mouvement par la seule force du vent. Elles entraînent avec elles le multiplicateur et la génératrice électrique.
- Lorsque la vitesse du vent est suffisante (environ 3 m/s), l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor tourne alors à sa vitesse nominale.
- Quand le vent atteint une certaine vitesse (environ 13 m/s), l'éolienne peut fournir sa puissance maximale (voir figure « Courbe de puissance »). Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. Un système hydraulique régule la portance en modifiant l'inclinaison des pales par pivotement sur leurs roulements (chaque pale tourne sur elle-même).
- Lorsque la vitesse du vent dépasse 25 m/s (soit 90 km/h), un système d'inclinaison des pales entraîne un arrêt immédiat de l'aérogénérateur pour éviter des dégâts.

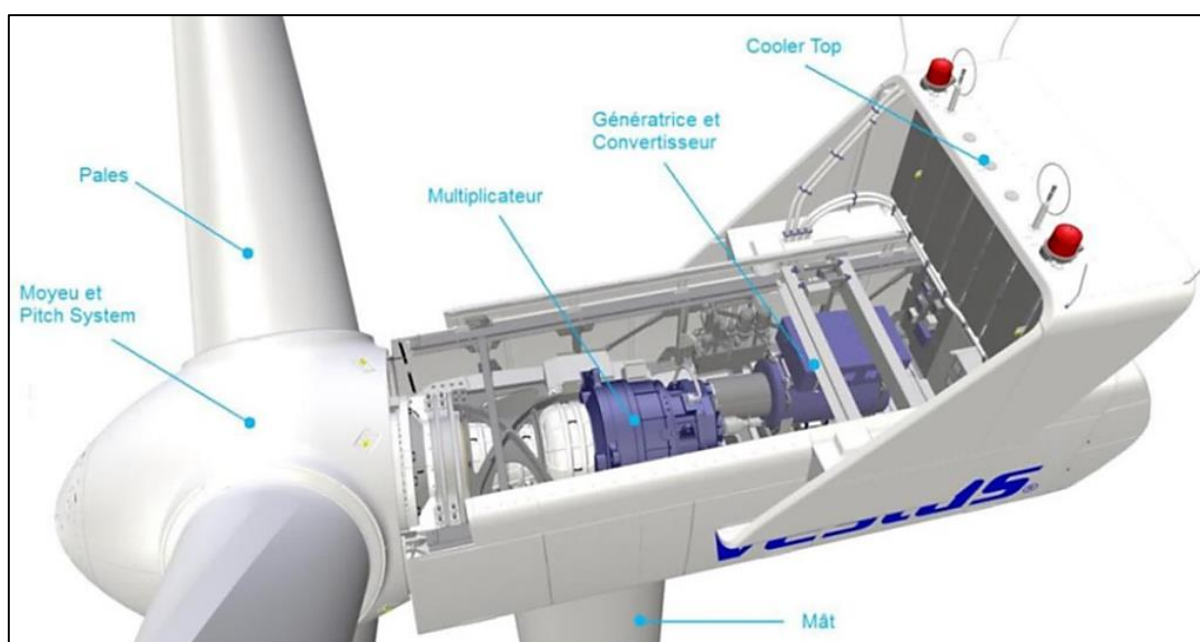


Figure 12 : Schéma Type d'une Nacelle (Source : EISE, Vestas)

## 4.1.2. Le type d'aérogénérateur choisi pour le projet

Le choix d'un type et d'un modèle d'éolienne se base sur différents critères, tels que :

- Les classes de vent et les conditions météorologiques présentes sur le site ;
- La topographie du site ;
- Les données de production (courbe de puissance) des différents modèles ;
- Le design des machines et de leur intégration dans le paysage, etc.

Le choix des éoliennes pour le projet éolien de Fère-Champenoise n'est pas encore définitif. Il s'agira soit du modèle V117-3,3 du producteur danois Vestas, soit du modèle N117 du producteur allemand Nordex.

D'une part, il convient de préciser ici que les données des éoliennes V117-3,45 sont similaires à celles des éoliennes V117-3,3.

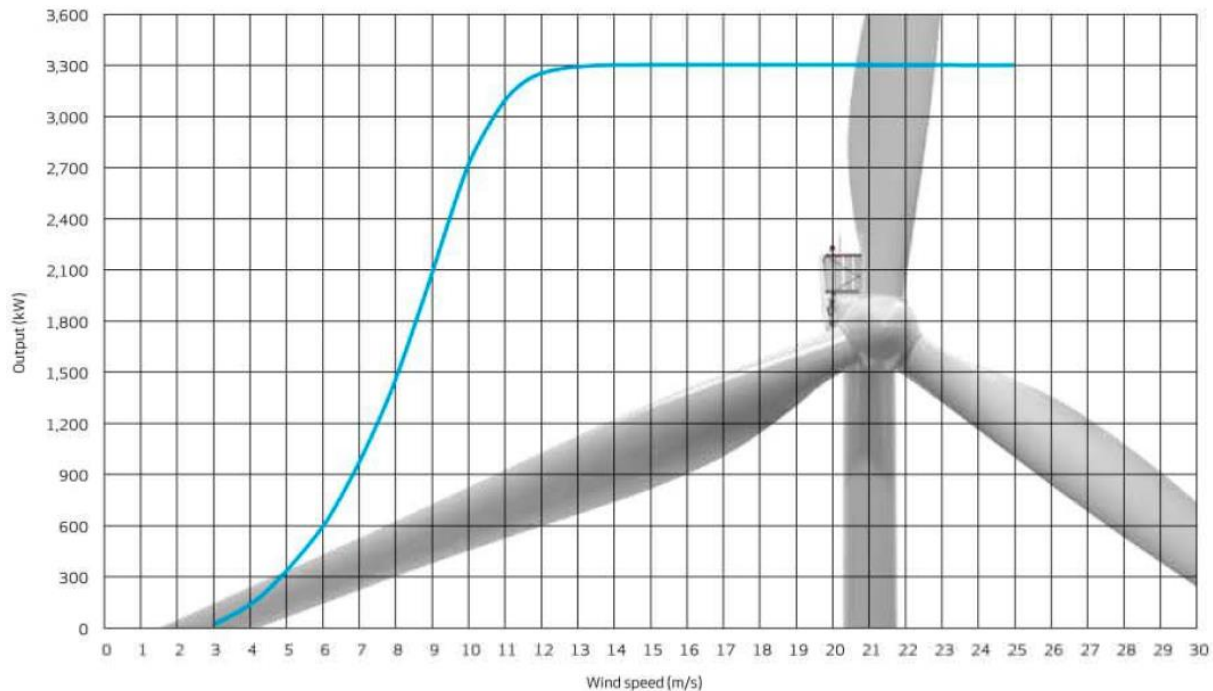
D'autre part, ce sont les impacts de la V117-3,45 sur son environnement et la santé humaine qui seront présentés dans ce dossier. En effet, les impacts de l'éolienne V117-3,3 sont légèrement plus importants que ceux de l'éolienne N117 (la hauteur de nacelle et donc la hauteur hors tout de l'éolienne V117-3,3 étant légèrement supérieurs à ceux de l'éolienne N117). Par ailleurs, la puissance acoustique maximale de l'éolienne V117-3,3 est de 106,8 db(A), tandis que la puissance acoustique maximale de l'éolienne N117 est de 106 db(A). Ainsi, l'utilisation des données techniques de l'éolienne V117-3,3/3,45 permet d'analyser dans l'étude d'impacts et l'étude de dangers le « pire des scénarios ».

Il est important de souligner ici que, dans le cas où des éoliennes de la même hauteur hors tout ou de compatibilité paysagère équivalente s'avéreraient être disponibles sur le marché avec une meilleure performance ou une puissance plus élevée, il serait envisageable d'adapter nos prévisions aujourd'hui décrites.

Ci-dessous sont présentées les principales données techniques de l'éolienne V117-3,3.

**Tableau 12 : Données techniques du modèle V117-3,3 (Source : EISE, Vestas)**

Données d'exploitation		Diamètre du rotor	Longueur des pales	Hauteur au moyeu	Hauteur hors tout
Puissance nominale	3300 kW				
Vitesse minimale de production	3 m/s				
Vitesse de vent minimale nécessaire à la production maximale	13 m/s	117 m	57,15 m	91,5 m	150 m
Vitesse maximale de fonctionnement	25 m/s				



### 4.1.3. Les éléments constitutifs de l'éolienne V117-3,3

#### 4.1.3.1. Les fondations

La fonction de la fondation est d'ancrer et de stabiliser les éoliennes dans le sol. Elle est composée de béton armé et est conçue pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.<sup>8</sup> Les fondations font entre 3 et 5 mètres d'épaisseur, pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Cela représente environ 1 000 tonnes de béton.

Un insert métallique (cage d'ancrage), disposé au centre, sert de fixation pour la base de la tour (celui-ci répond aux prescriptions de l'Eurocode 3). Cette structure est fonction des calculs de dimensionnement des massifs, qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :

- Le type d'éolienne (ici V117-3,3) ;
- La nature des sols ;
- Les conditions météorologiques extrêmes relevées sur le site d'implantation ;
- Les conditions de fatigue du béton.

<sup>8</sup> Normes européennes de conception, de dimensionnement et de justification des structures de bâtiment ; codes de construction

Le dimensionnement exact des fondations n'est donc pas encore fixé à ce stade du projet. Par exemple, dans un sol instable, une fondation plus profonde permettra d'assurer la distribution des forces aux couches portantes situées plus profondément dans le sous-sol.

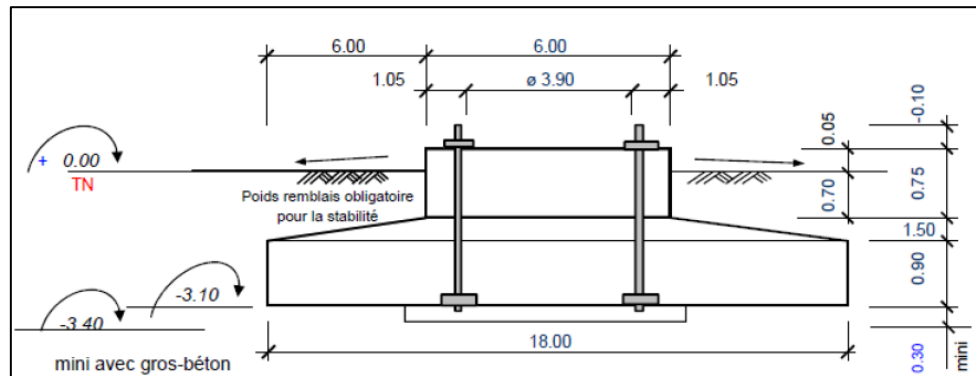


Figure 13 : Fondation type V117-3.3 MW (Source : Vestas)

#### 4.1.3.2. Le mât

La tour (ou mât) des éoliennes, qui supporte la nacelle et le rotor, est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier de plusieurs centimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par des brides.

La hauteur de la tour (ainsi que ses autres dimensions) dépendent du diamètre du rotor, de la classe des vents relevée sur le site ainsi que de la puissance recherchée.

La tour permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle. Elle abrite :

- Une échelle d'accès à la nacelle ;
- Un ascenseur ;
- Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs ;
- Les cellules de protection électriques.

Dans le cas des éoliennes Vestas, les tours tubulaires en acier, certifiées selon les normes en vigueur, sont disponibles en différentes hauteurs standards, permettant ainsi de s'adapter à la classe des vents et des conditions rencontrées sur le site.

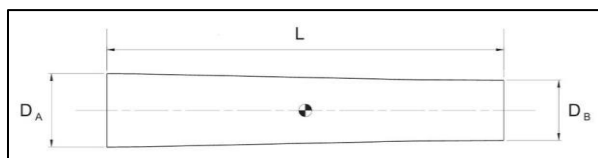


Figure 14 : Croquis simplifié du mât (Source : EISE, Vestas)

Tableau 13 : Principales caractéristiques du mât de l'éolienne V117-3,3 (Source : EISE, Vestas)

V117-3,3 MW	
Description	Tube conique
Matériau	Acier
Hauteurs de moyeu	91,5 m
Classe de vent (IEC)	IEC2A
Diamètre de section basse (DA)	Env. 4 m
Diamètre section haute (DB)	Env. 3 m
Nombre de sections	4

### 4.1.3.3. La nacelle

La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne. Elle supporte donc le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité, ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité. Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit, permettant d'accéder à l'extérieur.

Le système de refroidissement « Vestas Cooler Top™ » assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent. Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.

Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.

La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », qui permet à la nacelle de s'orienter face au vent.

Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,5 degrés par seconde, soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.

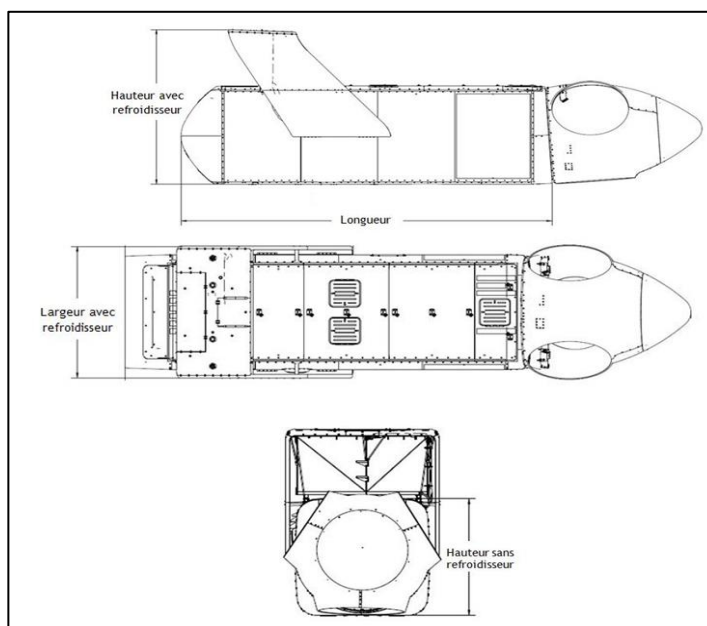


Figure 15 : Croquis type d'une nacelle Vestas (Source : EISE, Vestas)

Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe également un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, le dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne et le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.

Tableau 14 : Principales caractéristiques de la nacelle de l'éolienne V117-3,3 (Source : EISE, Vestas)

Caractéristiques de la nacelle	V117-3,3 MW
Longueur	12,8 m
Largeur sans Cooler Top	4 m
Hauteur avec Cooler Top	6,8 m
Hauteur sans Cooler Top	3,4 m
Poids total	Entre 130 et 160 t

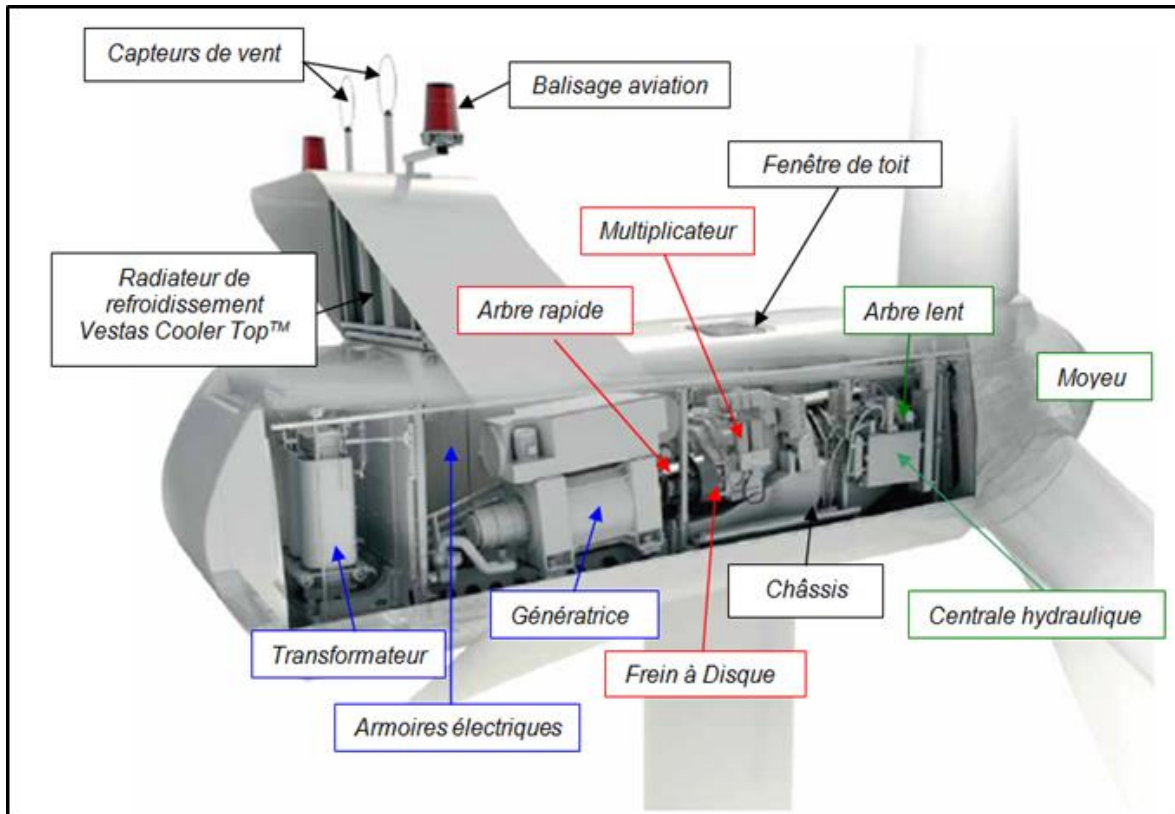


Figure 16 : Les composants de la nacelle (Source : EISE, Vestas)





#### 4.1.3.3.1. Le système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)

L'inclinaison des pales s'ajuste en fonction de l'apport en énergie du vent à la turbine à l'aide du « Vestas Pitch System ». L'inclinaison des pales sur le moyeu peut donc varier grâce à des vérins hydrauliques, placés sur un axe longitudinal, ce qui permet de profiter au maximum du vent instantané.

La variation de l'inclinaison entraîne une diminution ou une augmentation de la portance de la pale, donc du couple moteur. Un système de contrôle permet de déterminer la meilleure position des pales en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement.

Ce système maximise donc l'énergie absorbée par l'éolienne et fonctionne également comme premier mécanisme de freinage, en plaçant les pales en drapeau en cas de vents violents. C'est le système le plus efficace car il permet une régulation constante et presque parfaite de la rotation du générateur en bout de ligne, donc de la puissance.

Les pales sont contrôlées par un microprocesseur appelé « OptiTip® ».

Tableau 15 : Principales caractéristiques du « Vestas Pitch System » (Source : EISE, Vestas)

Caractéristiques du système de régulation « Vestas Pitch System »	V117-3,3 - 3,45
Angle	De -9° à 90°
Type	Hydraulique
Nombre	1 vérin hydraulique par pale

Tableau 16 : Principales caractéristiques du système hydraulique (Source : EISE, Vestas)

Caractéristiques du système hydraulique	V117-3,3 - 3,45
Pompe principale	Double pompe interne
Pression	260 bar

#### 4.1.3.3.2. Le multiplicateur

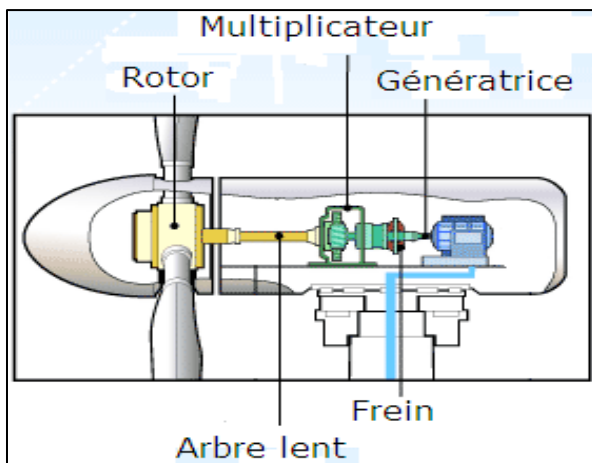
Le multiplicateur (auss appelé Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent.

Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Celui-ci permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1500 tours par minute.

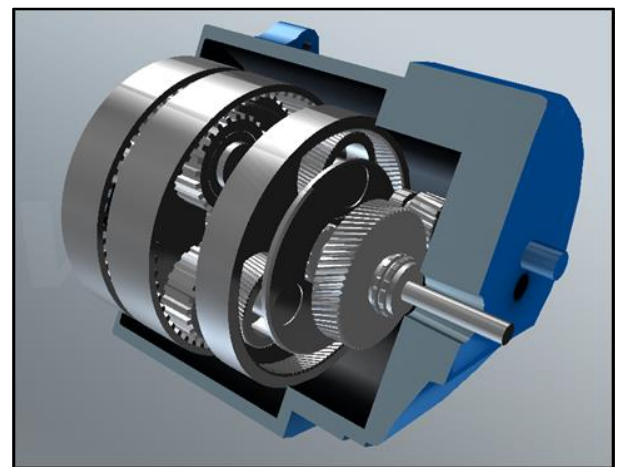
Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.

**Tableau 17 : Principales caractéristiques du multiplicateur de l'éolienne V117-3,45** (Source : EISE, Vestas)

Caractéristiques	V117-3,3 - 3,45
Type	5 étages : 3 étages planétaires et 2 étages multiplicateurs hélicoïdaux
Ratio	Entre 1/100 et 1/120 selon le modèle du multiplicateur
Quantité d'huile	Entre 1 000 et 1 200 l
Propreté de l'huile	-/15/12 ISO 4406



**Figure 17 : Schéma simplifié de la chaîne cinétique** (Source : EISE, Vestas)



**Figure 18 : Vue en coupe du multiplicateur de l'éolienne V117-3,45** (Source : EISE, Vestas)

#### 4.1.3.3.3. Le générateur électrique et le transformateur

Le générateur permet de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique, tandis que le transformateur élève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique dans le réseau.

Le générateur est ici de type triphasé synchrone délivrant un courant alternatif sous 710 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ converter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 650 V.

Cette tension est élevée par un transformateur de type sec, puis régulée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.

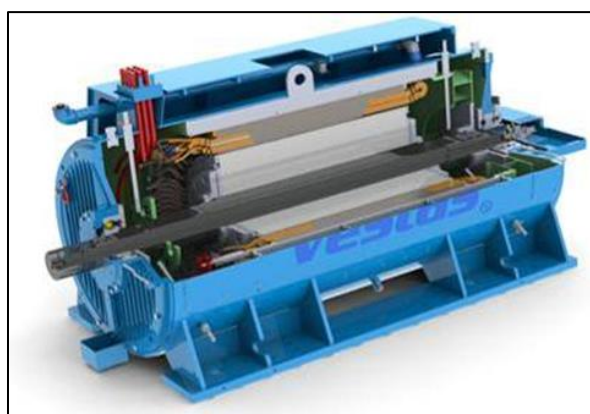
Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse, qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du parc éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement etc.). Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.

**Tableau 18 : Principales caractéristiques du générateur de l'éolienne V117-3,3 - 3,45 (Source : EISE, Vestas)**

Caractéristiques	V117-3,3 - 3,45
Description	Générateur triphasé asynchrone
Puissance nominale	3,45 MW
Fréquence	0-200 Hz
Tension nominale du stator	3 x 710 V
Efficacité	> 98 %
Vitesse nominale	Entre 1 450 et 1 550 tr/min
Limite de vitesse	2 400 tr/min
Niveau de vibration	> 1,9 mm/s
Classe d'isolation	F ou H

**Tableau 19 : Principales caractéristiques du transformateur (version IEC 50Hz/60Hz) de l'éolienne V117-3,45 (Source : EISE, Vestas)**

Caractéristiques	V117-3,3 - 3,45
Type	Transformateur triphasé de type sec
Tension primaire	10-35 kV
Puissance apparente	3 750 kVA
Tension secondaire	3 x 650 V
Pertes de charge (à puissance nominale, 120°C)	30,5 kW
Fréquence	50 ou 60 Hz



**Figure 19 : Vue en coupe du générateur (Source : EISE, Vestas)**



**Figure 20 : Localisation du générateur dans la nacelle (Source : EISE, Vestas)**

#### 4.1.3.3.4. Les autres éléments électriques

Présents dans la nacelle, le générateur et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes. Cependant, d'autres éléments électriques sont caractéristiques de l'éolienne Vestas V117-3,3 / 3,45 :

- **Le convertisseur** « Vestas Flexpower », qui contrôle et converti l'énergie produite par le générateur, il se trouve dans la nacelle.
- **Le système auxiliaire**, qui alimente les différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage de l'éolienne. Il se trouve dans la nacelle, dans les armoires de commandes.
- **Les capteurs de vent**, qui sont souvent à ultrasons avec chauffage intégré. Ils mesurent la vitesse et la direction du vent et se trouvent sur le « Vestas Cooler Top™ ».
- **L'onduleur**, qui permet d'alimenter les composants en cas de panne, il se trouve au pied de la tour.
- **Les câbles haute tension**, allant de la nacelle au bas de la tour.

#### 4.1.3.4. Le rotor et les pales

Le rotor sert à capter l'énergie mécanique du vent et à la transmettre à la génératrice via le multiplicateur.

Les rotors du fabricant Vestas sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et à double contact radial.

Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « Vestas Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « Vestas Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.

Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante (ce qui risque de provoquer une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor), le « Vestas Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, position dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales « en drapeau ».

Chaque pale est indépendante et équipée de son propre « pitch system » afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle de commande.

La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.

Tableau 20 : Principales caractéristiques du rotor de l'éolienne V117-3,3 - 3,45 (Source : EISE, Vestas)

Caractéristiques du rotor	V117-3,3 - 3,45
Diamètre	117 m
Surface balayée	10 751 m <sup>2</sup>
Plage de rotation opératoire	Entre 6,2 et 17,7 tr/min

Tableau 21 : Principales caractéristiques des pales de l'éolienne V117-3,3 - 3,45 (Source : EISE, Vestas)

Caractéristiques des pales	V117-3,3 - 3,45
Longueur	57,15 m
Largeur maximale (corde)	4 m
Poids unitaire	13,3 t ± 0,3
Matériau	Fibre de verre renforcée avec époxy de carbone

Les pales sont relativement légères grâce à l'utilisation d'une gamme de nouveaux matériaux. Par exemple la fibre de carbone – un matériau résistant, rigide et très léger a été utilisée en remplacement de la fibre de verre pour l'élaboration de la structure supportant la charge des pales. Grâce à la résistance de cette fibre, il est devenu possible de réduire la quantité de matériau employée pour la réalisation des pales et donc de diminuer appréciablement le poids total ainsi que les charges.

De plus, les profils aérodynamiques des pales font partie d'une nouvelle génération permettant d'augmenter la production d'énergie, de réduire l'impact de la rugosité sur le bord d'attaque de la pale, et de maintenir une bonne continuité géométrique entre un profil aérodynamique et le suivant. La géométrie de ces nouvelles pales a été définie en optimisant la relation entre l'impact général de la charge sur l'éolienne et sa production annuelle d'énergie. Le profil aérodynamique a été développé en collaboration avec le Laboratoire National de Risø, au Danemark. La conception innovante de la pale améliore la performance de l'éolienne et permet d'augmenter son rendement, tout en réduisant les charges transférées à la machine.



**Photo 1 : Une pale V112** (Source : document interne à l'entreprise)

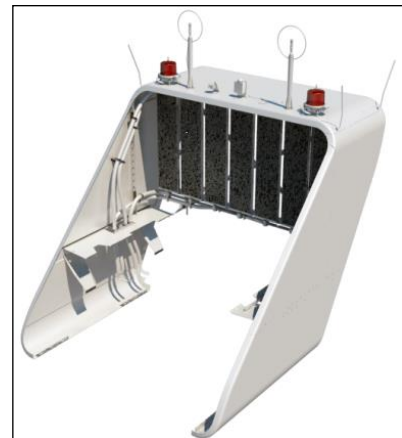


**Photo 2 : Un rotor V112** (Source : document interne à l'entreprise)

### 4.1.3.5. Le système de refroidissement

Le système de refroidissement se compose d'un nombre réduit de composants :

- le Vestas Cooler Top™ situé sur le toit à l'arrière de la nacelle, il refroidit grâce au flux naturel du vent les 2 systèmes suivants :
  - un premier système de refroidissement liquide, piloté par une pompe électrique, qui dessert le multiplicateur et le système hydraulique ;
  - un second système de refroidissement liquide, piloté par une pompe électrique, qui dessert le générateur et le convertisseur ;
- le refroidissement par air forcé du transformateur, comprenant un ventilateur électrique ;
- le refroidissement par air forcé de la nacelle, comprenant deux ventilateurs électriques.



**Figure 21 : Vestas Cooler Top™**  
(Source : ED, Vestas)

#### 4.1.3.5.1. Refroidissement du générateur et du convertisseur

Les systèmes de refroidissement du générateur et du convertisseur fonctionnent en parallèle. Un limiteur de débit dynamique est monté dans le circuit de refroidissement du générateur pour permettre de diviser le flux de refroidissement. Le liquide de refroidissement évacue la chaleur du générateur et du convertisseur par un radiateur à flux d'air libre placé au sommet de la nacelle.

#### *4.1.3.5.2. Refroidissement du multiplicateur et du système hydraulique*

Les systèmes de refroidissement du multiplicateur et du système hydraulique fonctionnent en parallèle. Un limiteur de débit dynamique est monté dans le circuit de refroidissement du multiplicateur pour permettre de diviser le flux de refroidissement. Le liquide de refroidissement évacue la chaleur du multiplicateur et du système hydraulique à travers des échangeurs de chaleur et un radiateur à flux d'air libre placé au sommet de la nacelle.

#### *4.1.3.5.3. Refroidissement du transformateur*

Le transformateur est équipé d'un refroidissement par air forcé. Le système de ventilation se compose d'un ventilateur central, situé sous le plancher de service et d'un conduit d'air acheminant l'air en dessous et entre les bobines HT et BT du transformateur.

#### *4.1.3.5.4. Refroidissement de la nacelle*

L'air chaud généré par les équipements mécaniques et électriques est évacué de la nacelle par deux ventilateurs situés de chaque côté de la nacelle. Le flux d'air neuf entre dans la nacelle grâce à une entrée d'air dans le fond de cette dernière. La vitesse des ventilateurs varie en fonction de la température dans la nacelle.

### **4.1.3.6. La lubrification**

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

Les substances chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes Vestas sont certifiés selon les normes ISO 14001:2004 ; on notera parmi les principales substances chimiques :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- les huiles de lubrification pour la boîte de vitesse ;
- les huiles pour le système hydraulique du Vestas Pitch system ;
- les graisses pour la lubrification des roulements ;
- les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

La toxicité de ces éléments est étudiée dans le cadre de l'étude d'impacts pour le projet éolien de Fère-Champenoise, incluse dans cette demande d'autorisation environnementale unique.



**Tableau 22 : Matériaux de lubrification présents dans les éoliennes Vestas V117-3,3 / 3,45 (Source : EISE, Vestas)**

Lubrification			
Points de lubrification	Produits*	Quantité	Changement
Roulements pour les pales	Klüber Klüberplex BEM41-141	Réservoir complet : 15 kg	Tous les ans
Dentures de la couronne d'orientation (pompe 1)	Klüberplex AG11-462	Réservoir complet : 2 kg	Tous les ans
Surface de la couronne d'orientation (pompe 2)	Shell Gadus S5 T460 1.5	Réservoir complet : 2 kg	Tous les ans
Roulements du générateur	Klüber Klüberplex BEM 41-132	2/3 du réservoir : 2,4 kg	Tous les ans
Roulements principaux	SKF LGWM 1	Réservoir complet : 8 kg	Tous les ans
Huiles			
Localisation	Produits*	Quantité	Changement
Système hydraulique	Texaco Rando WM 32/ Mobil DTE10-Excel32	250 litres	Selon les analyses
Multiplicateur	Mobilgear SHC XMP 320	Entre 1 000 et 1 200 litres	Selon les analyses
Pignonnerie des moteurs d'orientation nacelle	Shell Tivela S 320	96 litres	Tous les 10 ans
Liquide de refroidissement			
Localisation	Produits*	Quantité	Changement
Transmission et refroidissement hydraulique	Texaco Havoline XLC +B -40	200 litres	Tous les 5 ans
Refroidissement du générateur et du convertisseur	Texaco Havoline XLC +B -40	400 litres	Tous les 5 ans

Pour conclure, une éolienne de type Vestas V117-3,3 / 3,45 MW renferme approximativement :

- environ 600 litres de liquides de refroidissement ;
- entre 1 346 et 1 546 litres d'huiles ;
- environ 29 kg de graisses.

#### 4.1.3.7. La couleur des éoliennes et le traitement de surface

La couleur des éoliennes est définie en termes de quantités colorimétriques et de facteur de luminance, celle-ci est fixée par [l'arrêté du 13 novembre 2009](#) relatif à la réalisation du balisage des éoliennes :

- les quantités colorimétriques sont limitées au domaine blanc ;
- le facteur de luminance est supérieur à 0,4 ;
- cette couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne.

Les principales références RAL utilisables par les constructeurs d'éoliennes sont :

- les nuances RAL 9003, 9010, 9016 qui se situent dans le domaine blanc et qui ont un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,75 ;
- la nuance RAL 7035 qui se situe dans le domaine blanc et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,5 mais strictement inférieur à 0,75 ;
- la nuance RAL 7038 qui se situe dans le domaine du blanc et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4 mais strictement inférieur à 0,5.

La couleur standard appliquée aux machines Vestas V117-3,3 – 3,45 MW est le RAL 7035 pour les tours et les inserts. Le choix final de la couleur des éoliennes (parmi celles réglementaires et proposées par le fabricant) sera défini à la signature du contrat d'achat.

#### 4.1.3.8. Le balisage aéronautique

[L'arrêté du 13 Novembre 2009](#) fixe les exigences en ce qui concerne la réalisation du balisage des éoliennes. La hauteur totale de l'obstacle à considérer est la hauteur maximale de l'éolienne, c'est-à-dire avec une pale en position verticale au-dessus de la nacelle.

Le nouvel arrêté relatif au balisage des éoliennes en France est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> mars 2010 et a remplacé [l'Instruction n° 20700 DNA du 16 novembre 2000](#). Toutes les éoliennes doivent être dotées d'un balisage lumineux d'obstacle. Les éoliennes devront désormais respecter les dispositions suivantes :

- dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 mètres, le balisage par feux moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le mât ;
- couleurs acceptées pour les éoliennes : RAL 7035, 7038, 9003, 9010 et 9016 ;
- l'arrêté est rétroactif : les parcs existants doivent être adaptés à la nouvelle réglementation avant le 1er mars 2015.

Le balisage lumineux de jour est fixé comme suit :

- feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd) ;
- une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) doit être assurée.

Le balisage lumineux de nuit est quant à lui fixé comme suit :

- feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd) ;
- une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) doit être assurée.

Les éoliennes Vestas V117-3,3 / 3,45 MW sont équipées de feux d'obstacles clignotants à LED de technologie ORGA L450-63A/63B. Ce système de balisage de structures présentant un danger pour l'aviation intègre des technologies de pointe fiables sur le long terme et à faible consommation d'énergie.

Les caractéristiques de ce système de balisage sont présentées dans le tableau ci-après :



Figure 22 : Le système de balisage aéronautique (Source : EISE, Vestas)

Tableau 23 : Caractéristiques principales du système de balisage aéronautique de l'éolienne V117-3,45 (Source : EISE, Vestas)

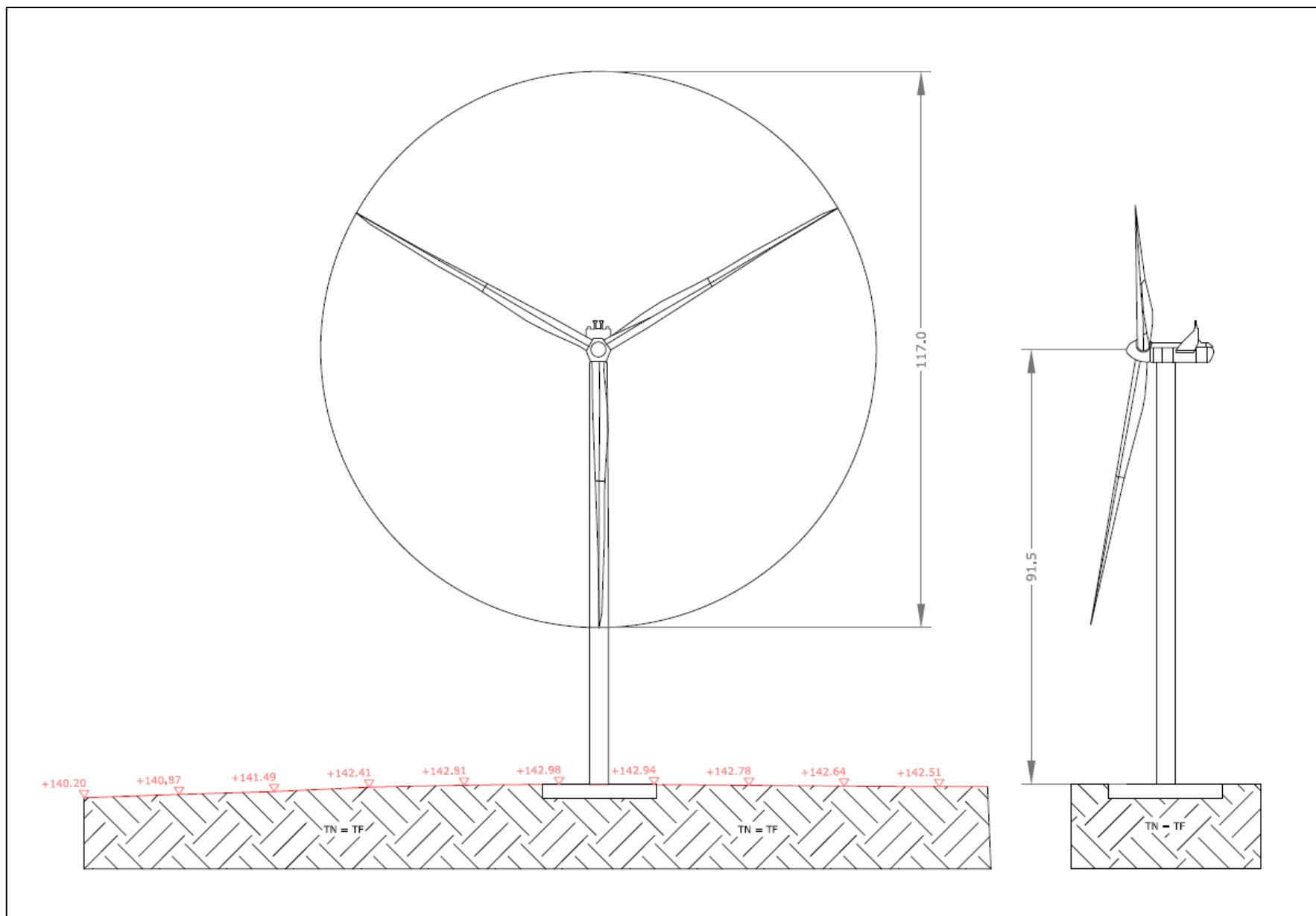
Caractéristiques	V117-3,3 - 3,45
Fréquence	40 flash/min le jour et 40 flash/min la nuit
Intensité	20 000 cd le jour et 20 000 cd la nuit
Visibilité	360°
Certification	ICAO Annex 14 Volume 14th Edition, July 2004, Chapter 6, Medium Intensity Type A and Type B obstacle light depending on model.

## 4.1.4. Synthèse – les éoliennes choisies dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise

Le tableau et le schéma ci-après synthétise les caractéristiques principales des aérogénérateurs choisis dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise.

Tableau 24 : Caractéristiques principales des éoliennes choisies. (Source : Vestas, Nordex)

Caractéristiques	V117-3,3	N117
<b>Données d'exploitation</b>		
Puissance nominale	3,3 MW	3 MW
Vitesse nominale de production	3 m/s	3 m/s
Vitesse de vent minimale nécessaire à la production maximale	13 m/s	12 m/s
Vitesse maximale de fonctionnement	25 m/s	25 m/s
<b>La tour</b>		
Hauteur	91,5 m	91 m
Nombre de sections	4	4
Diamètre section basse	Env. 4 m	-
Diamètre section haute	Env. 3 m	-
<b>La nacelle</b>		
Longueur	12,8 m	-
Largueur	5,1 m	-
Poids total	Entre 130 et 160 t	-
<b>Le rotor</b>		
Diamètre	117 m	116,8 m
Surface balayée	10 751 m <sup>2</sup>	10 715 m <sup>2</sup>
Plage de rotation opératoire	Entre 6,2 et 17,7 tr/min	Entre 8 et 14,1 tr/min
<b>Les pales</b>		
Longueur	57,15 m	58 m
Largeur maximale	4 m	-
Poids unitaire	13,3 t ± 0,3	-



## 4.2. Le poste de livraison

Le poste de livraison représente le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Il fait donc le lien entre le parc énergétique et le poste source ; ce qui permet d'injecter l'énergie produite dans le réseau de transport et de distribution.

Certains parcs, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension). La localisation exacte des emplacements du ou des postes de livraison dépend entre autres de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

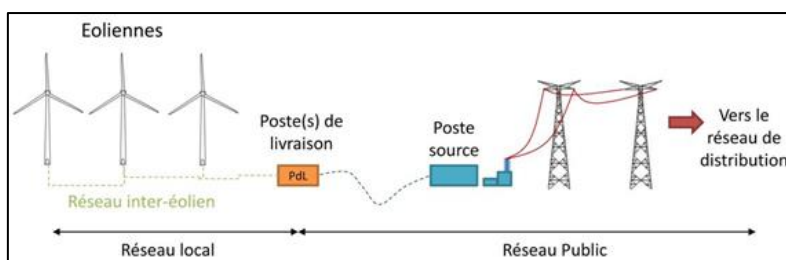


Figure 23 : Raccordement électrique des installations (Source : Vestas)

Dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise, un seul poste de livraison sera nécessaire. Celui-ci sera localisé au pied de l'éolienne F4 et pourra être raccordé au poste source de Mery Nord (voir point 4.5. « Possibilités de raccordement »). Le poste de livraison pour le projet sera localisé :

Tableau 25 : Données informatives sur le poste de livraison

Demandeur	Commune, lieu-dit	Section / Parcelle	Propriétaire	Exploitant
Energie du Partage 8	L'Étançon, Fère-Champenoise	VH / 12	M. Claude GIBART	MM. Thierry et Guillaume LENOIR

Tableau 26 : Coordonnées géographiques du poste de livraison

### Coordonnées géographiques du poste de livraison (international WGS84)

Longitude	Latitude
3°57'36,78 "	48°45'53,52"

### Coordonnées géographiques du poste de livraison (Lambert 93 - mètres)

X	Y
770 576,9	6 852 069,5

Le poste de livraison, adapté à la taille et la puissance du futur projet éolien et présenté ci-après, est le modèle « **CONCERTO BP10** » du fabricant **AREVA T&D SA**. Il a été décidé de prévoir le plus grand modèle de poste de livraison, car l'étude de raccordement détaillée d'ENEDIS (anciennement ERDF)

n'est pas encore à disposition. La dimension du poste de livraison dépend notamment de l'intégration possible d'un filtre ou du choix des composantes compactes. Il est donc possible que la taille du poste de livraison à construire pour le projet soit en réalité inférieure à celle présentée.

Pour le modèle « CONCERTO BP10 » une prise au sol au total de **26 m<sup>2</sup>** est à envisager. Les dimensions détaillées sont les suivantes :

- Hauteur hors sol : 2,62 m
- Hauteur totale : 3,24 m
- Largeur extérieure : 2,53 m
- Largeur intérieure : 2,3 m
- Longueur extérieure : 10,26 m
- Longueur intérieure : 10,06 m

Le poids d'un poste de livraison est d'environ 50 à 55 tonnes et le transport se fait par convoi exceptionnel au moyen de camion plateau.

Afin d'optimiser l'intégration paysagère du poste de livraison dans l'environnement du parc, la société Green Energy 3000 propose un bardage en bois du poste. Il est envisagé de réaliser un bardage semblable à celui réalisé lors de la construction du parc éolien développé par la société sur la commune de Saulces-Champenoises. Aussi, il sera constitué de lames verticales couleurs bois « claire » (voir photos suivantes). La toiture et les portes du poste de livraison ne seront pas recouvertes du bardage bois, l'ensemble restera en acier de couleur vert « forêt » tendant vers le noir.

Les schémas techniques détaillés du poste de livraison sont également présentés dans le sous-dossier « Projet architectural – Plans de masses et plans techniques ».





## 4.3. Réseau de câbles

Le câblage et raccordement électrique des éoliennes comprend deux parties distinctes :

- **Un réseau de câbles interne, également appelé « réseau de câbles inter-éolien »**

Celui-ci permet le raccordement de l'ensemble des éoliennes au poste de livraison. Le plan n°2 présentés dans le sous-dossier « Projet architectural – Plans de masses et plans techniques » montre le réseau de câbles inter-éolien dans le cadre du projet de Fère-Champenoise.

Selon les études faites à ce jour, environ 2 900 mètres de câbles devront être enfouis pour le réseau de raccordement interne. Pour cela environ 2 900 mètres de tranchées seront nécessaires. Il s'agira probablement de câbles NA2XS(F)2Y avec une section de 240 mm<sup>2</sup>. La tension d'exploitation sera comprise entre 12 et 20 kV (bien que la référence des câbles puisse être amenée à changer, les caractéristiques techniques demeureront inchangées).

- **Un réseau de câbles externe (réseau de raccordement au poste source)**

Celui-ci raccorde le poste de livraison du parc éolien avec le poste source, permettant ainsi d'acheminer l'énergie produite par la centrale au réseau public de transport d'électricité.

La longueur des câbles nécessaire au raccordement depuis le poste de livraison situé sur le site jusqu'au poste source dépendra du choix du tracé définitif d'ENEDIS. Au regard de la localisation du poste de livraison par rapport au poste source prévu pour le raccordement, on peut faire une première estimation de l'ordre de 16 à 18 kilomètres.

Le chapitre 5 ci-après détaille le processus d'enfouissement des câbles, pour les réseaux tant internes qu'externes.

## 4.4. Chemins d'accès et plateformes

Si le site d'implantation choisi est en parti desservi par de nombreuses voies départementales pouvant soutenir le transport d'éoliennes, les chemins existants au niveau du site d'implantation devront en revanche être renforcés et d'autres devront potentiellement être créés.

En effet, en phase de construction, les chemins d'exploitations actuels présents sur le site ne peuvent supporter les charges requises pour permettre le transport des différents éléments constitutifs des aérogénérateurs ainsi que des engins de chantier. En phase d'exploitation, ces chemins créés et/ou renforcés permettent d'accéder aux éoliennes à tout moment.

De la même façon des plateformes de grutage seront réalisées en vue de la construction (montage du mât et des pales entre autres) et resteront de manière permanente durant toute l'exploitation du parc éolien dans l'éventualité d'une intervention nécessitant l'usage d'une grue ou tout autre engin particulier.

L'organisation de l'accès au parc repose sur le principe de la minimisation de la création des chemins d'accès par une utilisation optimale des chemins existants (chemins d'exploitations, ruraux ou communaux). Le but est également d'éviter et de minimiser la destruction des milieux naturels.

Le site d'implantation est déjà pourvu de nombreux chemins permettant l'acheminement des matériaux jusqu'aux différentes parcelles devant accueillir les éoliennes. Ceux-ci devront simplement être renforcés. Environ 400 mètres de chemins supplémentaires devront être créés dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise, afin d'accéder aux éoliennes F1, F2 et F4 ainsi qu'au poste de livraison.

Le chapitre 5 ci-après détaille le processus de renforcement et/ou de création des chemins d'accès ainsi que les exigences et les spécificités de ces chemins et des aires de grutage.

A titre d'exemple, la photographie suivante présente un accès aux éoliennes de notre parc éolien de l'énergie du partage situé sur la commune de Saulces-Champenoises.



**Photo 3 : Accès aux éoliennes du parc de Saulces-Champenoises** (Source : document interne à l'entreprise)

## 4.5. Possibilités de raccordement

L'électricité produite par l'éolienne est dirigée dans un premier temps vers le poste de livraison installé sur le site. Le raccordement s'effectue par la suite via des câbles électriques souterrains jusqu'au poste source le plus proche du site. Ce réseau de câblage permet également d'obtenir une connexion à internet, permettant ainsi la télégestion du parc éolien. Dans la mesure du possible cette connexion se fera par le biais de fibre optique.

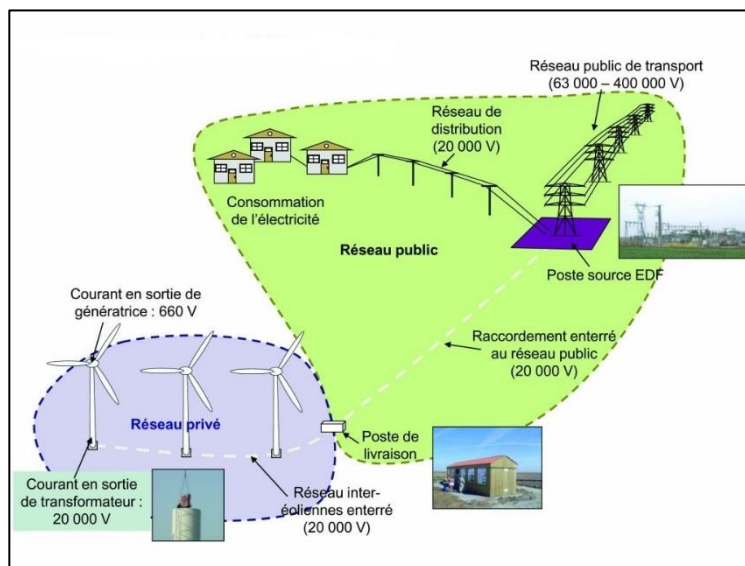


Figure 24 : Raccordement d'un parc éolien (Source : Nordex)

La production électrique du parc sera donc délivrée au réseau par l'intermédiaire du poste de livraison. Le raccordement se fait en concertation avec ENEDIS (gestionnaire local du réseau) et suit les recommandations du schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables de la région Champagne-Ardenne.

De par sa localisation, il est envisagé de raccorder le parc éolien au futur poste source de Mery Nord. Ce poste source se situera en effet à environ 16 à 18 kilomètres de l'implantation prévue du poste de livraison du parc éolien de Fère-Champenoise.

La création du poste de source de Mery Nord a été planifiée dans le cadre de la révision du S3REnR Champagne-Ardenne en 2015. Sa réalisation est en cours et il permettra d'accueillir 179,3 MW, réservés aux énergies renouvelables au titre de ce même S3REnR. Ceci assure donc la faisabilité d'un tel raccordement.

Il est également important de noter ici que les études d'impacts sur l'environnement et la santé humaine du raccordement du parc éolien planifié au poste source seront réalisées par ENEDIS (anciennement ERDF). Des mesures compensatoires seront proposées et mises en œuvre en cas d'impacts négatifs.