

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

ELECTROTECHNIQUE

EXPLOITATION D'UN PARC ÉOLIEN

DOSSIER TECHNIQUE

Sommaire

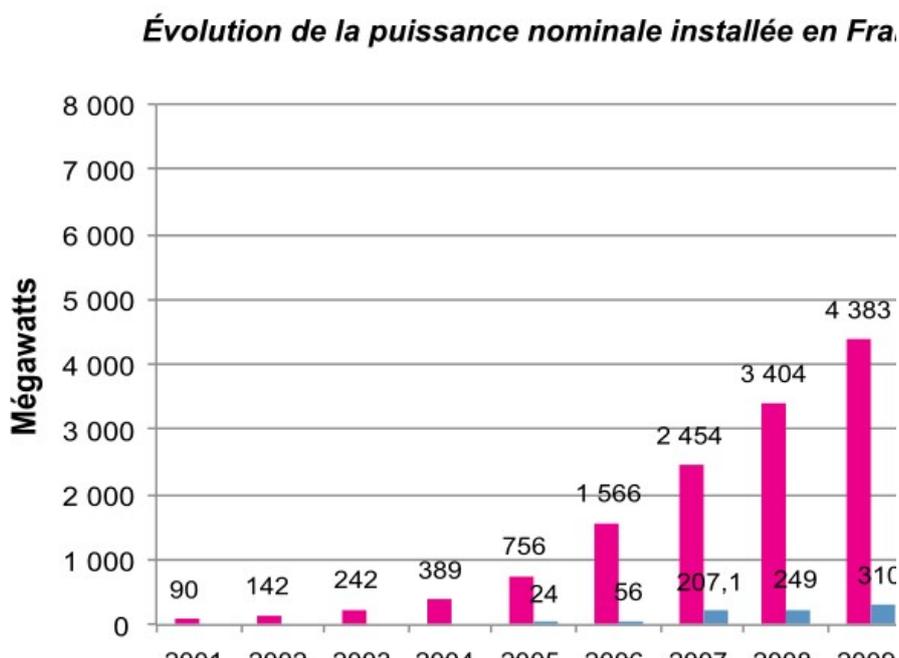
- 1. Présentation générale**
- 2. Raccordement du parc éolien**
- 3. Problématique**
- 4. Objectifs**

IMPLANTATION ET EXPLOITATION D'UN PARC ÉOLIEN

1. Présentation générale

L'amélioration de l'efficacité énergétique et l'exploitation croissante des énergies renouvelables (EnR) constituent les deux axes principaux de la transition énergétique que la France met en œuvre pour faire face à la demande croissante en énergie. Un des objectifs du Grenelle de l'environnement est de porter à 23 % la part des EnR dans la consommation d'énergie finale d'ici à 2020.

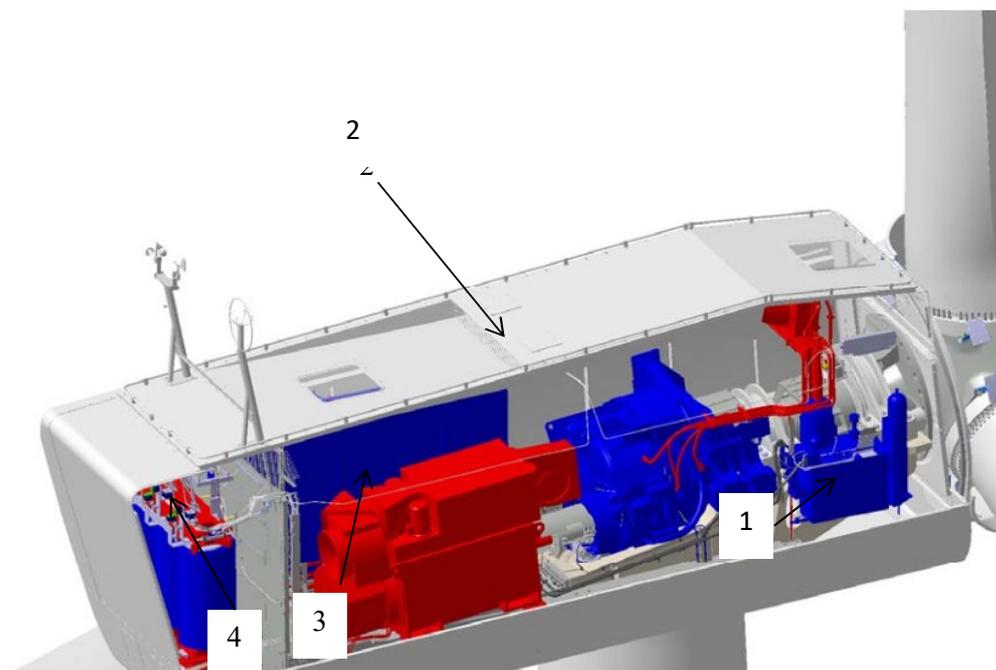
La production d'électricité à partir de l'énergie éolienne, encouragée par la politique énergétique des différents gouvernements, ne cesse de croître depuis ces dix dernières années comme en témoigne le graphique suivant :



Le département de la Meuse présente selon le Schéma Régional Eolien (SRE) de Lorraine des conditions favorables à l'implantation d'éoliennes. **La commune de « Les Souhemes-Rampont »** fait partie d'une des dix-huit Zones de Développement Eolien (ZDE) de la région, condition nécessaire pour bénéficier des tarifs de l'obligation d'**achat** garantie pendant 15 ans **par le gestionnaire du réseau électrique**. Le prix de rachat est actuellement **fixé à 8,2 centimes d'euros par kWh (8,2 c€/kWh)**, il est indexé sur l'inflation.

La société « Iberdrola Renewable » a obtenu le permis de construire autorisant l'implantation d'un parc de six éoliennes sur le site dit de « Rampont ».

Le fonctionnement d'une éolienne se décompose selon les étapes décrites dans le tableau suivant :



Etapas*	Remarques
<p>Conversion de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation par l'intermédiaire des pales (1) de la turbine.</p>	<p>La plupart des éoliennes possèdent un mécanisme d'orientation des pales (« pitch control ») permettant de modifier la force de portance créée par le vent et donc le couple transmis sur l'arbre. Ce dispositif est utilisé soit pour optimiser le rendement soit pour limiter la puissance convertie lorsque le vent devient trop fort.</p>
<p>Adaptation de la vitesse de l'arbre dit lent de la turbine à l'arbre rapide de la génératrice (2).</p>	<p>Les éoliennes de grand diamètre tournent à des vitesses faibles qui nécessitent un multiplicateur mécanique lorsque la génératrice associée est de type asynchrone. Une attaque directe sans multiplicateur est possible avec les génératrices de type synchrone.</p>
<p>Conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique par la génératrice (3).</p>	<p>Les génératrices utilisées sont soit de type synchrone soit de type asynchrone. Des convertisseurs électriques de puissance peuvent être utilisés pour contrôler la vitesse de l'éolienne afin d'optimiser le transfert de puissance.</p>
<p>Adaptation de l'énergie électrique par le transformateur de raccordement au réseau (4).</p>	<p>Les valeurs efficaces nominales des tensions entre phases des génératrices sont généralement de 690V. Un transformateur élévateur est donc nécessaire pour les raccorder au réseau de distribution HTA (20kV).</p>

* Les chiffres entre parenthèses correspondent aux annotations du schéma

2. Raccordement du parc éolien :

Les six éoliennes du parc de Rampont sont raccordées à un réseau haute tension (HTA) 20 kV relié à un poste source de 63 kV situé à quelques kilomètres du site. Un schéma unifilaire du poste de livraison et de comptage du parc éolien est fourni à la page 5/8. Deux antennes HTA 20 kV permettent le raccordement de trois éoliennes d'une part et des trois autres éoliennes d'autre part (non indiqué sur le schéma).

Chacune des éoliennes dispose en pied de mat d'une cellule HTA pour leur raccordement. Un transformateur BT/HTA (voir ses spécifications techniques page 7/8) situé dans la nacelle permet l'adaptation des tensions entre la génératrice (690 V entre phases) et le réseau HTA.

La page 6/8 de ce dossier présente le schéma de puissance unifilaire de raccordement BT d'une éolienne.

3. Problématique

Le parc éolien du site de Rampont est en exploitation depuis maintenant trois ans. Pendant sa phase de conception, l'enjeu principal était d'optimiser l'implantation des éoliennes de manière à assurer un retour sur investissement le plus rapide possible. L'exploitant du site rencontre cependant des difficultés suite à des défauts sur des matériels qui conduisent à l'arrêt de la production électrique d'une ou de plusieurs éoliennes. Les deux principaux défauts relevés concernent des pannes du relais de surveillance de la cellule haute tension de protection du transformateur HTA/BT et des déclenchements du disjoncteur général basse tension (BT) de chaque éolienne. Afin de réduire les périodes d'indisponibilité de chaque éolienne du parc, l'exploitant a confié une étude à un bureau d'ingénierie électrique. Ce dernier a diagnostiqué deux problèmes : les appareils de protection dont le disjoncteur général BT sont soumis à des températures élevées ; des surtensions sont à l'origine des pannes du relais de surveillance de la cellule haute tension.

La page 8/8 dresse la liste de ces deux types de panne sur une période de 15 mois. Ces arrêts de production représentent pour l'exploitant du site des pertes financières importantes.

4. Objectifs

- **Partie 1** Vérifier si le disjoncteur général BT peut fonctionner sous des températures plus élevées que celles pour lequel il a été initialement choisi. Rechercher, le cas échéant, les références d'un nouveau disjoncteur.
- **Partie 2** Choisir les dispositifs de parafoudres sur le réseau BT de chaque éolienne pour protéger les équipements.
- **Partie 3** Rédiger la fiche de consignation/déconsignation des cellules HTA du filtre passif.
- **Partie 4** Estimer les bénéfices engendrés par les choix de l'exploitant du site.

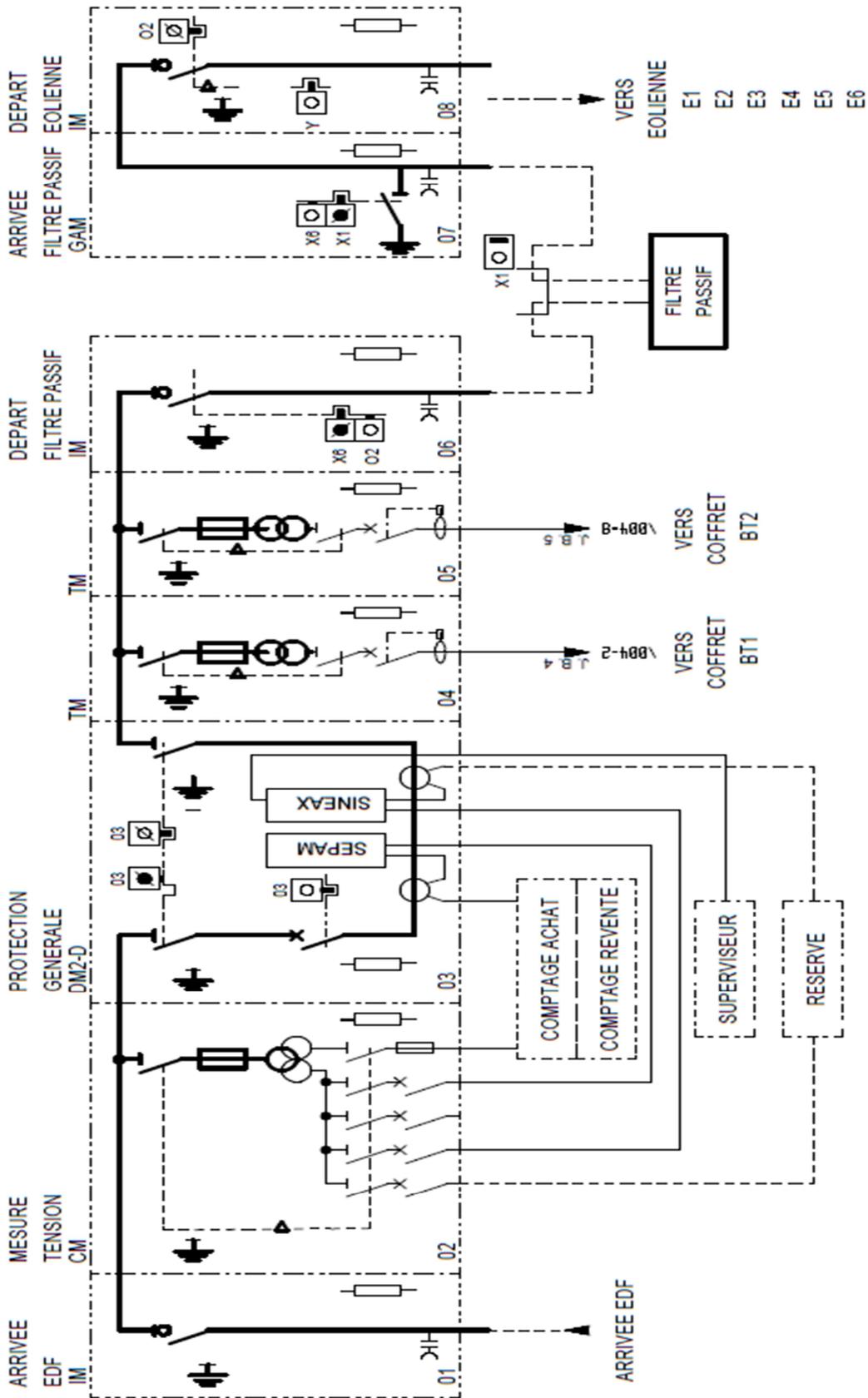


Schéma unifilaire du poste de livraison et de comptage du parc éolien

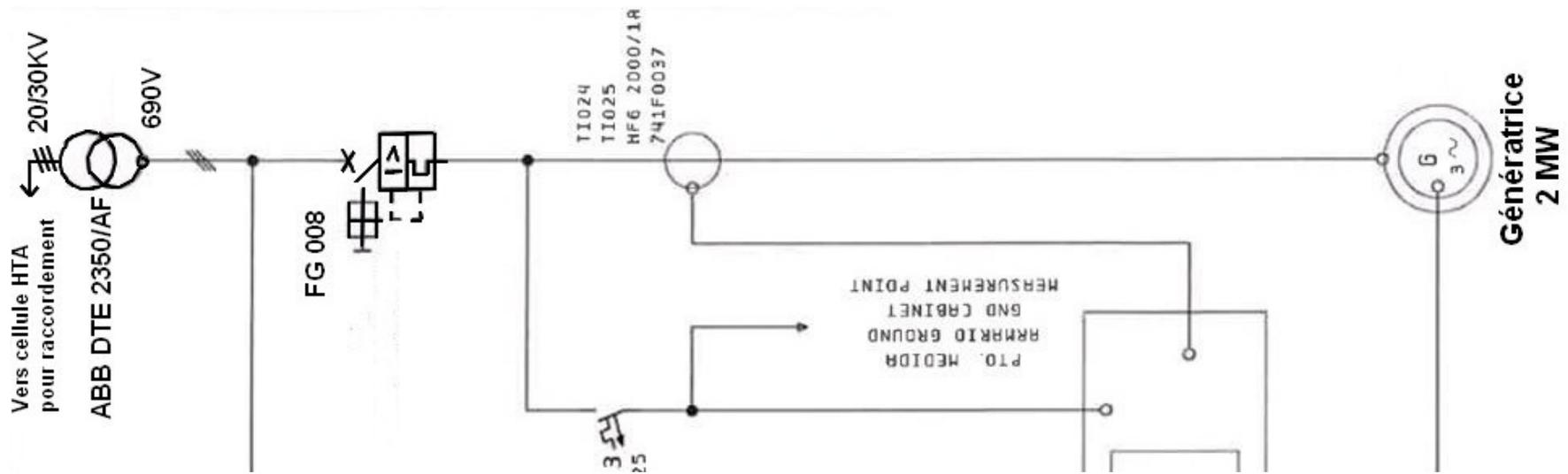


Schéma partiel de raccordement de l'éolienne N° 6



Transformateur de distribution
Spécifications Techniques
ABB – Gamesa Eolica
DTE 2350/AF

Caractéristiques	
Nom du produit	Transformateur de type sec enrobé moulé
Application	Distribution
Pays d'origine	Espagne
Puissance	[kVA] 2 350
Tension primaire	[V] 20 000
Courant primaire	[A] 67,8
Tension secondaire à vide	[V] 690
Courant secondaire	[A] 1966,3
Niveau d'isolation au secondaire	[kV] LI - / AC 3 / Um 1,1
Fréquence	[Hz] 50
Nombre de phases	3
Couplage	Dyn11
Bornes de raccordement (HT/BT)	Par le haut/Par le haut
Température ambiante - Max./Mensuel/moyenne annuelle	°C 40 / 30 / 20
Température d'échauffement moyenne maximum (HT/BT)	[K/K] 100 / 100
Environnement, Climatique, Feu Classe	E2, C1, F1
Classe de température (HT/BT)	F / F
Altitude (a.s.l.)	[m] <1000
Localisation géographique	Intérieur
Valeurs garanties	
Normes	CEI 60076-11
Tension de court-circuit (ou impédance %)	[%] 9,83 (CEI 60076-11 Tol.)
Perte à vide, Po	[W] 2780 (CEI 60076-11 Tol.)
Pertes en charge à 75	[W] 18700 (CEI 60076-11 Tol.)
Pertes en charge, Pk à 120	[W] 21000 (CEI 60076-11 Tol.)
Niveau de bruit Lwa	[dB] 74
Valeurs préliminaires IP31 (IP00)	
Longueur	[mm] 2690
Largeur	[mm] 1800
Hauteur (approx.)	[mm] 3200
Entraxe entre les galets	[mm] 1080
Poids total	[kg] 4250
Type de design	
Refroidissement	AN
Nature du bobinage côté primaire	Al
Nature du bobinage secondaire	Al
Nature du bobinage (HT/BT)	encapsulé/Imprégné
Caractéristiques standard /Accessoires	
Bornes de terre	
Relais de contrôle température type T119 DIN (livré séparément)	
Sondes de température PTC 130/150°C	
Plaque signalétique standard (Français)	
Galets bi-directionnels	
Régleur hors charge côté primaire	
Documentation (French)	
Enveloppe standard (IP31), RAL7035, Epaisseur: 70 µm, sortie des câbles HT et BT par le haut, cabine équipée de panneaux HT et BT boulonnés conformes C13 100 (sans système de verrouillage, en option sur demande)	

Spécifications techniques du transformateur de distribution

Précision : un transformateur étant réversible, le primaire et le secondaire dépendent de l'usage. Par convention, on considère, en sciences physiques, que le transfert d'énergie va du primaire vers le secondaire. Le transformateur de distribution utilisé dans chaque nacelle des éoliennes est élévateur et le sens de l'énergie va de la basse tension (BT) vers la haute tension (HT). Les spécifications techniques du constructeur ABB, indiquées ci-dessus, ne tiennent pas compte de cette convention.

Horodatage des arrêts de l'éolienne n° 6

Observation sur la période allant du 01/02/2011 au 31/04/2012

	Dates	Origine de l'arrêt	Jours d'arrêt	Jours d'arrêt
Arrêt	22/02/2011 16:20:09	Défaut relais de surveillance	0,98	
Redémarrage	23/02/2011 15:50:00		Total cumulé : 0,98	
Arrêt	25/02/2011 09:09:06	Défaut relais de surveillance	1,07	
Redémarrage	27/02/2011 10:45:00		Total cumulé : 2,05	
Arrêt	03/03/2011 17:00:00	Défaut relais de surveillance	0,66	
Redémarrage	04/03/2011 08:50:00		Total cumulé : 2,71	
Arrêt	16/03/2011 14:59:30	Défaut relais de surveillance	2,81	
Redémarrage	19/03/2011 10:30:00		Total cumulé : 5,52	
Arrêt	15/04/2011 13:08:16	Défaut relais de surveillance	1,06	
Redémarrage	16/04/2011 14:30:00		Total cumulé : 6,58	
Arrêt	10/07/2011 06:12:09	Défaut disjoncteur général		0,34
Redémarrage	10/07/2011 14:15:00		Total cumulé :0,34	
Arrêt	18/07/2011 09:25:00	Défaut disjoncteur général		0,23
Redémarrage	18/07/2011 15:00:00		Total cumulé :0,57	
Arrêt	27/07/2011 12:00:00	Défaut relais de surveillance	1,16	
Redémarrage	28/07/2011 15:50:00		Total cumulé : 7,74	
Arrêt	27/08/2011 12:00:29	Défaut relais de surveillance	2,76	
Redémarrage	30/08/2011 15:30:00		Total cumulé : 10,5	
Arrêt	17/10/2011 11:09:09	Défaut disjoncteur général		3,07
Redémarrage	20/10/2011 12:53:00		Total cumulé :3,64	
Arrêt	26/01/2012 22:00:34	Défaut relais de surveillance	0,26	
Redémarrage	27/01/2012 12:45:00		Total cumulé : 10,76	
Arrêt	30/01/2012 06:29:52	Défaut disjoncteur général		0,61
Redémarrage	30/01/2012 12:45:00		Total cumulé :4,25	
Arrêt	23/02/2012 19:55:29	Défaut relais de surveillance	1,8	
Redémarrage	25/02/2012 15:07:00		Total cumulé : 12,56	
Arrêt	28/03/2012 18:52:18	Défaut relais de surveillance	0,7	
Redémarrage	29/03/2012 11:45:00		Total cumulé : 13,26	
Arrêt	15/04/2012 20:35:00	Défaut disjoncteur général		1
Redémarrage	16/04/2012 20:45:00		Total cumulé :5,25	