

Sommaire des annexes

Rapport sur la sécurité des installations éoliennes

Réalisé par le Conseil général des Mines

	Page
Annexe 1 : Lettre de mission.	2
Annexe 2 : Personnalités rencontrées ou contactées par la mission.	4
Annexe 3 : Résumé de la norme CEI 61 400-1 : aérogénérateurs; exigences de conception.	6
Annexe 4 : Résumé de la norme EN 50 308 : Aérogénérateurs; mesures de protection, exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance.	9
Annexe 5 : La certification des éoliennes par le "Germanischer Lloyd".	11
Annexe 6 : La réglementation danoise.	25
Annexe 7 : Résumé des études ADEME sur la certification des éoliennes.	29
Annexe 8 : Extraits du code de l'urbanisme.	33
Annexe 9 : Extraits du code de l'environnement (étude d'impact).	35
Annexe 10 : Extraits du code du travail.	37
Annexe 11 : Extraits du code de la sécurité sociale.	45
Annexe 12 : Principaux documents et sites consultés.	46

LA MINISTRE DELEGUEE A L'INDUSTRIE

Paris, le 26 mars 2004

Note à l'attention de
Monsieur le Vice-Président du Conseil Général des Mines

Objet : mission sur la sécurité des installations éoliennes.

Le débat national sur les énergies a permis de rappeler que la croissance des énergies renouvelables constitue un des points de passage essentiels pour une politique de développement durable. Outils efficaces dans la lutte contre l'effet de serre et pour le développement décentralisé, les énergies renouvelables répondent à des préoccupations d'ordre à la fois éthique et économique. Elles représentent aussi un grand défi industriel pour cette décennie.

La France s'est engagée devant ses partenaires européens à produire en 2010 21% d'électricité à partir de sources renouvelables. C'est en grande partie l'électricité d'origine éolienne qui permettra de répondre à cet engagement et le parc français, même s'il est encore aujourd'hui modeste, devra nécessairement se développer fortement dans les prochaines années.

Les instruments économiques de promotion de l'énergie éolienne sont désormais en place. J'ai lancé récemment des appels d'offres sur l'éolien terrestre et en mer qui complètent l'obligation d'achat.

Le cadre juridique a également été clarifié. Des dispositions législatives récentes (loi du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie et loi du 2 juillet 2003 relative à l'urbanisme et à l'habitat) sont venues préciser le traitement des questions d'urbanisme, d'évaluation environnementale et de participation du public. Ce cadre a été rappelé dans une circulaire interministérielle adressée aux préfets le 10 septembre 2003.

Cependant, l'effondrement au début de l'année d'une éolienne du parc du Portel semble indiquer que les procédures en place n'apportent pas toutes les assurances pour une bonne gestion des implantations d'éoliennes.

Aussi je mandate le Conseil Général des Mines pour faire une évaluation détaillée des procédures et du cadre réglementaire applicables aux installations éoliennes et proposer en tant que de besoin les dispositions à prendre pour :

- préciser le cadre normatif sur la conception et l'exploitation des éoliennes ;
- définir les modes de vérification des installations, et notamment les organismes habilités ;
- renforcer les normes de sécurité à imposer aux futures constructions d'éoliennes.

Cette analyse pourra avantageusement s'inspirer des réglementations et des procédures en place dans les pays de l'Union Européenne où l'éolien s'est fortement développé (Allemagne, Espagne).

Vous disposerez de l'appui et de l'expertise de la DGEMP, des services de l'Etat dans les régions et départements concernés, ainsi que de l'ADEME et de ses structures régionales.

Je souhaite disposer du rapport de mission et des recommandations pour le 1^{er} juin 2004.



Nicole FONTAINE

Personnalités rencontrées ou contactées

Direction Générale de l'Energie et des Matières premières

M. Pascal DUPUIS	Chargé de la 5ième sous-direction "demande et maîtrise de l'énergie", DIDEME.
M. Christophe JURCZAK	Chargé du bureau 5B "énergies renouvelables et techniques nouvelles", DIDEME.
Mme Marie Dominique HOUDAS	Chef du Bureau des affaires sociales et statutaires, DIDEME.
M. Philippe CRUCHON	Directeur du Service technique de l'énergie électrique et des grands barrages, DIDEME.

Directions Régionales de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement

M. Didier DARGUESSE	DRIRE Nord-Pas-de-Calais.
M. Alain SCHAPMAN	DRIRE Haute-Normandie.
M. Michel BROT	DRIRE Languedoc-Roussillon

Direction des Relations du Travail

M. Robert PICCOLI	Chef du Bureau CT6 "chantiers et lieux de travail".
M. ETIENNE	Chef du Bureau CT3 "sécurité des équipements".
Mme ROUXEL	Chargée de mission, Bureau CT3.

Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction

M. Jean-Pierre BARDY	Sous-Directeur de la qualité de la construction.
----------------------	--------------------------------------------------

Commission Européenne

M. Martin EIFEL	Direction Générale "entreprises" Unité G3
-----------------	-------------------------------------------

Commission de Régulation de l'Energie

Mme Patricia de SUZZONI	Directrice du Marché et du Service Public de l'Electricité.
M. Marc CHEVREL	Chef du Département des marchés électriques.
M. Julien JANES	Chargé de mission.

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Mme Virginie SCHWARZ	Directrice "énergie, air, eau".
M. Jean-Louis BAL	Directeur des "énergies renouvelables".
M. BEUTIN	Chef du département "énergies renouvelables"

Professionnels de l'éolien

M. André ANTOLINI	Président du Syndicat des Energies Renouvelables
M. Antoine SAGLIO	Délégué général, Syndicat des Energies Renouvelables.
M. Cédric de SAINT-JOUAN	France Energie Eolien et Ventura
M. Philippe BRUYERRE	Espace Eolien Développement.
M. David QUENEL	SAEML
M. Jérôme GUILLET	Directeur de projets Energie, DEXIA Crédit Local
M. Jean-François RENAULT	Direction Energie Renouvelables TOTAL
M. Grégoire VERHAEGHE	Innovent

Electricité de France

M. Michel BENARD	EDF Energies renouvelables
M. Bernard DALLE	EDF Recherche et Développement
M. Claude JUGNET	Directeur technique SIIF énergie
M. Bruno FRAGET	SIIF énergie

Experts

M. BRASSELET	APAVE Nord ouest.
M. Alain FERAUD	APAVE Nord ouest.
M. GIRIBONE	Veritas France, Energie et Industrie de process.
M. BERDIN	Veritas France, Energie et Industrie de process.
Mme Annie DELORT	Union Technique de l'électricité et de la Communication (UTE).
M. Axel ANDREA	Germanischer Lloyd.
M. H. J. RIBER	DNV Global wind energy.

* *

La norme CEI 61 400 – 1

Aérogénérateurs Exigences pour la conception

Cette norme a été élaborée par la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), l'organisation internationale de normalisation compétente dans le domaine de l'électricité et homologue de l'ISO chargée des autres domaines.

La version dont la mission a eu connaissance est le projet référencé 88/184/CDV diffusé le 12 décembre 2003 pour mise au vote des instances nationales de normalisation (l'UTE par délégation de l'AFNOR pour la France) membres de la CEI. Il s'agit de la troisième édition destinée à remplacer la norme en vigueur adoptée en 1999; la première version ayant été publiée en 1994.

La version étudiée n'est disponible qu'en anglais. La norme en vigueur n'a pas été traduite en français et ne figure pas au catalogue des normes françaises. **Force est de constater que l'UTE n'a pas respecté son obligation de transposer en normes françaises les normes CEI** pour lesquelles les autorités normatives françaises n'ont pas émis un vote négatif.

Conformément aux "Accords de Dresde" conclus entre la normalisation internationale (ISO et CEI) et la normalisation européenne (CEN, CENELEC et ETSI), le projet de norme soumis au vote des organismes membres de la CEI est parallèlement soumis à l'enquête CENELEC. Le projet est donc destiné à devenir également une norme européenne.

1. **Domaine d'application.**

La norme vise à établir les exigences de conception à respecter pour fournir "un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tous risques durant la durée de vie de l'éolienne".

2. **Principes généraux.**

Les exigences portent sur la conception, la fabrication, l'installation, les manuels pour l'exploitation et la maintenance ainsi que sur les procédures associées d'assurance de la qualité afin d'obtenir la sécurité de la structure, des équipements mécaniques et électriques et du système de contrôle de l'éolienne.

3. Conditions environnementales.

L'éolienne doit être conçue pour résister aux conditions atmosphériques du site dans lequel elle est destinée à être installée.

La norme définit des "classes de turbine" en fonction de la vitesse et de la turbulence des vents.

Le premier paramètre de classement est la vitesse maximale en moyenne sur 10 minutes (dite "vitesse de référence") :

- Classe I : 50 m/s, soit 180 km/h;
- Classe II : 42,5 m/s, soit 162 km/h;
- Classe III : 37,5 m/s, soit 135 km/h.

Un second paramètre de classement (A, B ou C) caractérise l'aptitude d'une éolienne à plus ou moins bien supporter en service l'intensité de la turbulence du vent.

Par ailleurs, la norme impose la prise en compte de la turbulence des vents extrêmes lors de la conception de la machine.

S'agissant des autres paramètres environnementaux, la norme précise que les éoliennes doivent être conçues pour fonctionner entre -20 et $+50$ °. Elle stipule que la conception doit prendre en considération l'influence du givre, de la glace ou de la neige et, le cas échéant, la sismicité. Mais elle ne fixe aucune valeur seuil.

4. Conception de la structure.

La norme fait obligation de démontrer par calcul ou essais la résistance de la structure sous diverses charges. Les charges à prendre en compte sont définies par leurs natures (gravité, inertie, influence du vent...) et la situation de la machine (transport, assemblage montage, production, maintenance ...).

Des coefficients de sécurité sont définis pour tenir compte des incertitudes. Les conséquences de la fatigue des matériaux doivent être estimées par calcul.

5. Systèmes de contrôle et de protection.

La norme exige des dispositifs de contrôle de la puissance fournie, de la vitesse de rotation de la machine, de l'orientation par rapport au vent ..., des systèmes de protection contre les survitesses, les vibrations excessives, ...ainsi que des dispositifs de freinage et d'arrêt des pales.

6. Composants mécaniques et électriques.

Diverses exigences sur les composants mécaniques et électriques de la machine sont fixées, le plus souvent par référence à des normes existantes.

Ces exigences portent notamment sur la protection contre la foudre et la compatibilité électromagnétique (visée par une directive européenne).

7. Adéquation de la machine au site d'implantation.

Un chapitre de la norme est consacré aux mesures à prendre pour s'assurer que l'éolienne que l'on se propose d'installer est bien adaptée au site choisi. Doivent être notamment étudiés : le régime des vents, la topographie du site, l'influence des éoliennes voisines, la sensibilité aux tremblements de terre, les caractéristiques du réseau électrique, les propriétés du sol, ...

8. Montage, installation, exploitation et maintenance.

Enfin, deux chapitres de la norme traitent des dispositions à prendre pour assurer dans de bonnes conditions de sécurité le montage, l'érection, l'exploitation et la maintenance de l'éolienne. Ils exigent notamment l'existence de manuels et de procédures écrites. Des plans d'urgence en cas de survitesse ou d'orage sont également exigés.

Toutefois la norme ne traite pas d'éventuelles opérations de recette de l'installation.

* *

Norme EN 50 308

Aérogénérateurs Mesures de protection Exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance

Cette norme a été établie par le Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC) sur mandat de la Commission Européenne après avis du Comité "Normes et règles techniques" en tant que norme "harmonisée"¹ afin de fournir un moyen de satisfaire aux prescriptions essentielles de sécurité de la Directive Machine.

La version dont la mission a eu connaissance est référencée Pr EN 50308 et datée d'août 2003. Il s'agit du projet soumis au vote formel des organismes nationaux de normalisation membres du CENELEC. La norme a été adoptée par le CENELEC le 6 juillet 2004 sous la référence EN 50308 – 2004.

1. Domaine d'application.

Elle fixe "les prescriptions pour les mesures de protection ayant trait à la santé et la sécurité du personnel, applicables à la mise en service, au fonctionnement et à la maintenance des éoliennes d'axe horizontal".

Ses prescriptions tiennent compte des risques mécaniques (chutes, glissement, ...), thermiques (incendie, brûlures ...), électriques, engendrés par le bruit ou résultant de la non observation des principes d'ergonomie.

Elle fait référence à près d'une trentaine d'autres normes, et notamment aux normes de la série EN 292 (sécurité des machines : principes généraux), qui deviennent ainsi indirectement "harmonisées".

2. Prescriptions de sécurité et mesures de protection.

La norme fixe des prescriptions générales (tous les éléments doivent être sûrs au cours de la vie de la turbine ...) et en ensemble de prescriptions particulières touchant par exemple, aux points d'accès, aux conditions d'évacuation, aux plates-formes, aux installations de montée, aux parties mobiles, aux dispositifs de blocages, au bruit, aux arrêts d'urgence, à la déconnexion de la puissance, à la protection contre les incendies.

¹ Une norme européenne devient "harmonisée" si elle a été élaborée sur "mandat" de la Commission Européenne (c'est à dire à la demande formelle de la Commission. Le CEN ou le CENELEC peuvent refuser ce mandat ou en négocier les termes) et après publication de ses références au JOCE (c'est à dire après validation par les Autorités européennes).

Elle comporte également des prescriptions relatives à l'existence et au contenu des manuels à établir à l'usage de l'utilisateur : manuel portant description des instructions de sécurité et des procédures d'urgence, manuel de fonctionnement, manuel de maintenance.

3. Prescriptions concernant le fonctionnement et la maintenance.

Ces prescriptions visent la formation et les compétences des personnels d'exécution et de maintenance, les équipements de protection individuelle et les instructions de sécurité à imposer (deux personnes doivent toujours être présentes en cas d'intervention ...).

4. Annexe

Enfin, conformément aux pratiques en vigueur dans la normalisation européenne, la norme comporte une "annexe informative" rappelant les exigences réglementaires existant dans certains pays membres et venant en complément des prescription de la norme. Cette annexe concerne l'Allemagne, le Danemark, le Royaume Uni, la Grèce, l'Italie, les Pays Bas² et l'Irlande.

* *

² Le chapitre concernant les Pays Bas cite la norme NVN 11400-0 "Criteria for type-certification" qui semble imposer le recours à la certification par tierce partie, ce qui serait contraire à la Directive Machine.

La certification des éoliennes

par

Le Germanischer Lloyd

La présente annexe est constituée de deux documents qui ont été fournis à la mission par la société allemande "Germanischer Lloyd wind energie", l'organisme d'essais, de contrôle et de certification des aérogénérateurs le plus important en Europe.

Le premier présente la procédure de certification, avec ses diverses variantes, que propose le Germanischer Lloyd à ses clients.

Le second porte description des différents "certificats de conformité" susceptibles d'être délivrés par le Germanischer Lloyd afin de satisfaire les exigences qui prévalent dans les principaux pays de l'Europe du nord, à savoir : la Hollande, le Danemark et l'Allemagne. Il évoque les référentiels techniques adoptés par ces pays et les exigences de ceux-ci en matière de preuve de conformité.

* *



CERTIFICATION DES AEROGENERATEURS CONFORMEMENT AUX LIGNES DIRECTRICES ETABLIES PAR GL WIND ET AUX NORMES INTERNATIONALES APPLICABLES AUX INSTALLATIONS ON-SHORE

Axel Andreaä
Germanischer Lloyd WindEnergie GmbH
Steinhöft 9
D-20459 Hamburg, Allemagne
mél : an@gl-group.com

RESUME

Le rapide développement du secteur éolien ainsi que la taille croissante de la puissance des aérogénérateurs et projets éoliens obligent les sociétés de crédits et compagnies d'assurances ainsi que les autorités à exiger une évaluation de la fiabilité et de la sécurité de ces projets. Ces évaluations sont réalisées dans le cadre des procédures de certification des aérogénérateurs isolés ou des projets éoliens tels que les parcs éoliens installés sur terre (on-shore) ou en mer (off-shore). Depuis 1983, Germanischer Lloyd WindEnergie GmbH (GL Wind) a établi ses propres réglementations en matière de certification des aérogénérateurs. La dernière édition de ces lignes directrices a été publiée en septembre 2003. La présente description de certification est basée sur la procédure de certification élaborée par GL Wind en conformité avec la norme internationale CEI-WT01, toutes deux conformes aux normes sur les aérogénérateurs établies par la commission électrotechnique internationale : CEI 61400-xx.

Les procédures visant à obtenir la certification de type et certification de projet vous sont présentées en détails ci-après.

Il sera porté une attention toute particulière sur l'évaluation du site d'implantation des parcs éoliens. Cette évaluation prendra en compte la configuration du site et les conditions environnantes (vents et courants, tremblements de terre, terrain accidenté, climat extrême, etc.) sur terre, comme en mer.

1. INTRODUCTION

La norme DIN-EN 45020 définit la certification comme étant une procédure par laquelle une tierce partie donne une assurance écrite qu'un produit, système ou service est conforme aux exigences spécifiées par des référentiels. La procédure de certification des aérogénérateurs couvre les activités d'évaluation, d'appréciation, de mesure et d'inspection.

Dès 1995, un Comité d'Etudes (CE 88) de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) a été formé afin de travailler sur l'élaboration d'une norme internationale visant à définir les procédures de certification des aérogénérateurs. Ce travail a permis d'aboutir à la première édition de la norme CEI WT01 [1] publiée par le Bureau d'Evaluation de la Conformité (CAB) de la CEI, en avril 2001. Les premières normes et spécifications techniques publiées par le CE 88 datent de 1988 et concernent la sécurité des aérogénérateurs, les modalités d'essais des pales, les courbes de puissance, les techniques de mesure du bruit et des charges et la qualité de puissance. Elles constituent la norme internationale CEI 61400. D'autres normes relatives à la foudre ainsi qu'une norme de communication pour le contrôle et la commande sont actuellement en préparation. Vous trouverez ici un récapitulatif des normes internationales en vigueur ainsi que leurs applications respectives. Conformément aux Lignes directrices de GL Wind [8], la certification de type englobe l'évaluation de la conception, l'évaluation de la gestion qualité et des essais de prototype, cf. figure 1. La certification de projet est fondée sur la certification de type et couvre les aspects relatifs à l'analyse du site, le contrôle de la fabrication, le transport et le montage ainsi que la surveillance de la mise en service

et l'inspection périodique, cf. figure 3. Ces modules individuels permettront la délivrance des déclarations de conformité correspondantes. Les attestations de conformité seront remises dans la mesure où la certification de type et la certification de projets auront répondu aux exigences spécifiées.

2. PROCEDURE DE CERTIFICATION

2.1 Certification de type

L'élément le plus important de la certification de type est l'évaluation du dossier de conception. Il s'agit d'un examen approfondi de la conception visant à s'assurer que cette dernière est conforme aux exigences définies par les règles et normes applicables. L'essai du prototype de l'aérogénérateur constitue l'aspect pratique de la certification de type, tandis que le système de gestion de la qualité permet de s'assurer que le système de gestion du fabricant est bien conforme à la norme ISO 9001. La figure 1 illustre de façon schématique les procédures de certification de type.

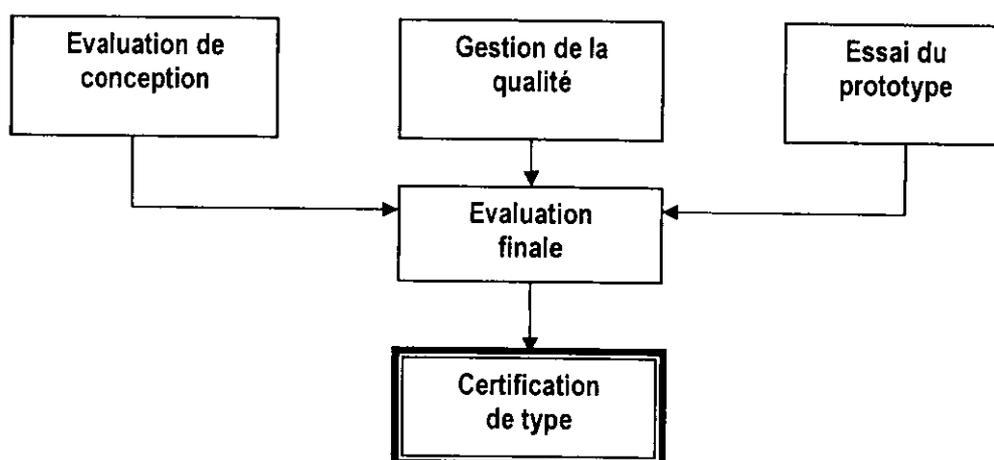


Figure 1. Etapes de la procédure de certification de type

2.1.1 Evaluation de conception

L'évaluation de la conception englobe les étapes d'évaluation et les normes applicables à l'évaluation telles qu'elles figurent au tableau 1. Elle se déroule généralement en deux étapes successives. La première partie couvre tous les aspects relatifs à la sécurité et au concept de contrôle-commande ainsi que ceux concernant les hypothèses de charge et les calculs de dimensionnement. Le dimensionnement des aérogénérateurs doit prendre en compte les codes d'aéroélasticité utilisant les champs des vitesses du vent stochastiques et les techniques d'analyse par éléments modaux ou finis [3]. Pour les aérogénérateurs implantés en mer, il conviendra de prendre en considération les charges inhérentes à l'aérodynamisme et l'interaction fluide-structure de la partie immergée. Cette dernière peut avoir une influence non négligeable sur la réponse structurelle de certains types de fondations et/ou structures sous-marines [4].

Code GL Wind	Etapes de l'évaluation	Codes ou normes applicables
xxxxx-1	Hypothèses de charge	Lignes directrices GL Wind [2], CEI 61400-1, éd. 2 [7]
xxxxx-2	Système de protection et manuels	Lignes directrices GL Wind [2]
xxxxx-3	Pales	Lignes directrices GL Wind [2], CEI/TS 61400-23 [5]
xxxxx-4	Composants mécaniques	Lignes directrices GL Wind [2]
xxxxx-5	Mât et fondations	Lignes directrices GL Wind [2]
xxxxx-6	Équipement électrique et protection contre la foudre	Lignes directrices GL Wind [2], CEI/TR 61400-24 [6], normes CEI correspondantes

Tableau 1. Etapes partielles d'évaluation dans le cadre de l'évaluation de la conception

La seconde partie de l'évaluation de la conception porte sur l'ensemble des éléments composants le système (composants mécaniques, mât et équipement électrique). Ceux-ci sont examinés au regard des charges précédemment approuvées et aux normes et spécifications techniques applicables. En l'absence de normes CEI relatives au calcul du dimensionnement des éléments mécaniques et de la structure de soutien, il conviendra de se référer aux Lignes directrices établies par GL Wind. Si l'analyse dynamique du système ne fait pas partie du dimensionnement général, elle devra être examinée parallèlement à l'évaluation de la conformité des composants. Afin de conclure l'évaluation de la conception, les manuels et procédures relatifs au transport, montage, démarrage, mise en service, exploitation et maintenance devront être contrôlés afin de s'assurer de leur pertinence, intégrité et conformité par rapport aux hypothèses définies dans le dossier de conception. Les essais de pales [5] font partie intégrante de l'évaluation de la conception des pales. Le dispositif de protection contre la foudre sera évalué dans le cadre de l'évaluation de l'équipement électrique. La figure 2 présente l'organigramme de l'évaluation de conception.

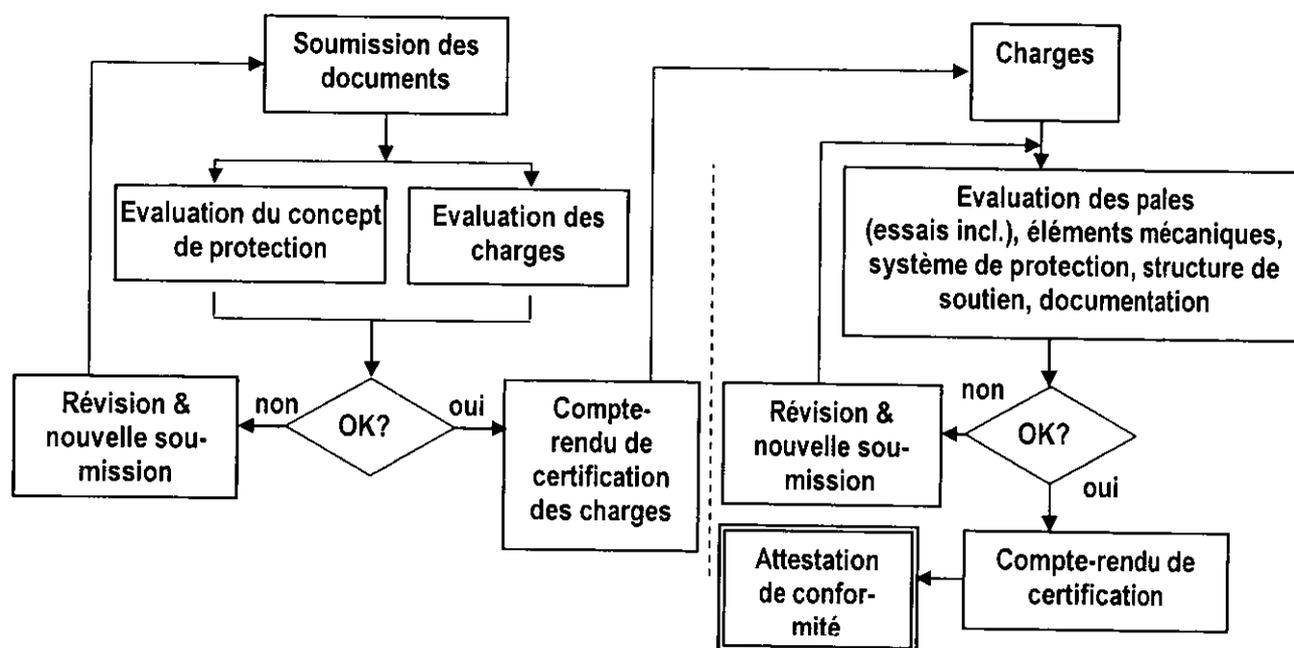


Figure 2. Procédure de l'évaluation de conception

2.1.2 Gestion de la qualité

L'évaluation de la gestion qualité du fabricant couvre l'ensemble des activités nécessaires afin de pouvoir assurer la qualité du produit. La certification du système de gestion de la qualité du fabricant conformément à la norme ISO 9001 (conception incluse) couvre une large partie de ces exigences. Il conviendra toutefois de cibler plus particulièrement le lien entre la gestion de la qualité et la qualité du produit. En effet, il faudra s'assurer que les exigences spécifiées dans la documentation technique relatives aux composants sont respectées et correctement mises en œuvre dans la production et le montage. En outre, les exigences concernant les évaluations de la conformité de conception, ateliers de production et techniques de fabrication spéciales constituent toujours une partie essentielle de la procédure de certification (de type).

2.1.3 Essais de prototype

Afin de valider le dimensionnement de conception, d'optimiser la commande, les performances et le comportement au bruit, de vérifier les performances des systèmes de protection et de contrôle-commande, les essais réalisés sur prototype constituent un élément indispensable à la procédure de conception et de certification. Les points mentionnés au tableau 2 feront l'objet d'une vérification par mesurage conformément aux normes spécifiées. Pour pouvoir introduire des mesurages dans la procédure de certification, les mesures devront impérativement être réalisées par des organismes indépendants certifiés selon l'ISO 17025, ou bien les contrôles d'étalonnage et de plausibilité des mesures devront être surveillés par l'organisme certificateur ou un organisme accrédité.

Objets soumis à mesurage	Codes ou normes applicables
Courbe de puissance	CEI 61400-12 [8]
Emissions sonores	CEI 61400-11 [9]
Mesures des actions, charges et contraintes, comportement dynamique	CEI/TS 61400-13 [10]
Caractéristiques électriques	CEI 61400-21 [11]
Mise en service	Lignes directrices GL Wind [2]

Tableau 2. Essais requis sur le prototype d'aérogénérateur et normes correspondantes

2.2 Certification de projet

La certification de projet s'applique aux aérogénérateurs ayant rempli avec succès les exigences de la procédure de certification de type et pour les sites d'implantation pour lesquels toutes les données requises sont disponibles. En règle générale, la certification de projet s'adresse aux projets éoliens comprenant au minimum deux aérogénérateurs et notamment aux projets de parcs éoliens on-shore ou off-shore. Cette certification porte sur l'installation dans son ensemble et par conséquent également sur les mâts de mesure, le câblage électrique et le transport de l'énergie ainsi que sur le poste de transformation et autres. La certification de projet englobe en outre tous les aspects relatifs à l'évaluation du site, le contrôle de la fabrication, du transport et du montage ainsi que la surveillance de la mise en service et l'inspection périodique, cf. figure 3.

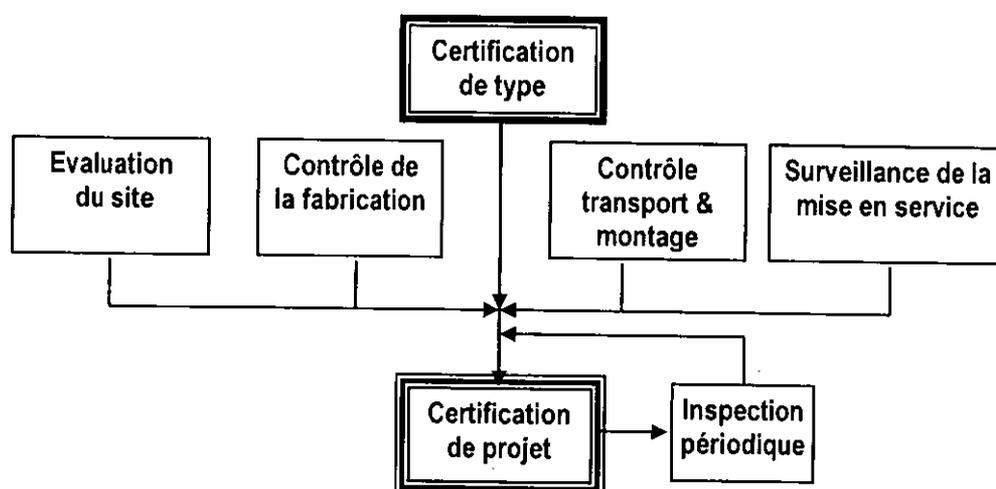


Figure 3. Etapes de la procédure de certification de projet

2.2.1 Evaluation du site

L'évaluation du site pourra être réalisée conformément aux Lignes directrices de GL Wind [2]. Les sites sélectionnés seront évalués au moyen de mesures portant sur les conditions énumérées ci-après ou dérivées de données théoriques ou autres (par ex. dérivées des normes en ce qui concerne les séismes) :

- conditions de vent (distribution des vitesses et directions des vents, intensité des turbulences),
- caractéristiques de vagues (courants, vagues)
- autres conditions environnantes (conditions climatiques, séisme, corrosion, etc.)
- conditions électriques et nature du sol.

Après analyse de l'évaluation du site, les résultats obtenus sont comparés aux caractéristiques utilisées dans le cadre de l'évaluation de conception faisant partie intégrante de la procédure de certification de type. Si les conditions environnantes relevées sur le site se révèlent être supérieures, le dimensionnement de l'aérogénérateur devra être revu à la hausse afin de s'assurer de l'intégrité de la conception et de son adéquation à être implanté sur le site en question. Les équipements spéciaux pour aérogénérateurs, tels que les versions pour « climats chauds » devront également être évalués. L'évaluation de conception générale sera ensuite étendue en une évaluation de conception spécifique au site.

2.2.2 Contrôle de la fabrication

Avant même de procéder à la certification de l'aérogénérateur, il conviendra d'effectuer les évaluations et homologations des usines, matériaux et procédures. Ces évaluations comprennent par ex. les agréments d'usine (soudage, stratification), essais de qualification des soudeurs, procédures de soudage et test de qualification et certificats de matières.

La surveillance peut être divisée en deux parties comprenant d'une part les activités réalisées dans l'usine et d'autre part celles effectuées sur le site de l'installation. L'étendue du contrôle qui devra être réalisé chez le fabricant dépend dans une large mesure du matériau ainsi que du processus de fabrication mis en œuvre dans la production du composant. Généralement, le contrôle de la production s'effectue de manière aléatoire. Les étapes clés et essais finaux faisant obligatoirement l'objet d'une surveillance.

2.2.3 Contrôle du transport et du montage

Les contrôles réalisés sur le site d'installation devront se restreindre aux étapes principales des travaux de fondation et d'installation. Les composants devront être identifiés et inspectés, le travail à pied d'œuvre ainsi que l'installation devront être effectués avant la mise en route de l'aérogénérateur.

2.2.4 Surveillance de la mise en service

La surveillance de la mise en service constitue une partie intégrante du processus de certification entre la phase de construction et la phase d'exploitation. Au cours de la mise en service, qui devra être exécutée conformément aux procédures précédemment approuvées, tous les composants relatifs au fonctionnement et à la sécurité de la machine doivent être soigneusement inspectés et/ou testés.

2.2.5 Inspection périodique

Les caractéristiques du système devront faire l'objet d'une inspection tous les deux à quatre ans dans le cadre de l'inspection périodique. Cette inspection sera réalisée par une tierce partie et portera sur la sécurité, la maintenance et le fonctionnement de la machine. La périodicité de cette inspection dépendra de divers paramètres tels que l'importance d'un composant, les caractéristiques du système complet et les procédures de maintenance ou autres exigences selon le cas.

3. CERTIFICATION DE TYPE EN ALLEMAGNE

En Allemagne, l'évaluation et la certification des aérogénérateurs s'effectue conformément au référentiel pour aérogénérateurs publié par le Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), [19]. Ce référentiel définit les charges applicables à la structure de l'aérogénérateur ainsi que les exigences en terme de dimensionnement du mât et des fondations basés sur ces charges. Le référentiel du DIBt est mentionné dans la liste des normes techniques du bâtiment qui a été introduite dans la plupart des Länder du pays en vue de son application pratique. En annexe de cette liste, des exigences supplémentaires relatives à l'inspection et la sécurité des pales et des pièces mécaniques de l'aérogénérateur ont été définies. Les charges ainsi que les pales et les pièces mécaniques doivent faire l'objet d'une évaluation par l'un des comités d'experts indépendants agréés par le DIBt (par ex. GL Wind). Ces vérifications sont documentées dans un compte-rendu d'expertise qui sera intégrée au rapport de certification de type de l'aérogénérateur concerné, publié par l'autorité compétente. La certification de type est la condition requise à la délivrance du permis de construire par l'autorité locale, compétente pour le lieu d'implantation. L'autorité locale se voit dans l'obligation de reprendre dans le permis de construire les conditions et/ou restrictions formulées dans les rapports d'expertise concernés et d'assurer leur réalisation (par ex. inspection de l'armature des fondations, contrôle de la conformité de la certification de type avec l'aérogénérateur installé, contrôle de la fabrication des pales, etc).

En principe, les certifications individuelles d'aérogénérateurs sont réalisées comme précédemment décrit. En revanche, le mât et les fondations sont examinés par un ingénieur en génie civil local mandaté par l'autorité compétente en charge du site.

Comparé aux pays dans lesquels une certification de type est exigée (tels que le Danemark, les Pays-Bas, la Grèce, la Suède, l'Inde, la Chine,...), les exigences requises en Allemagne sont beaucoup moins strictes (pas d'essai de prototype, pas de vérification électrique, pas de système de gestion de la qualité).

4. EXIGENCES NATIONALES EN TERME DE CERTIFICATION ET PERMIS DE CONSTRUIRE

Les exigences en matière de permis de construire pour les aérogénérateurs terrestres diffèrent largement suivant les pays où les aérogénérateurs seront installés. En général, une évaluation de conception ou expertise réalisée par un organisme de certification ou expert indépendant constitue une prescription minimale. En dehors de cela, les autorités compétentes exigent des documents ou vérifications complémentaires visant par ex. le respect du niveau des émissions sonores ou des autres impacts sur le paysage. Dans certains cas, les services publics locaux peuvent avoir une influence sur la décision des autorités locales dans la mesure où les raccordements au réseau électrique pourront être limités en terme de capacité ou de distorsion.

En Allemagne, les aérogénérateurs entrent dans la même catégorie que les immeubles. Par conséquent, les autorités compétentes procèdent elles-mêmes à l'examen des mâts et fondations. Pour la certification de type allemande, GL Wind pourra procéder en leur nom à l'évaluation du mât et des fondations.

La certification de type est exigée dans les pays suivants :

- Danemark, Pays-Bas, Grèce, Suède, Autriche, Chine, Japon, Inde,...
- Sur le littoral allemand (offshore) en dehors de la zone des 12 milles marins : Certification de type par un organisme de classification

Le permis de construire est obligatoire en

- Allemagne (pas d'essai de prototype, électricité, pas de QMS), France, certains états des Etats-Unis

Certification facultative (banques, investisseurs, compagnies d'assurances)

- Etats-Unis, Espagne, Royaume-Uni, Belgique

L'installation d'aérogénérateurs en mer (off-shore) dépend de l'agrément d'un certain nombre d'institutions ou associations actives dans le domaine de la protection de la nature et de l'environnement. Les aspects techniques ne sont pas les seuls à être pris en considération pour motiver la décision des autorités, qui prennent également en compte les influences d'une telle installation sur le trafic maritime, les parcs nationaux, la protection de la nature et de l'environnement, les pipelines, câblages, les aires d'entraînement de la marine, etc. La majorité des pays européens ont nommé un comité chargé de coordonner les différentes organisations concernées. La compétence des différentes autorités pourra dépendre de l'emplacement du site off-shore : à l'intérieur ou l'extérieur de la zone des 12 milles marins. Les règles et règlements internationaux tels que ceux de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) [15] sont à respecter.

5. CONCLUSION

Ce document vous a présenté la procédure de certification des aérogénérateurs et projets éoliens en conformité avec les normes de la CEI et les Lignes directrices de GL Wind. La CEI a établi un grand nombre de normes, compte-rendu ou spécifications techniques publiées sous la famille des normes CEI 61400. Ces normes ont été introduites dans la procédure de certification que nous appliquons. Un certain nombre de normes relatives aux exigences de conception pour les composants mécaniques, la structure et les systèmes de sécurité sont toutefois absentes. Afin de remédier à ces lacunes, GL Wind s'appuie donc sur les Lignes directrices qu'elle a elle-même établies pour la certification des aérogénérateurs. La procédure de certification conforme aux Lignes directrices de GL Wind ou à la norme CEI/WT 01 est décrite en détails pour un aérogénérateur individuel ou projet éolien sur terre ou en mer. Les différences inhérentes à ces deux types de certification ont été mises

en évidence et examinées. Les exigences spécifiques aux aérogénérateurs implantés en mer ont été brièvement présentées afin de vous fournir un aperçu du nombre de points restant encore à éclaircir à l'heure actuelle et qui seront pris en compte dans la nouvelle norme CEI 61400-3 sur laquelle travaille actuellement le comité d'étude et qui devrait être publiée d'ici la fin de l'année 2004. Dans le cadre de la certification des aérogénérateurs, la fiabilité, sécurité, résistance et fatigue sont évalués afin de garantir la sécurité de l'exploitation vis-à-vis des autorités compétentes (construction), des sociétés de crédits, fabricants et exploitants ainsi que des compagnies d'assurances.

6. REFERENCES

- [1] IEC WT 01 : IEC system for Conformity Testing and Certification of Wind Turbines, Rules and Procedures, 2001-04
- [2] Germanischer Lloyd Wind Energie GmbH : Guidelines for the Certification of Wind Turbines, Edition 2003.
- [3] D. Quarton, F. Rasmussen, K. Argyriadis, C. Nath : Wind Turbine Design Calculations - the State of the Art, Proceedings, European Wind Energy Conference, Göteborg, 1996.
- [4] Kühn, M.; etc. al : Structural and Economic Optimisation of Bottom-Mounted Offshore Wind Energy Converters, EU-JOULE III, JOR3-CT95-0087, Final Report, August 1998.
- [5] IEC TS 61400-23 : Wind Turbine Generator Systems – Part 23 : Full Scale Structural Testing of Rotor Blades, 2001-04
- [6] IEC TR 61400-24 : Wind Turbine Generator Systems – Part 24 : Lightning Protection
- [7] IEC 61400-1 : Wind Turbine Generator Systems – Part 1 : Safety Requirements, Ed.2, 1999-02.
- [8] IEC 61400-12 : Wind Turbine Generator Systems – Part 12 : Wind Turbine Power Performance Testing, 1998-02
- [9] IEC 61400-11 : Wind Turbine Generator Systems – Part 11 : Acoustic Noise Measurement Techniques, 1998-09
- [10] IEC TS 61400-13 : Wind Turbine Generator Systems – Part 13 : Measurements of Mechanical Loads, 2001-06
- [11] IEC 61400-21 : Wind Turbine Generator Systems – Part -21 : Power Quality Requirements for Grid Connected Wind Turbines, (IEC 88/101/CD:1998)
- [12] Matthies, H.-G., Meyer, M, Nath, C. : Offshore Windkraftanlagen; Kombination der Lasten von Wind und Wellen.
- [13] Germanischer Lloyd : Regulations for the Certification of Offshore Wind Energy Conversion Systems, Edition 1999.
- [14] Rekommandation for Teknisk Godkendelse af Vindmøller Pa Havet, 1. Udgave, Energistyrelsen Denmark, 15/06/2000.

- [15] Organisation Maritime Internationale (OMI) : catalogue des publications, www.imo.org.
- [16] Germanischer Lloyd : Richtlinie zur Erstellung von technischen Risikoanalysen für Off-shore-Windparks, Edition 2002.
- [17] Ebauche de la norme IEC 61400-3 : Wind Turbine Generator Systems – Part 3 : Safety requirements for offshore wind turbines, 2003.
- [18] Prénorme néerlandaise NVN 11400-0 : Wind turbines-Part 0 : Criteria for type certification – Technical criteria, avril 1999.
- [19] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) : Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweis für Turm und Gründung, Edition mars 2004 (non publiée à l'heure actuelle).



Procédures de certification

1. Certification conforme aux « Regulations for the Certification of Wind Energy Conversion Systems » (*Lignes directrices de certification des aérogénérateurs*), édition 2003 {GL}.

1.1 La procédure de certification d'un aérogénérateur ou projet éolien comporte les étapes suivantes :

- évaluation du dossier de conception et essai des pales,
- contrôle de la fabrication,
- analyse du site – contrôle durant le transport et le montage,
- mise en service,
- essai,
- inspection périodique.

A l'issue de ces étapes, GL Wind délivre une déclaration de conformité et compte-rendu de certification.

1.2 Le certificat de type (TZ) est délivré à un aérogénérateur sous les conditions suivantes : le dossier de conception doit être conforme aux spécifications requises, le fabricant doit mettre en œuvre un système qualité répondant au minimum aux exigences de la norme ISO 9001, l'évaluation de l'implémentation des spécifications requises en terme de conception dans la fabrication et le montage doit être positive et les essais réalisés sur le prototype de l'aérogénérateur doivent être concluants.

Classe A : Certificat de type pour aérogénérateurs fabriqués en série,

Classe B : Certificat de type pour aérogénérateur (tout point n'ayant pas trait à la sécurité de la machine pouvant être en suspens),

Classe C : Homologation d'un prototype.

La certification de type de classe A comporte un examen du dossier technique de conception, l'homologation d'un essai réalisé sur une pale statique, l'homologation de l'implémentation des exigences en matière de conception dans la fabrication et le montage, et des mesures. Le système qualité mis en œuvre doit être certifié conformément à la norme ISO 9001.

1.3 Le certificat de projet est délivré à un aérogénérateur individuel ou parc éolien à condition que toutes les étapes de la certification aient été homologuées par déclarations de conformité et que l'inspection périodique soit réalisée par GL Wind.

2. Certification répondant à la prénorme néerlandaise « NVN 11400-0, Aérogénérateurs - Partie 0 : Critères de certification de type – critères techniques », édition avril 1999 {NL}

2.1 La certification d'un aérogénérateur conformément aux normes néerlandaises comporte les étapes suivantes :

- Homologation du dossier technique de conception,
- Système qualité du fabricant,
- Courbe de puissance,
- Emissions sonores,
- Essais réalisés sur la machine.

2.2 Le certificat de type (TZ) est délivré à un aérogénérateur sous réserve d'homologation du dossier technique de conception, d'application par le fabricant d'un système qualité conforme à la norme ISO 9001 ou de conformité de ce dernier aux exigences requises par les normes néerlandaises, de présentation des mesures de puissance et de bruit et de résultats concluants aux essais sur le système.

3. Certification répondant aux critères techniques danois, {DK}

3.1 Les examens et homologations réalisés conformément aux réglementations de certification en vigueur au Danemark s'appuient sur les normes et réglementations suivantes :

- Norme danoise DS472 : Charges et sécurité des aérogénérateurs
- Fondements techniques pour l'homologation de type des éoliennes au Danemark, 15 avril 2000

3.2 Au Danemark, l'homologation des aérogénérateurs se divise en trois classes A, B et C. Pour les aérogénérateurs dont le diamètre du rotor est supérieur à 13 m, ces classes englobent les points suivants :

Classe A : Homologation de type pour aérogénérateurs fabriqués en série,

Classe B : Homologation de type pour aérogénérateur (tout point n'ayant pas trait à la sécurité de la machine pouvant être en suspens),

Classe C : Homologation d'un prototype.

L'homologation de classe A consiste en un examen du dossier technique de conception et l'homologation des essais et mesures réalisés sur la pale à l'état statique et dynamique. Le système qualité mis en œuvre doit être certifié conformément à la norme ISO 9001.

4. Evaluation de certification conformément à la réglementation allemande sur les constructions {D}

4.1 L'homologation de type conforme à la loi allemande sur les constructions est soumise au Ministère Fédéral du Transport, de la Construction et du Logement sur la base des décrets applicables et de la réglementation suivante :

- Richtlinie für Windkraftanlagen, Deutsches Institut für Bautechnik (*Directives relatives aux aérogénérateurs établies par le Comité allemand de construction civile*), juin 1993, révision 1995.

4.2 L'homologation se déroule en deux étapes :

- Avis technique (*Gutachtliche Stellungnahme*) sur les charges et composants mécaniques de la machine émis par un comité d'experts,

- Homologation de type du mât et des fondations par le Ministère Fédéral des Transports, de la Construction et du Logement. GL-Wind procède à l'examen des mâts et fondations en vue de délivrer les homologations concernées au nom de l'autorité compétente de Hambourg ou Düsseldorf.

Toute homologation de type décernée dans l'un des Länder est valable dans tous les Länder de la République Fédérale d'Allemagne.

5. Agrément des usines de fabrication des pales en composite fibre de verre

La fabrication de pales en composite fibre de verre requiert un niveau d'assurance qualité extrêmement élevé du fait que la construction des composants est réalisée en majeure partie de manière manuelle et que les conditions environnantes ont une influence non négligeable sur la qualité du produit. La qualification du fabricant ainsi que le système qualité interne mis en œuvre par celui-ci font l'objet d'une évaluation, homologation et contrôle par GL Wind. Le contrôle de la fabrication constitue une étape obligatoire de l'évaluation.

6. Mesures sur prototypes

Sur demande des fabricants ou exploitants, GL Wind pourra réaliser des mesures sur les aérogénérateurs, en coopération avec WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, WINDTEST Grevenbroich GmbH ou WINDTEST Ibérica. Ces mesures portent sur le système de sécurité et les composants de la machine ainsi que sur les résistances statique et dynamique et sur la puissance électrique. Ces mesures peuvent être utilisées en vue de confirmer les hypothèses de charges de dimensionnement relatives aux vibrations, à la résistance statique et à la fatigue.

La réglementation danoise

La présente annexe est issue du site¹ de l'Agence Danoise de l'Energie (DAWT). Elle présente la réglementation touchant les éoliennes en vigueur au Danemark.

Selon l'Agence Danoise de l'Energie, 86 modèles d'éoliennes auraient été approuvés sur la base des règles qui suivent. Il est intéressant de noter que sur ces 86 modèles, 64 ont été certifiées par le DNV, 16 par le Germanischer Lloyd, et 6 par le RISØ.

The Danish Approval Scheme for Wind Turbines

In order to install a wind turbine in Denmark, the turbine has to fulfil certain safety and quality requirements, which are described in the current set of rules for technical approval made by The Danish Energy Agency.

This homepage includes information on the structure and the contents of The Danish approval Scheme. Furthermore it contains information on how the set of rules is further developed, affiliated committees, possible newcoming rules and who carries out the practical approval work. Finally there is a list of wind turbines, which have been approved in accordance with the Danish requirements.

The Danish approval scheme is managed by Risø National Laboratory for The Danish Energy Authority.

Secretariat for the Approval Scheme

Besides the day to day assignments in administering and further developing the Danish approval scheme, the function of the secretariat involves a number of assignments within co-ordination, information and registration for The Danish Energy Agency.

In this context an important element is the participation of experts from Risø National Laboratory in various Danish and international committees which deal with developing new norms and standards that eventually can be included in the Danish rules and thus create a basis for a higher level of harmonising the approval schemes from various countries.

¹www.daxt.dk

Purpose and Overview

The Danish approval scheme for wind turbines has been established to fulfil a common desire from wind turbine manufacturers, users and authorities for a coherent set of rules for approval of wind turbines to be installed in Denmark.

To obtain permission to install a wind turbine in Denmark (on land or in the Danish waters excl., the Faroe Islands and Greenland) the turbines have to be approved in accordance with the Danish approval scheme. This approval is partly based on a type approval of the turbine and - for wind turbines produced in batches - partly on a certified quality assurance system which, as a minimum, describes production and installation of the turbine.

Type Approval

The type approval confirms that the wind turbine is designed in accordance with a current set of rules.

The type approval shall ensure that the turbines are in accordance with current safety requirements concerning safety systems, mechanical and structural safety, personal safety and electrical safety, and that the technical quality as service life of machinery and electrical components, efficiency, reliability and noise emission are examined and documented correctly.

The approval scheme defines three approval classes, A, B and C, each with a set of approval requirements. Class A and B are general approvals. The differences between the classes A and B are relatively small. Class A is a bit more comprehensive than class B especially concerning the documentation of the components which have no essential influence on the primary safety.

Class C approvals are only applied for test and demonstration wind turbines. The demands on documentation concerning quality aspects are considerably reduced. Because of that a class C approval is time limited, normally three years. After this the turbine approval has to be extended to a general approval or the turbine has to be dismantled.

Certification of quality assurance systems

The approval scheme also specifies requirements to the manufacturer's quality assurance systems for production and installation of the wind turbines. These systems must ensure that the quality of the actual wind turbine is as specified.

As for the type approvals the requirements vary with the approval classes A and B, with the most comprehensive requirements to A. The approval class C has no requirements for certification of the quality assurance systems.

Concerning the approval classes A and B the quality assurance systems must be verified according to the standards DS/EN 29000-series. (previously ISO 9000-series).

Turbines for household

If desired by the manufacturer turbines with a rotor diameter between 2 and 13 meters may be approved according to a special set of rules for household wind turbines.

In principle, this set of rules covers the same areas as the Technical Criteria, as the main purpose is that household turbines shall have the same safety level as wind turbines approved in accordance with the Technical Criteria.

The HB-approval for household turbines roughly corresponds to the B-approval for wind turbines and the HC-approval corresponds to the C-approval. Class A approvals are not applied in the set of rules for household turbines.

Compared to the Technical Criteria the set of rules is simpler and gentler especially regarding the documentation of quality aspects and the requirements to the manufacturer's quality assurance systems.

Set of Rules

The set of rules has been drawn up and described in "Technical Criteria for the Danish approval Scheme for Wind Turbines" including recommendations and in rules for household turbines "Godkendelsesregler for husstandsmøller". Along with the laws, announcements and standards which are referred to in "Technical Criteria" this constitutes the documented basis for approval.

List of Rules

The whole process, from construction, production and operation of the wind turbines, is included in the approval scheme, which applies to all wind turbines with a rotor diameter greater than 2 meters.

Technical Criteria

The Technical Criteria explains the approval principles and procedures and states the technical requirements, necessary for obtaining the type approvals and certificates for quality assurance systems for production and installation which is an integrated part of approvals for batch production.

A new edition of "Technical Criteria" has come out April 15, 2000.

The newest edition of rules for household turbines ("Godkendelsesregler for usstandsmøller") is from November 1, 1999.

Both editions of Technical Criteria can be downloaded under list of current set of rules.

Recommendations

In connection with Technical Criteria recommendations have been worked out with instructions as to how a number of the prescribed requirements can be fulfilled within specific fields. A complete edition of recommendations for 7 fields has been published in July 1992. Subsequently, revised editions of a few fields have been worked out (look under list of current set of rules).

List of Current Set of Rules

In order to read the following documents you can use Technical Criteria for the Danish Approval Scheme for Wind Turbines 15th April 2000.

Recommendations

Recommendation for fulfilling requirements in "Technical Criteria" July 1, 1992

This recommendation gives instructions, within relevant technical fields, as to how certain parts of Technical Criteria can be fulfilled (In Danish).

Recommendation for measuring the power curves of a wind turbine for usage in type approvals of wind turbines in relation to "Technical Criteria", September 18, 1992.

Recommendation for Basic Tests, According to the Technical Criteria for Type Approval and Certification of Wind Turbines in Denmark, January 1997.

Recommendation to Comply with the Requirements in the Technical Criteria for the Danish Approval Scheme for Wind turbines foundations, 10th August 1998

Recommendation for generator concepts for wind turbines, Supplement to Technical Criteria March 2nd 2000 (In Danish)

Wind Turbine Performance Testing. Supplementary requirements for the application of IEC 61400-12 under the Danish Approval Scheme for Wind Turbines, 7 March 2000

Recommendation for technical approval of offshore wind turbines, December 2001

Requirements to Cup Anemometers Applied for Power Curve Measurements under the Danish Approval Scheme for Wind Turbines, 14 January 2002.

Recommendation to Comply with the Requirements in the Technical Criteria for the Danish Approval Scheme for Wind Turbines : Gearboxes².

Recommendation for Design Documentation and Test of Wind Turbine Blades, 1. edition November 2002

* *

² 12 documents.

Etudes réalisées par le Bureau Veritas sur la certification des éoliennes

Le Bureau Veritas a réalisé successivement pour le compte de l'ADEME deux études sur les référentiels techniques et les diverses pratiques de certification en vigueur en Europe pour les aérogénérateurs. La présente annexe vise à décrire succinctement ces deux études.

1. Première étude : comparaison des référentiels européens

L'analyse réalisée par le bureau Veritas et dont le rapport final est daté du 9 janvier 2002 visait à comparer le contenu et la sévérité des trois référentiels européens (Germanischer Lloyd, norme néerlandaise NVN 11400-0 et norme danoise 472 (complétée par le guide du DNV), ainsi que la norme internationale CEI 61400-1.

Cette comparaison visait à permettre à un constructeur français de mieux appréhender, d'une part, les exigences plus ou moins sévères des spécifications techniques (normes ou réglementations techniques) en vigueur, et d'autre part, les différences dans les approches en matière de certification. Le rapport commence utilement par le tableau comparatif des pratiques en vigueur dans les 15 pays européens reproduit ci-dessous. Ce tableau est issu lui-même d'une étude (Joule project EWTC 99) financée par la Commission dans le cadre du programme Joule. Ces travaux, déjà anciens, montrent bien la très grande différence des pratiques en vigueur dans les différents états membres, avec 5 pays exigeants une certaine forme de certification des éoliennes. La situation française (avec étude d'impact, permis de construire, et autorisation électrique) apparaît loin d'être la plus complexe.

	<i>Autriche</i>	<i>Belgique</i>	<i>Danemark</i>	<i>Finlande</i>	<i>Allemagne</i>	<i>France</i>	<i>Grèce</i>	<i>Irlande</i>	<i>Hollande</i>	<i>Norvège</i>	<i>Portugal</i>	<i>Espagne</i>	<i>Suède</i>	<i>Suisse</i>	<i>Royaume Uni</i>
<i>Approbation génie civil</i>	X														Il n'y a pas d'exigences légales : les acteurs se justifient comme ils le souhaitent en apportant par exemple un certificat
<i>Normes électrotechniques</i>	X	X								X					
<i>Evaluation du bruit</i>	X	X								X					
<i>Analyse du sol/fondation</i>	X														
<i>Etude d'impacts</i>		> 10 MW				X				X	X				
<i>Permis de construire</i>	X		X	X	X	X				X	X	X		X	

Sécurité des opérateurs		X												
Certification			X		X		X		X				X	
Autorisation de connexion électrique						X								

Ce tableau mériterait d'être actualisé. Ainsi, les Pays-Bas ont annoncé lors d'un colloque en France à Paris en 2002 des exigences complémentaires en matière de distances d'isolement. Par ailleurs, le cas de la sécurité des opérateurs n'apparaît curieusement que pour la Belgique alors que la directive "machine" s'applique à tous les états membres.

L'étude fait près de 150 pages. On peut en retenir les éléments de base suivants :

- d'une manière générale les quatre référentiels techniques étudiés traitent principalement de l'aspect sécurité. Les autres caractéristiques étudiées, comme le bruit ou l'efficacité énergétique, ne seront pas examinées ici ;

- La norme CEI 61 400 comporte plus de prescriptions relatives à la conception des machines que les autres référentiels techniques, avec en particulier des exigences sur tous les plans et documents liés à la fabrication, l'installation, la maintenance ;

- la certification ISO 9001 n'est exigée que par GL et NVN ;

- chargement : le référentiel GL semble le plus surdimensionnant, en prenant des coefficients de sécurité élevés ;

- systèmes de protection et contrôle : les différents textes sont très ressemblants, la norme CEI 61400 regroupant le plus de prescriptions communes. Par contre, c'est la seule norme à ne pas préconiser explicitement deux systèmes de freinage indépendants ;

- Fondations : les spécifications GL sont de loin les plus complètes. Les normes CEI et NVN n'en parlent pas du tout. L'auteur de la comparaison relève que les exigences de la GL on-shore seraient facilement transposables en France. Il y a cependant incertitude, selon Véritas, quant au référentiel national à retenir :

- le DTU 132 (repris en norme française sous le n° NF P 11-212-2) si on considère l'éolienne comme un bâtiment ;

- ou fascicule 62 titre V du CCTG si on la considère comme un ouvrage de génie civil.

Le DNV fait des recommandations très précises en matière d'investigations géotechniques. Ce point, déjà important pour les éoliennes terrestres est clairement primordial pour les éoliennes offshore.

- Pales : les facteurs de sécurité sont détaillés dans les normes hollandaises et allemandes. L'étude signale par contre que les facteurs de sécurité apparents peuvent

être trompeurs du fait des situations de référence retenues. la norme CEI est finalement plutôt plus sévère que les autres.

En conclusion, on retiendra que cette étude comparative amène à considérer globalement que l'utilisation d'un des référentiels cités et à fortiori une certification de conformité à ce référentiel offrent en matière de sécurité des éoliennes des garanties qui peuvent différer sur certains points, mais sont en tout état de cause suffisantes dès lors que les points non abordés par certains référentiels sont convenablement traités par ailleurs (p. ex. fondations, ...).

2. *Deuxième étude : guide de certification type*

Développé à la suite de l'étude précédente et publié le 27 mai 2003, le «guide de certification type» préparé par le bureau Veritas dans le cadre d'une seconde convention avec l'ADEME vise à donner pour un constructeur français, et pour une éolienne installée en France, une trame de certification complète. Celle-ci comportait d'une part une certification volontaire pour l'essentiel des points non couverts par des réglementations françaises, et d'autre part les diverses exigences françaises applicables au domaine établi.

S'agissant de la conception en général, le bureau Veritas considère comme référentiel de base la norme CEI 61400-1 qui lui paraît "suffisante dans un premier temps", mais à plusieurs reprises le guide présente quelques recommandations ou exigences tirés des trois autres normes examinées dans la première étude.

1 – **Le principe de la certification proposée.**

Le cheminement proposé par Veritas (en l'absence de règlements ou normes françaises) est une certification de type qui consiste à :

- Prouver, par une revue de conception puis l'examen d'un prototype, qu'un modèle type d'éolienne a été conçu et réalisé selon les exigences du référentiel retenu ;
- S'assurer par une qualification de la production que les autres éoliennes fabriquées du même modèle sont bien identiques et offrent bien la même garantie. A ce titre, Veritas recommande fortement la certification ISO 9001 du site de fabrication ou à défaut demande à ce qu'un audit qualité soit réalisé;
- Valider les informations et documents dont disposera le client y compris pour l'installation, la maintenance, les consignes de sécurité, etc ...

Le projet Veritas propose d'ajouter à ce schéma quatre compléments techniques pour la France relatifs à la sécurité des opérateurs, aux fondations, à la protection contre la foudre, au système électrique, et aux contraintes aéronautiques.

Les remarques et les points essentiels qu'appelle cette étude touchent à :

- **La sécurité des opérateurs** : le bureau Veritas rappelle que la procédure est une autocertification CE conformément à la directive "machine" Il propose à ce titre aux constructeurs une assistance à l'autocertification CE . Dans le cas de la protection des travailleurs contre les **dangers des courants électriques** (décret du 14 novembre 1988), il est aussi proposé un «accompagnement» sur l'ensemble des exigences, y compris dans le cas particulier des locaux "enceinte conductrice exigüe", soumis à l'arrêté du 7 décembre 1988 (notamment partie centrale de la nacelle) ;

- **Les Fondations** : bien que rédigé antérieurement à l'accident provoqué par un défaut des fondations (erreur de calcul) à Dunkerque en mars 2004, ce chapitre est très détaillé. Il examine les spécifications générales issues des exigences de la norme CEI 61400-1, celles du GL ainsi que les diverses règles et normes françaises. Veritas prend clairement position pour l'application des règles « génie civil », mais en proposant des compléments par rapport au fascicule 62 du titre V du CGCT. Sont en particulier soulignées l'importance de la reconnaissance de sol (géotechnique), la bonne prise en compte de l'ensemble des sollicitations pour les combinaisons d'hypothèses plausibles, ainsi qu'une qualité particulière de construction, sous assurance qualité.

- **La protection contre la foudre** : ce point est traité par la norme CEI et par une norme non obligatoire française (NFC 17100 : règles d'installation des paratonnerres). Par leur nature même les éoliennes présentent plusieurs grosses difficultés en matière de protection contre la foudre (mât paratonnerre quasiment impossible à protéger car devant dominer de plusieurs mètres le point le plus haut des pales, passage possible de courant entre les pales et l'ossature de la nacelle et du mât, matériaux des pales...).

- **La protection contre la corrosion** : cas des éoliennes offshores.

- **Les contraintes aéronautiques** : il s'agit des servitudes aéronautiques et du balisage imposés par le code de l'aviation civile.

- Sont également traitées les protections contre les perturbations électromagnétiques et obstacles des centres d'émission et de réception radio-électriques, etc... .

En résumé, cette seconde étude réalisée par Véritas pouvait constituer l'ossature sur laquelle un constructeur ou un porteur de projets français aurait pu s'appuyer afin de garantir pour ses employés directs ou sous-traitants et pour son voisinage une sécurité satisfaisante de ses éoliennes.

* *

Extraits du code de l'urbanisme

Dispositions relatives au permis de construire

Règlement national d'urbanisme [articles R111-1 à R111-27]

Article R111-1 : Les dispositions du présent chapitre ne sont pas applicables dans les territoires dotés d'un plan local d'urbanisme rendu public ou approuvé, ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu, à l'exception des articles R. 111-2, R. 111-3-2, R. 111-4, R. 111-14-2, R. 111-15, R. 111-21.

Article R111-2 : Le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales si les constructions, par leur situation ou leurs dimensions, sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique. Il en est de même si les constructions projetées, par leur implantation à proximité d'autres installations, leurs caractéristiques ou leur situation, sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique.

Article R111-3-1 : Le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de prescriptions spéciales si les constructions sont susceptibles, en raison de leur localisation, d'être exposées à des nuisances graves, dues notamment au bruit.

Article R111-3-2 : Le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales si les constructions sont de nature, par leur localisation, à compromettre la conservation ou la mise en valeur d'un site ou de vestiges archéologiques.

Article R111-4 : Le permis de construire peut être refusé sur des terrains qui ne seraient pas desservis par des voies publiques ou privées dans des conditions répondant à l'importance ou à la destination de l'immeuble ou de l'ensemble d'immeubles envisagé, et notamment si les caractéristiques de ces voies rendent difficile la circulation ou l'utilisation des engins de lutte contre l'incendie. Il peut également être refusé si les accès présentent un risque ...

Article R111-14-2 : Le permis de construire est délivré dans le respect des préoccupations d'environnement définies à l'article 1er de la loi n. 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Il peut n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales, si les constructions, par leur situation, leur destination ou leurs dimensions, sont de nature à avoir des conséquences dommageables pour l'environnement.

Dossier de demande du permis de construire :

Article R421-2 A : Le dossier joint à la demande de permis de construire comporte :

- 1° Le plan de situation du terrain ;
- 2° Le plan de masse des constructions à édifier ou à modifier coté dans les trois dimensions, des travaux extérieurs à celles-ci et des plantations maintenues, supprimées ou créées ;
- 3° Les plans des façades ;
- 4° Une ou des vues en coupe précisant l'implantation de la construction par rapport au terrain naturel à la date du dépôt de la demande de permis de construire et indiquant le traitement des espaces extérieurs ;
- 5° Deux documents photographiques au moins permettant de situer le terrain respectivement dans le paysage proche et lointain et d'apprécier la place qu'il y occupe. Les points et les angles des prises de vue seront reportés sur le plan de situation et le plan de masse ;
- 6° Un document graphique au moins permettant d'apprécier l'insertion du projet de construction dans l'environnement, son impact visuel ainsi que le traitement des accès et des abords. Lorsque le projet comporte la plantation d'arbres de haute tige, les documents graphiques devront faire apparaître la situation à l'achèvement des travaux et la situation à long terme ;
- 7° Une notice permettant d'apprécier l'impact visuel du projet. A cet effet, elle décrit le paysage et l'environnement existants et expose et justifie les dispositions prévues pour assurer l'insertion dans ce paysage de la construction, de ses accès et de ses abords ;
- 8° **L'étude d'impact, lorsqu'elle est exigée ;**
- 9° Lorsque la demande concerne, dans un espace remarquable ou dans un milieu du littoral à préserver au sens de l'article L. 146-6, un projet de construction visé au d de l'article R. 146-2, une notice précisant l'activité économique qui doit être exercée dans le bâtiment et justifiant, s'il y a lieu, que cette activité répond aux critères définis par cet article.

* *

Extraits du code de l'environnement

relatifs à l'étude d'impact

Dispositions législatives

Article L 122-1 :

Les travaux et projets d'aménagement qui sont entrepris par une collectivité publique ou qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation, ainsi que les documents d'urbanisme, doivent respecter les préoccupations d'environnement. Les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences.

Article L 122-3 :

I. Un décret en Conseil d'Etat précise les modalités d'application du présent chapitre.

II. Il fixe notamment :

1° Les conditions dans lesquelles les préoccupations d'environnement sont prises en compte dans les procédures réglementaires existantes ;

2° Le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait, l'étude de ses effets sur la santé et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé ; en outre, pour les infrastructures de transport, l'étude d'impact comprend une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ainsi qu'une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ;

3° Les conditions dans lesquelles sont rendues publiques l'étude d'impact, ainsi que les principales mesures destinées à éviter, réduire, et si possible compenser les effets négatifs importants du projet ;

4° La liste limitative des ouvrages qui, en raison de la faiblesse de leurs répercussions sur l'environnement, ne sont pas soumis à la procédure de l'étude d'impact ;

5° Les conditions dans lesquelles le ministre chargé de l'environnement peut se saisir ou être saisi, pour avis, de toute étude d'impact.

Dispositions réglementaires (décret modifié du 12 octobre 1977)

Article 2 (modifié par le décret 2003-767 du 1^{er} août 2003) :

Le contenu de l'étude d'impact doit être en relation avec l'importance des travaux et aménagements projetés et avec leurs incidences prévisibles sur l'environnement. L'étude d'impact présente successivement :

1° Une analyse de l'état initial du site et de son environnement, portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, affectés par les aménagements ou ouvrages ;

2° Une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement, et en particulier sur la faune et la flore, les sites et paysages, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et du patrimoine culturel et, le cas échéant, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) **ou sur l'hygiène, la santé, la sécurité et la salubrité publique.**

3° Les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations d'environnement, parmi les partis envisagés qui feront l'objet d'une description, le projet présenté a été retenu ;

4° Les mesures envisagées par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement et la santé ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

5° Une analyse des méthodes utilisées pour évaluer les effets du projet sur l'environnement mentionnant les difficultés éventuelles de nature technique ou scientifique rencontrées pour établir cette évaluation.

6° Pour les infrastructures de transport, l'étude d'impact comprend en outre une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ainsi qu'une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter. Afin de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude, celle-ci fera l'objet d'un résumé non technique. Lorsque la totalité des travaux prévus au programme est réalisée de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacune des phases de l'opération doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du programme. Des arrêtés interministériels peuvent préciser pour certaines catégories d'ouvrages le contenu des dispositions qui précèdent.

* *

Extraits du code du travail

Principales dispositions applicables aux éoliennes

I - Dispositions législatives

I.1 dispositions concernant les machines

Article L 233-5 :

I Les **machines**, et installations ci-après désignés par les termes d'équipements de travail doivent être conçus et construits de façon que leur mise en place, leur utilisation, leur réglage, leur maintenance, dans des conditions conformes à leur destination, n'exposent pas les personnes à un risque d'atteinte à leur sécurité ou leur santé. .../...

II Il est interdit ...de vendre, d'importer,ou de céder à quelque titre que ce soit des équipements de travailqui ne répondent pas aux dispositions prévues au 3° du III.

III Des décrets en Conseil d'Etat ..déterminent :

1° les équipements de travailsoumis aux obligations de sécurité définies au I du présent article ;

2° les procédures de certification ...

3° les **règles techniques** auxquelles doit satisfaire chaque type d'équipement de travail.... ainsi que **la procédure de certification** qui lui est applicable ; ...

4° les conditions dans lesquelles l'autorité administrative habilitée à contrôler la conformité peut demander au fabricant ou à l'importateur **communication d'une documentation**; l'absence de communication de cette communication technique dans le délai prescrit constitue un indice de non-conformité de l'équipement de travail..... aux règles techniques qui lui sont applicables, susceptible d'entraîner la mise en œuvre des mesures prévues au 5° ci-après.

5° Les conditions dans lesquelles est organisée une **procédure de sauvegarde** permettant :

a) Soit de s'opposer à ce que des équipements de travail ne répondant pas aux exigences définies au I du présent article et à tout ou partie des règles techniques prévuesci-dessus fassent l'objet des opérations visées au II du présent article et au II de l'article L.233-5-1;

b) Soit de subordonner l'accomplissement de ces opérations à des vérifications, épreuves, ...

IV Des arrêtés du ministre chargé du travail ou du ministre chargé de l'agriculture :

1° Peuvent établir la liste des normes dont le respect est réputé satisfaire aux règles techniques prévues au 3° du III du présent article ;

2° Peuvent rendre obligatoires certaines des normes mentionnées au 1° ci-dessus.

Article L 233-5-1 :

I -Les équipements de travail et les moyens de protection mis en service doivent être équipés , installés, utilisés, réglés et maintenus de manière à **préserver la sécurité et la santé des travailleurs** ;

II -**Il est interdit de mettre en service ou d'utiliser** des équipements de travail mentionnés au 1° du III de l'article L.233-5 **qui ne répondent pas** aux dispositions prévues au 3° du III du même article.

III - Des décrets en Conseil d'Etat, fixent :

1° Les mesures d'organisation, les conditions de mise en œuvre et les prescriptions techniques auxquelles est subordonné l'utilisation des équipements de travail soumis au présent article ;

2° Les conditions dans lesquelles **les équipements de travail existants** devront être mis en conformité avec les règles énoncées au 1° ci-dessus.

Article L 233-5-2 :

L'inspecteur du travail peut demander au chef d'établissement de **faire vérifier par des organismes agréés** par le ministre chargé du travail l'état de conformité des équipements de travail mentionnés à l'article L.233-5-1 avec les dispositions qui leur sont applicables.

I.2 Dispositions concernant la sécurité des chantiers

Article L 235-1 :

Afin d'assurer la sécurité et de protéger la santé de toutes les personnes qui interviennent sur un chantier de bâtiment ou de génie civil, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur mentionné à l'article L. 235-4 doivent, tant au cours de la phase de conception, d'étude et d'élaboration du projet que pendant la réalisation de l'ouvrage, mettre en œuvre les principes généraux de prévention énoncés aux a, b, c, e, f, g et h du II de l'article L. 230-2. Ces principes sont pris en compte notamment lors des choix architecturaux et techniques ainsi que dans l'organisation des opérations de chantier, en vue de permettre la planification de l'exécution des différents travaux ou phases de travail qui se déroulent simultanément ou successivement, de prévoir la durée de ces phases et de faciliter les interventions ultérieures sur l'ouvrage...

Article L 235-2 :

Lorsque la durée ou le volume prévus des travaux d'une opération de bâtiment ou de génie civil excèdent des seuils fixés par décret en Conseil d'Etat, le maître d'ouvrage doit, avant le début des travaux et dans des délais déterminés par ce décret, adresser à l'autorité administrative compétente en matière d'hygiène et de sécurité du travail, ... une déclaration préalable dont le contenu est précisé par arrêté. Le texte de cette déclaration doit être affiché sur le chantier.

Article L 235-3 :

Une coordination en matière de sécurité et de santé des travailleurs doit être organisée pour tout chantier de bâtiment ou de génie civil où sont appelés à intervenir plusieurs travailleurs indépendants ou entreprises, entreprises sous traitantes incluses, aux fins de prévenir les risques résultant de leurs interventions simultanées ou successives ...

Article L 235-4 :

La coordination en matière de sécurité et de santé doit être organisée tant au cours de la conception, de l'étude et de l'élaboration du projet qu'au cours de la réalisation de l'ouvrage. Le maître d'ouvrage désigne un coordonnateur, qui peut être une personne physique ou morale, pour chacune de ces deux phases ou pour l'ensemble de celles-ci ... Les conditions requises pour l'exercice de la fonction de coordonnateur ainsi que les modalités d'attribution de la mission de coordination à l'un des entrepreneurs visés au 2° du présent article sont définies par décret en Conseil d'Etat.

Article L 235-15 :

Sauf dans les cas prévus aux 1° et 2° de l'article L. 235-4, au fur et à mesure du déroulement des phases de conception d'étude et d'élaboration du projet puis de la réalisation de l'ouvrage, le maître d'ouvrage fait établir et compléter par le coordonnateur un dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors d'interventions ultérieures. Les conditions d'établissement, le contenu et les modalités de transmission du dossier sont définis par décret en Conseil d'Etat.

II - Dispositions réglementaires

II.1 Dispositions concernant les machines.

Article R 233-1 :

Le chef d'établissement doit mettre à la disposition des travailleurs les équipements de travail nécessaires, ... adaptés, en vue de préserver la santé et la sécurité des travailleurs, conformément aux obligations définies par l'article L.233-5-1 ...

Article R 233-1-2 :

Les vérifications de la conformité des équipements de travail aux dispositions qui leur sont applicables, prévues par l'article L.233-5-2, sont effectuées dans les conditions définies à l'article R.233-82.

Article R 233-4 :

Le **montage** et le démontage des équipements de travail doivent être réalisés de façon sûre, notamment en respectant les instructions du fabricant.

La **remise en service** d'un équipement de travail après une opération de maintenance ayant nécessité le **démontage des dispositifs** de protection doit être précédée d'un essai permettant de vérifier que ces dispositifs sont en place et fonctionnent correctement.

Article R 233-5 :

Les équipements de travail ... doivent être installés et pouvoir être utilisés de manière telle que leur stabilité soit assurée.

Article R 233-6 :

[Prévoit diverses conditions d'installations, espace libre pour le personnel, passages ...]

Article R 233-7 :

Aucun poste de travail permanent ne doit être situé dans le champ d'une zone de projection d'éléments dangereux.

Article R 233-8 :

[Risques liés aux organes en mouvement]

Article R 233-11 :

Des arrêtés du ministre chargé du travail déterminent les équipements de travail pour lesquels le chef d'établissement est tenu de procéder ou de faire procéder à des **vérifications générales périodiques** afin que soit décelée en temps utile toute détérioration susceptible de créer des dangers. .../...

Les vérifications sont effectuées par des personnes qualifiées, appartenant ou non à l'établissement ... Ces personnes doivent être compétentes dans le domaine de la prévention des risques présentés par les équipements de travail ...

Le résultat des vérifications générales périodiques est consigné sur le registre de sécurité ...

Article R 233-11- 1 :

Des arrêtés du ministre chargé du travail ... déterminent les équipements de travail ... pour lesquels le chef d'établissement est tenu, dans les conditions définies à l'article R.233-11, de procéder ou de faire procéder, lors de leur mise en service dans l'établissement, à une **vérification initiale** en vue de s'assurer qu'ils sont installés conformément aux spécifications prévues, le cas échéant, par la notice d'instructions du fabricant et peuvent être utilisés en sécurité.

Article R 233-11- 2 :

[même disposition que la précédente mais relative à la vérification avant toute remise en service suivant une opération de démontage/remontage.]

Article R 233-14 et suivants jusqu'à R 233-30

Ces dispositions reprennent les exigences de la directive machine. Pour les éoliennes, on relèvera les articles suivants :

Article R 233-21 : Les éléments des équipements de travail pour lesquels il existe un risque de rupture ou d'éclatement doivent être équipés de protecteurs appropriés

Article R 233-22 : Les équipements de travail doivent être installés et équipés pour éviter les dangers dus à des chutes ou des projections d'objets ...

Art. R. 233-45 : Les passerelles,, plates-formes, ainsi que leurs moyens d'accès, ... construits, installés ou protégés de façon telle que les travailleurs appelés à les utiliser ne soient pas exposés à des chutes.

Décret n° 93-40 du 11 janvier 1993

relatif aux prescriptions techniques applicables à l'utilisation des équipements de travail soumis à l'article L.233-5-1 du Code du travail, ... et à **la mise en conformité des équipements existants** et modifiant le Code du travail

Article 7.

I- A compter du 1^{er} janvier 1997, les équipements de travail en service dans l'entreprise avant le 1^{er} janvier 1993 ne pourront être maintenus en service dans la même l'entreprise que s'ils sont conformes aux prescriptions techniques d'utilisation définies par la section III du chapitre III du titre III du livre II du Code du travail.

Toutefois, les équipements de travail conformes lors de leur mise en service à l'état neuf aux règles techniques ... , en vigueur jusqu'au 31 décembre 1992, et maintenus en état de conformité à ces règles sont considérés comme répondant à l'obligation définie à l'alinéa précédent.

II -

III -... Le chef d'établissement doit, avant le 30 juin 1995 au plus tard, transmettre à l'inspecteur du travail ..., un plan de mise en conformité des équipements de travail avec les prescriptions techniques d'utilisation qui leur sont applicables à compter du 1^{er} janvier 1997.

Art. R. 233-50 :

I. Il est interdit ..., de mettre en vente, ..., d'importer, ...tout équipement de travail ne satisfaisant pas aux procédures de certification de conformité qui lui sont applicables.

II. - Il est interdit d'apposer sur un équipement de travail ... ou sur tout document le concernant, un marquage prévu dans le cadre d'une procédure de certification de conformité définie conformément à l'article R.233-49 ou de délivrer ... un certificat de conformité prévu dans ce même cadre, lorsque ledit équipement de travail ... n'est pas conforme aux règles techniques prévues par le 3° du III de l'article L.233-5 ou ne satisfait pas aux procédures de certification de conformité qui lui sont applicables.

Art. R.233-53 :

La procédure dite "auto certification CE" est la procédure par laquelle le fabricant ou l'importateur déclare, sous sa responsabilité, que l'exemplaire neuf "de machine visée au 1° de l'article R.233-83, ... soumis à la dite procédure est conforme aux règles techniques qui lui sont applicables.

Le fabricant ou l'importateur soumis à la procédure d'auto certification CE doit être en mesure de présenter la documentation technique prévue par l'article R.233-75.

Art. R.233-54 :

[La procédure dite "examen CE de type"]

Art. R.233-73 :

Le fabricant, ou l'importateur, ou le responsable de la mise sur le marché d'équipement de travail visé aux 1°, 3° ou 4° de l'article R.233-83. doit établir et signer une déclaration CE de conformité par laquelle il atteste que l'équipement de travail est conforme aux règles techniques et satisfait aux règles de procédure qui lui sont applicables.

Cette déclaration CE de conformité doit être remise au preneur lors de la vente, ... d'un exemplaire d'équipement de travail.

Art. R.233-74 :

Un marquage de conformité doit être apposé de manière distincte, lisible et indélébile ... :[sur chaque exemplaire] ...

Le marquage de conformité est constitué par le sigle "CE", ... qui atteste ainsi que l'exemplaire d'équipement de travail ... concerné est conforme aux règles techniques et satisfait aux procédures de certification qui lui sont applicables.

Art. R.233-75 :...

la vente ...d'un équipement de travail ... soumis à l'une des procédures ci-dessus est subordonnée à la constitution, par le fabricant, ou l'importateur,.... d'une documentation technique relative aux moyens mis en œuvre pour en assurer la conformité aux règles techniques applicables. Cette documentation doit être disponible ou pouvoir l'être dans de brefs délais.

Art. R.233-76 :

Le contenu de la déclaration CE de conformité, l'emplacement et le modèle de marquage CE et les éléments constitutifs de la documentation technique sont fixés par arrêtés des ministres chargés du travail, ... des douanes, de l'industrie ...

Art. R.233-76-1 :

La délivrance de la déclaration CE de conformité et l'apposition du marquage CE effectuées conformément à la législation d'un Etat membre ... portant transposition de directives du Conseil des communautés européennes applicables dans cet Etat et en France, produisent les mêmes effets ...

Deux arrêtés du ministre du travail en date du 18 décembre 1992 ont précisé, d'une part, le contenu de la déclaration de conformité d'une machine. y compris la référence des normes réputées assurer le respect des exigences de sécurité, s'il est fait référence à la conformité à ces normes et, d'autre part, le contenu de la documentation technique exigée. L'annexe 1 de l'arrêté signale dans les «éléments complémentaires éventuels» de la documentation «tout rapport technique ou certificat obtenu d'un organisme ou laboratoire compétent» et notamment , dans le cas de recours à la conformité à une norme, «tout rapport technique donnant les résultats des essais effectués au choix du fabricant, par lui même ou par un organisme ou laboratoire compétent».

Art. R.233-78 :

La procédure de sauvegarde prévue au 5° du III de l'article L.233-5 est applicable à tous les équipements de travail ... soumis à des règles techniques prévues par le 3° du III de l'article L.233-5. Elle est mise en œuvre par arrêté des ministres chargés du travail ... pris après avis après que le fabricant ou l'importateur a été invité à présenter ses observations.

Art. R.233-79 :

Lorsqu'il apparaît, soit qu'un modèle d'équipement de travail ... soit que des exemplaires mis sur le marché compromettent la sécurité et la santé des personnes en ne répondant pas aux obligations définies au I de l'article L.233-5 et à tout ou partie des règles techniques prévues par le 3° du III de l'article L.233-5 :

a) ... la vente ... la mise en service et l'utilisation de cet équipement de travail ... peuvent être interdites ;

Art. R.233-79-1 :

Dans tous les cas où il est fait usage de la faculté prévue au *b* de l'article. R.233-79, le fabricant et toute personne responsable d'une des opérations mentionnées au II de l'article L.233-5 ou au II de l'article L.233-5-1 sont tenus de prendre toutes dispositions pour en informer les utilisateurs.

Art. R.233-81 :

La déclaration CE de conformité ... doit être présenté par le fabricant, ou l'importateur, ou le responsable de la mise sur le marché sur demande des agents mentionnés aux articles L.611-10, L.611-12-1 et L.611-16 du code du travail.

Art. R.233-81-1 :

Les ministres ... chargés du travail, ...des douanes, de l'industrie peuvent, pendant la période de mise sur le marché d'un équipement de travail, demander au fabricant, ou à l'importateur, ou au responsable de la mise sur le marché, communication de la documentation technique prévue par l'article R.233-75. Le délai fixé doit tenir compte du temps nécessaire pour rendre cette documentation disponible, conformément au deuxième alinéa de l'article R.233-75.

La demande de communication de la documentation technique doit être motivée. Elle doit préciser que l'absence de communication de cette documentation technique dans le délai fixé par la demande constituerait un indice de non-conformité de l'équipement de travail ... aux règles techniques qui lui sont applicables et serait susceptible d'entraîner l'interdiction, de vente, de mise en service et d'utilisation de tout exemplaire de l'équipement de travail ...

La période au cours de laquelle cette demande peut être présentée se poursuit pendant dix ans après la dernière date de fabrication.

Art. R.233-82 :

Pour l'application des articles L.233-5-2 et R.233-80, un arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture, ..., fixe les conditions et modalités d'agrément des vérificateurs et des organismes...

Le chef d'établissement ou le responsable de l'opération visée au II de l'article L.233-5 choisit l'organisme agréé sur une liste dressée par arrêté des ministres ...

Le chef d'établissement ou le responsable de l'opération mentionnée au II de l'article L.233-5 justifie qu'il a saisi l'organisme agréé dans les quinze jours suivant la date de demande de vérification. Il transmet les résultats des vérifications à l'inspecteur du travail.

Art. R.233-83 :

Les équipements de travail auxquels s'appliquent les obligations définies au I de l'article L.233-5 sont ceux qui entrent dans l'une des catégories suivantes :

1° [Machines,]

[Une machine est]

Un ensemble de machines qui, afin de concourir à un même résultat, sont disposées et commandées de manière à être solidaires dans leur fonctionnement est considéré comme une machine.

Art. R.233-84 :

Les règles techniques applicables aux machines neuves ... visées au 1° de l'article R.233-83, ...sont définies par l'annexe I figurant à la fin du présent livre.

Art. R.233-85 :

A l'exception de celles mentionnées à l'article R.233-86 ci-après, les machines neuves ou considérées comme neuves visée au 1° de l'article R.233-83 sont soumises à la procédure d'autocertification CE définie par l'article R.233-53.

Art. R.233-86 :

[Les machine suivantes, sont soumises à la procédure d'examen CE de type ...]

Art. R.233-89 :

[Les équipements de travail d'occasion ...]

Art. R.233-90 :

Les équipements de travail doivent être maintenus en état de conformité aux règles techniques qui leur était respectivement applicables lors de leur mise en service dans l'établissement. ",y compris au regard de la notice d'instructions, qui doit être tenue à la disposition de l'inspecteur du travail, ...

II.2 Dispositions concernant la sécurité des chantiers.

Article R 238-1 :

Sont soumises à l'obligation de déclaration préalable prévue à l'article L. 235-2 les opérations de bâtiment ou de génie civil pour lesquelles l'effectif prévisible des travailleurs doit dépasser vingt travailleurs à un moment quelconque des travaux et dont la durée doit excéder trente jours ouvrés, ainsi que celles dont le volume prévu des travaux doit être supérieur à 500 hommes-jours.

Article R 238-2 :

La déclaration préalable est adressée à l'inspecteur du travail ..., à la date de dépôt de la demande de permis de construire lorsque celui-ci est requis ou, pour les opérations non soumises à cette obligation, au moins trente jours avant le début effectif des travaux .

Article R 238-21 :

Le plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé est un document écrit qui définit l'ensemble des mesures propres à prévenir les risques découlant de l'interférence des activités des différents intervenants sur le chantier, ou de la succession de leurs activités lorsqu'une intervention laisse subsister après son achèvement des risques pour les autres entreprises.

Article R 238-24 :

Dès la phase de consultation des entreprises, le maître d'ouvrage est tenu d'adresser le plan général de coordination, sur leur demande, à l'inspecteur du travail.

* *

Extraits du code de la Sécurité Sociale

Dispositions relatives à l'information de l'inspecteur du travail en cas d'accident

I - Dispositions législatives

Article L 441-2 :

L'employeur ou l'un de ses préposés doit déclarer tout accident dont il a eu connaissance à la caisse primaire d'assurance maladie dont relève la victime selon des modalités et dans un délai déterminés ...

Article L 441-3 :

Dès qu'elle a eu connaissance d'un accident du travail par quelque moyen que ce soit, la caisse primaire d'assurance maladie est tenue de faire procéder aux constatations nécessaires . Avis de l'accident est donné immédiatement par la caisse à l'inspecteur du travail chargé de la surveillance de l'entreprise ou au fonctionnaire qui en exerce les attributions en vertu d'une législation spéciale.

Article L 441-4 :

La caisse régionale peut autoriser un employeur à remplacer la déclaration des accidents n'entraînant ni arrêt de travail, ni soins médicaux par une inscription sur un registre ouvert à cet effet. Un décret fixe les conditions d'application de cet article ...

Ce registre est tenu à la disposition des agents de contrôle des caisses, de l'autorité compétente de l'Etat ...

II - Dispositions réglementaires

Article R 441-2 :

La déclaration à laquelle la victime d'un accident du travail est tenue conformément à l'article L. 441-1 doit être effectuée dans la journée où l'accident s'est produit ou au plus tard dans les vingt-quatre heures.

Article R 441-3 :

La déclaration de l'employeur ou l'un de ses préposés prévue à l'article L. 441-2 doit être faite par lettre recommandée, avec demande d'avis de réception, dans les quarante-huit heures ...

Article R 441-5 :

L'autorité de l'Etat prévue au troisième alinéa de l'article L. 441-4 est l'inspection du travail.

* *

Principaux documents et sites consultés :

Normes

- Site de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) www.iec.ch (groupe de travail TC 88).
- European wind turbine standard II (EWTS II) (documents du groupe de travail 1998).
- Normes de la série CEI 61400 et notamment projet de norme (2^{ème} révision) 61400-1 *Wind turbine generator systems – design requirement* (l'édition actuelle, de 1999, a pour titre *safety and design requirements*).
- “*New IEC 61400-1 and site conditions in reality*” U.Follrichs et A. Andreä (2000).
- Site du CENELEC www.cenelec.org
- Norme EN 50 138 *Aérogénérateurs mesures de protection, exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance*, “projet définitif août 2003”. Cette norme a été approuvée par le CENELEC le 7 juillet 2004.

Certification

- Guidelines for design evaluation of wind turbine (document ECN-C-01-059 août 2001) Rapport à la Commission / European Programm JOULE 3 et article de présentation *Harmonisation of European wind turbine certification* (Nath, Gensen Vion, etc).
- Etudes réalisées pour le compte de l'ADEME par le bureau Veritas sur la certification des éoliennes : Première étude : comparaison des référentiels européens, rapport final du 9 janvier 2002 ; deuxième étude : guide de certification type, rapport final du 27 mai 2003.
- Document du Germanischer Lloyd : *certification des aérogénérateurs conformément aux lignes directrices établies par GL Wind et aux normes internationales applicables aux installations on-shore* Axel Andreä (avril 2004) et Site du Germanischer Lloyd www.gl.wind.com.
- Documents de l'Agence Danoise de l'Energie et données relatives à la certification des éoliennes (The Danish Approval Scheme for Wind Turbines) et site www.dawt.dk
- Site du DNV (dansk veritas) www.dnv.com
- Site de l'organisme Danois RISØ site www.risoe.dk
- Site de l'association de laboratoires d'aérodynamique MEASNET www.measnet.com
- Garrad-Hassan *Activities for wind turbines* site: www.garradhassan.com
- Underwriter Laboratories *UL inside first certification for wind turbine systems* et site : www.ul.com

Actions des pouvoirs publics français – textes

- Loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et ensemble des textes pris pour son application.

- Circulaire interministérielle du 10 septembre 2003 relative à la promotion de l'énergie éolienne terrestre.
- Cahier des charges de la consultation publique portant sur l'appel d'offre pour les centrales éoliennes.
- Synthèse des réponses des DRIRE au questionnaire de la DIREME relatif aux pratiques des DRIRE sur les dossiers éoliens en terme de prescriptions ou recommandations émises, tableau du 10 mars 2004.
- Rapport du groupe de travail DIDEME-BASS sur l'inspection du travail sur les ouvrages électriques 6 mai 2004 et projet de circulaire sur le même sujet du 25 mai 2004.
- Préfecture du Nord-Pas-de-Calais - Schéma des procédures de création de Parcs éoliens juin 2003.
- Dossier "Eolienne et sécurité" sociétés Infinivent et Vestas remis à la DRIRE Nord Pas-de-Calais Avril 2000.

Accidents survenus en France

- Rapport d'accident du travail survenu le 1^{er} juillet 2002 sur une éolienne du parc de Sigean, Aude, DRIRE Languedoc-Roussillon 2 décembre 2002
- Rapport d'accident Eolienne Port autonome de Dunkerque Commune de Loon-Plage le 20 mars 2004. DRIRE Nord-Pas-de-Calais 23 mars 2004.
- Rapport d'accident effondrement d'une éolienne ferme du Pontel, Port de Boulogne sur Mer, le 1^{er} janvier 2004. DRIRE Nord-Pas-de-Calais 9 avril 2004.
- Compte rendu de la réunion organisée par la Sous-Préfecture de Dunkerque le 6 avril 2004 et notes jointes : Société Soletanche du 15 avril 2004 et CETE Nord Picardie du 29 avril 2004.
- divers articles de "La Voix du Nord" de Janvier à Mars 2004.

Etudes relatives aux accidents

- "German Windfarm Accidents" Compilation faite par Monsieur Kramer du Bundesverband Landschaftsschutz (BLS) = Association pour la Conservation de la Nature disponible sur le site www.coutryguardian.net/tr1
- "Wind energy : the breath of life or the kiss or death" contemporary wind mortality rates (mortalité par l'énergie éolienne dans le monde et diverses données statistiques) site de Mr Paul Gipe www.wind-works.org
- Site des industriels de l'éolien allemands relatif aux incidents et à la sécurité des éoliennes (Arbeitskreis für Sicherheit in der Windenergie, www.AkSiWe.de)

Etude du risque pour l'environnement

- *Guidelines on the Environment Risk of Wind Turbines in the Netherlands* H. Braam et L. Rademakers (Global Wind Energy Conference Paris 2002)
- Etude des dangers/sécurité réalisées pour 3 sites d'implantation d'éoliennes en Haute Normandie. :
 - EADS/APSYS pour SIIF Energie : *Etude des dangers du projet d'implantation d'éoliennes sur le site du Port d'Antifer* (août 2002).
 - EADS/APSYS pour la société Valorem : *étude de sécurité du projet de parc éolien sur les communes de Criel sur Mer et Saint-Martin-le-Gaillard mars 2004*
 - Etude Dr Ing. Veenker pour Energie Team sur le projet de parc Eolien d'Assigny (Août/Octobre 2003).

Autres documents et sites comportant des informations sur les incidents ou accidents d'éoliennes, la sécurité, ...

- Guide du développeur de parc éolien ADEME novembre 2003 www.ademe.fr
- site de Espace Eolien Développement www.espace-eolien.fr
- site de l'association SAUVER www.sauver.org
- Dossier sur les éoliennes dans Der Spiegel 29 mars 2004 (traduction en français « le délire éolien » sur le site précédent
- Site de l'association européenne de l'énergie éolienne www.ewea.org
- Site de l'Association américaine de l'énergie éolienne www.awea.org
- *Etat de l'Art dans les aérogénérateurs électriques*. B. Multon et Coll. Lesir -Antenne Bretagne de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan mai 2002 (www.ecrin.aso.fr)
- Site www.ventusvigor.com (technical university of Denmark).
- Programmes de colloques spécialisés énergie éolienne :
 - 2003 EWEC European wind Energy Conference du 16 au 19 juin 2003 : une session technique "*loads and safety*" (exclusivement offshore) et un atelier "*design wind conditions*" ;
 - Global Wind Power 2004, Chicago du 28 au 31 mars 2004, comportant une session technique "*wind loading conditions*".

* *