

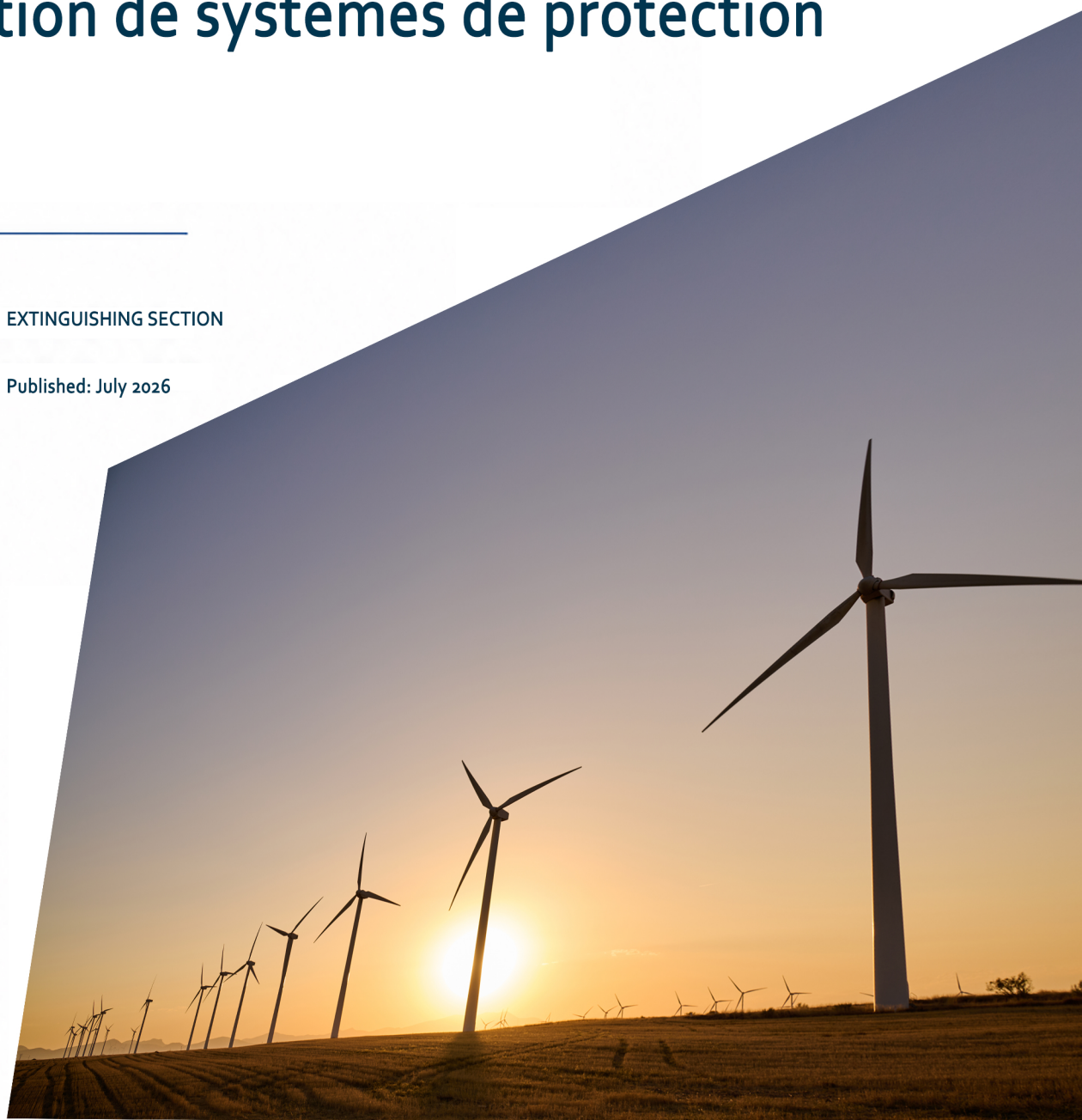
La sécurité incendie des éoliennes

Sélection de systèmes de protection



EXTINGUISHING SECTION

Published: July 2026



FIRE
SECTION



EXTINGUISHING
SECTION



SECURITY
SECTION



SERVICES
SECTION



CROSS-SECTIONAL
TOPIC

Tableau de révision

Date	Rév. n°	Paragraphe / Page	Changement
2026-07	1		Première version

AVANT-PROPOS

Cette ligne directrice est conçue comme un guide général et ne saurait se substituer à des conseils détaillés adaptés à des circonstances particulières. Bien que le plus grand soin ait été apporté à la compilation et à la préparation de cette publication afin d'en garantir l'exactitude, Euralarm ne peut en aucun cas accepter la responsabilité des erreurs, omissions ou conseils donnés, ni celle des pertes résultant de la confiance accordée aux informations contenues dans cette publication.

CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ

Ce document est destiné exclusivement à guider les membres d'Euralarm et, le cas échéant, leurs membres, sur la situation concernant le sujet traité. Bien que tous les efforts aient été déployés pour garantir son exactitude, les lecteurs ne doivent pas se fier à son exhaustivité ni à son exactitude ni s'y fier comme à une interprétation juridique. Euralarm ne sera pas responsable de la fourniture d'informations incorrectes ou incomplètes.

Remarque : La version anglaise de ce document est le document de référence approuvé par Euralarm.

Droits d'auteur Euralarm

© 2026, Zug, Suisse

Euralarm · Gubelstrasse 11 · CH-6300 Zug · Suisse

Courriel : secretariat@euralarm.org

Site Web : www.euralarm.org

Table des matières

1.	Introduction	4
2.	Résumé et principales conclusions	4
3.	Réglementation et normes	5
3.1.	Introduction	5
3.2.	Identification des risques d'incendie et approche de conception basée sur les risques.....	5
3.3.	Cadres de prévention des pertes matérielles mis en œuvre par les assureurs	5
3.4.	Lacunes réglementaires observables	5
4.	Considérations relatives à la protection	6
4.1.	Objectifs de protection	6
4.2.	Risques principaux	6
4.3.	Impact environnemental	7
4.4.	Gestion des risques d'entreprise.....	7
4.5.	Impact en cascade.....	8
5.	Stratégie de protection contre l'incendie	8
5.1.	Détection d'incendie	8
5.2.	Systèmes automatiques d'extinction et de suppression d'incendie (recommandés)	9
5.3.	Protection passive contre les incendies.....	10
5.4.	Protection contre la foudre.....	10
5.5.	Surveillance et maintenance	11
6.	Conclusion	11
	Annexe - Matériaux et informations mentionnés dans le présent document	12

1. Introduction

Ce document fournit des recommandations sur la sécurité incendie des installations d'éoliennes, couvrant les applications terrestres et maritimes tout au long de leur cycle de vie opérationnel. Il traite de l'identification, de l'évaluation et de l'atténuation des risques d'incendie associés aux principaux composants et systèmes des turbines, notamment les nacelles, les rotors, les mâts, les transformateurs et les équipements électriques et hydrauliques associés.

Les lignes directrices soutiennent une approche structurée et axée sur les risques - approche basée sur la prévention, la détection, le confinement et la protection contre les incendies (c.-à-d. la suppression et l'extinction), alignée sur la série IEC 61400 et la pratique internationale reconnue.

Elle s'applique aux nouvelles installations, aux projets de modernisation et aux turbines existantes où des modifications, le vieillissement ou des changements dans les conditions d'exploitation peuvent influencer le risque d'incendie, et est destinée aux concepteurs, aux propriétaires, aux exploitants, aux assureurs, aux autorités de délivrance des permis et aux autres parties prenantes.

Ce document ne remplace pas les obligations légales, les instructions du fabricant d'équipement d'origine (OEM) ni la juridiction-exigences spécifiques, et ne prescrit pas non plus de technologies spécifiques de protection contre l'incendie. La responsabilité de la conception détaillée, du choix du système et de la conformité incombe aux parties concernées.

2. Résumé et principales conclusions

La sécurité incendie des éoliennes n'est pas régie par un code international unique et harmonisé. Le problème est plutôt traité par une combinaison de normes de conception internationales, de réglementations nationales et de recommandations des assureurs, dont la plupart exigent une approche fondée sur les risques plutôt que de prescrire des mesures de protection spécifiques.

Les éoliennes contiennent de multiples sources d'inflammation potentielles et d'importantes quantités de matériaux combustibles, et bien que la probabilité d'incendie soit faible, les conséquences sont souvent graves, entraînant fréquemment la perte totale du matériel et des répercussions environnementales et d'image plus importantes. L'idée largement répandue selon laquelle un incendie de turbine est inévitablement catastrophique a façonné à la fois les pratiques de conception et les modèles d'assurance, malgré les preuves que de nombreux incendies proviennent de composants identifiables et sont donc techniquement maîtrisables.

Ce guide définit une stratégie structurée de protection contre l'incendie conforme à la série IEC 61400, mettant l'accent sur la prévention, la détection précoce et l'intervention proportionnée tout au long du cycle de vie de la turbine. Cela démontre que l'identification précoce de conditions anormales, l'application réfléchie d'une détection automatique d'incendie et de suppression/extinction automatique — en complément de la protection passive et de parafoudre — peuvent réduire considérablement les effets domino, limiter les dommages et améliorer la résilience. En allant au-delà des exigences minimales de conformité et en traitant la protection contre l'incendie comme un système intégré plutôt que comme une exigence isolée, les concepteurs, les exploitants, les assureurs et les législateurs peuvent réduire les dommages environnementaux, améliorer la disponibilité et l'assurabilité, et renforcer la confiance dans l'énergie éolienne en tant que technologie durable et responsable.

L'idée reçue selon laquelle un incendie de turbine entraînerait inévitablement une perte totale et catastrophique est de plus en plus remise en question et n'est ni techniquement inéluctable ni conforme aux attentes actuelles en matière de sécurité et de responsabilité environnementale.

3. Réglementation et normes

3.1. Introduction

La sécurité incendie des éoliennes n'est actuellement pas régie par un code international unique, mais par une combinaison de normes de conception internationales, de directives de protection contre l'incendie, d'exigences liées aux assurances et d'autres réglementations nationales en matière de sécurité. Ensemble, ces éléments établissent un cadre fondé sur les risques dans lequel les risques d'incendie doivent être identifiés, évalués et atténués, avec ou sans besoin d'un système d'extinction d'incendie embarqué.

3.2. Identification des risques d'incendie et approche de conception basée sur les risques

Deux normes applicables au niveau international sont pertinentes en matière de sécurité des éoliennes. La norme ISO 19353, *Sécurité des machines — Prévention et protection contre l'incendie*, se concentre sur les principes généraux d'identification des risques d'incendie dans les machines et de réalisation d'évaluations des risques d'incendie, tandis que la norme IEC TS 61400 30, *Safety of wind turbine generators — General principles for design* (Sécurité des générateurs d'éoliennes — Principes généraux de conception) est une spécification technique qui définit les exigences essentielles en matière de santé et de sécurité propres à la conception des éoliennes. Elle aborde également les exigences relatives à la sécurité d'exploitation, à l'inspection, à la maintenance, à l'installation et à la mise hors service. Les deux normes soulignent la nécessité de procéder à une évaluation des risques, grâce à laquelle le risque d'incendie doit être réduit à des niveaux acceptables par la conception des machines et les instructions d'utilisation, sans pour autant prescrire la possibilité d'intégrer un système d'extinction d'incendie.

En outre, pour le marché américain, la norme NFPA 850, *Fire Protection for Electric Generating Plants* (Protection contre l'incendie des centrales électriques), traite de la protection contre l'incendie des installations de production d'énergie en général, avec une référence spécifique aux éoliennes au chapitre 13. Dans ce chapitre, la norme établit l'exigence d'un document de base de conception de protection contre l'incendie (*Fire Protection Design Basis Document*, ou FPDBD) pour identifier et traiter les risques d'incendie et d'explosion. Il définit également le cadre de la stratégie globale de sécurité pour la protection appropriée de cette application, tout en faisant référence aux normes NFPA applicables, à suivre pour les systèmes d'extinction d'incendie sélectionnés.

3.3. Cadres de prévention des pertes matérielles mis en œuvre par les assureurs

Par ailleurs, des directives publiques traitant des risques d'incendie liés à l'exploitation des éoliennes sont également disponibles auprès des assureurs. Par exemple, la directive CFPA E n° 22 adopte et développe les principes de VdS 3523, mettant l'accent sur la nécessité de systèmes de détection automatique d'incendie et de systèmes d'extinction automatiques fixes. Elle met également en lumière d'autres mesures opérationnelles essentielles à la séquence d'une stratégie de protection contre l'incendie, telles que la détection précoce, l'arrêt automatique et la déconnexion du réseau.

Cela diffère de l'approche de FM Global en matière de protection contre les incendies d'éoliennes, qui est axée sur la prévention plutôt que sur l'extinction. Elle identifie les principaux risques d'incendie, tels que les huiles de nacelle, les systèmes hydrauliques, les équipements électriques et les transformateurs, et précise que l'objectif principal est « le contrôle des sources d'inflammation et la prévention d'un incendie à l'intérieur de la nacelle ». La stratégie de FM met l'accent sur la construction en matériaux incombustibles, la détection automatique d'incendies avec arrêt de la turbine et isolation du système hydraulique, et la planification des interventions d'urgence, sans pour autant imposer de systèmes automatiques d'extinction.

3.4. Lacunes réglementaires observables

Les normes et documents d'orientation disponibles ne proposent pas de code de sécurité incendie harmonisé pour les éoliennes. Les évaluations des risques d'incendie obligatoires dans certaines juridictions ou les exigences des normes de conception prescriptives concernant l'utilisation de la technologie d'extinction automatique d'incendie ne sont pas déployées universellement. En conséquence, la responsabilité de déterminer les systèmes de

protection appropriés incombe fréquemment au concepteur, à l'exploitant, à l'assureur et à l'autorité de délivrance des permis, agissant collectivement et dans certains cas.

4. Considérations relatives à la protection

La technologie des éoliennes continue d'évoluer à un rythme rapide. La taille, la puissance et la complexité des turbines augmentent sous l'effet du besoin d'une plus grande efficacité et d'un coût actualisé de l'énergie plus faible. Alors qu'une partie des fabricants d'équipement d'origine (OEM) travaillent activement à réduire certains risques — comme la réduction des volumes d'huiles lubrifiantes ou l'adoption de concepts de transmission alternatifs — la nature fondamentale d'une éolienne reste inchangée : il s'agit d'un grand système de conversion d'énergie en hauteur, fonctionnant souvent en continu et/ou à distance, convertissant des quantités importantes d'énergie cinétique en énergie électrique.

Leur emplacement éloigné empêche toute intervention humaine rapide en cas d'incendie, sans compter les obstacles physiques qui entravent l'accès, même lorsqu'un premier intervenant est en mesure de se rendre sur place — comme la hauteur de l'éolienne. Dans les installations en mer en particulier, les turbines sont fréquemment interconnectées électriquement (« en série »), ce qui signifie qu'une seule turbine peut transporter non seulement sa propre énergie générée, mais aussi la production de plusieurs éoliennes voisines. Cela augmente à la fois l'énergie électrique présente dans la structure et les conséquences potentielles des défaillances des composants ou systèmes partagés.

En termes simples, les éoliennes contiennent de nombreux matériaux combustibles et de multiples sources d'inflammation potentielles. Bien que la probabilité d'incendie soit faible pour chaque turbine, les conséquences d'un incendie, lorsqu'il se produit, sont généralement graves. Beaucoup d'acteurs présument que tout incendie entraînera des pertes totales et catastrophiques. Les considérations en matière de protection doivent donc porter non seulement sur la probabilité, mais aussi sur les conséquences, la résilience et la capacité d'intervenir précocement.

4.1. Objectifs de protection

Les objectifs principaux de la protection contre les incendies dans les éoliennes devraient aller au-delà de la préservation immédiate des vies, aussi essentielle soit-elle. Les mesures de protection devraient viser à :

- Prévenir les incendies lorsque cela est raisonnablement possible;
- Détecter et éteindre les incendies le plus tôt possible;
- Limiter le développement et la propagation du feu à l'intérieur de la turbine;
- Réduire la probabilité de perte totale et catastrophique de l'actif;
- Minimiser les dommages environnementaux, y compris les impacts secondaires au-delà de l'empreinte de la turbine (par exemple, les incendies de forêt, la contamination des cultures, les dommages à la vie marine, etc.);
- Assurer la continuité des activités, la disponibilité et l'assurabilité tout au long de la durée de vie opérationnelle de la turbine.

Bien que les procédures d'intervention d'urgence et d'évacuation soient essentielles — notamment compte tenu des difficultés d'évacuation des nacelles situées à plus de 100 mètres au-dessus du sol ou du niveau de la mer —, les stratégies modernes de protection contre les incendies ne doivent pas supposer que la seule issue possible d'un incendie de turbine est la combustion complète.

4.2. Risques principaux

Le risque d'incendie au sein d'une éolienne résulte de l'interaction entre les sources d'inflammation, les matériaux combustibles et les conditions de fonctionnement.

La plupart des risques d'inflammation sont internes à la turbine et liés aux activités normales de fonctionnement ou de maintenance. Ces problèmes incluent les défauts électriques (tels que les pannes de convertisseurs, de transformateurs, d'appareillages de commutation ou de câblage), les frottements mécaniques ou la surchauffe

(par exemple dans les freins, les roulements, les boîtes de vitesses ou les systèmes d'orientation), les pannes de systèmes hydrauliques et les activités de maintenance impliquant une intervention électrique ou par point chaud. De plus, les procédures de freinage peuvent accroître le risque d'incendie, car les freins génèrent une élévation de température et peuvent provoquer des étincelles. En présence de fuites d'huile et de matériaux combustibles, cela peut causer un incendie.

Parallèlement, les turbines contiennent des quantités importantes de matériaux combustibles. Ces produits comprennent des huiles hydrauliques et pour transformateurs, des lubrifiants, des isolants polymères, des plastiques, des matériaux composites, tels que les plastiques renforcés de fibres de verre utilisés dans les nacelles et les pales, ainsi qu'un réseau de câbles et des composants électroniques de grande envergure. La configuration confinée et surélevée de la nacelle peut aggraver le développement d'un incendie une fois l'inflammation amorcée.

Un autre facteur à prendre en compte est l'âge de l'actif. À mesure que les turbines vieillissent, les composants, les joints, le câblage et les systèmes de protection peuvent se dégrader, augmentant ainsi la probabilité de pannes si les stratégies d'inspection, de surveillance et de remise en état ne sont pas appliquées rigoureusement.

La foudre représente un risque d'inflammation distinct et externe qui affecte l'ensemble de la structure. Bien que les systèmes de protection contre la foudre soient largement répandus et essentiels, la foudre reste une cause potentielle d'incendies de turbines et doit être considérée séparément des risques liés aux composants internes.

Les risques liés aux composants internes doivent être évalués – tant pour les nouvelles constructions que pour les besoins potentiels de rénovation.

4.3. Impact environnemental

Les conséquences d'un incendie d'éolienne vont bien au-delà de la perte de l'éolienne elle-même. Les combustions complètes peuvent entraîner le rejet de polluants atmosphériques, notamment des produits de combustion provenant d'huiles, de polymères et de matériaux composites. De plus, les débris qui tombent, en feu ou non, peuvent être dispersés sur une vaste zone par la gravité et le vent.

Ces débris peuvent inclure des fragments de pales, de matériaux de nacelle et d'isolant, introduisant potentiellement des microplastiques et d'autres contaminants dans l'environnement. En mer, cela peut affecter les écosystèmes marins et la qualité de l'eau. À terre, les impacts peuvent s'étendre aux terres agricoles, aux cultures, au bétail ou aux communautés voisines.

Il existe également un risque potentiel que des débris ou des braises en combustion puissent servir de source d'inflammation pour des incendies secondaires au-delà de la base immédiate de la turbine. À une époque marquée par une volatilité climatique croissante, des sécheresses prolongées et des phénomènes météorologiques extrêmes, ce risque ne peut être écarté. Bien que les poursuites et les liens de causalité prouvés soient aujourd'hui relativement rares, les conséquences en matière d'image et d'environnement, même d'un lien présumé entre un incendie de turbine et un feu de forêt, peuvent être importantes.

4.4. Gestion des risques d'entreprise

D'un point de vue commercial, l'opinion générale parmi de nombreux professionnels de l'énergie éolienne est que tout incendie à l'intérieur d'une turbine est susceptible d'entraîner la perte totale et catastrophique de cette turbine. Cette hypothèse a façonné à la fois les attentes opérationnelles et les modèles d'assurance.

Toutefois, ce résultat n'est pas inévitable dans tous les cas. De nombreux incendies prennent naissance dans des composants ou sous-systèmes spécifiques et identifiables. Lorsque ces risques sont connus et techniquement gérables, une protection ciblée peut modifier sensiblement le résultat, passant d'une perte totale à un incident limité entraînant une indisponibilité mineure et temporaire.

Réduire la gravité des incendies peut considérablement raccourcir les temps d'arrêt, limiter l'étendue des réparations, stabiliser les conditions d'assurance et protéger la valeur des actifs à long terme. Surtout, cela

contribue à préserver la crédibilité de l'énergie éolienne en tant que technologie véritablement durable et à faible impact, plutôt qu'en tant que technologie dont les risques sont simplement tolérés.

4.5. Impact en cascade

Les conséquences en cascade d'un incendie d'éolienne peuvent être considérables. Outre la perte directe d'actifs, il peut y avoir :

- Des conséquences environnementales affectant la terre, la mer, la qualité de l'air et la biodiversité;
- Des risques pour la sécurité des intervenants d'urgence et du personnel d'entretien;
- Une atteinte à l'image des exploitants, des développeurs et de l'ensemble du secteur éolien;
- Un examen réglementaire ou des retards pour les projets futurs;
- Une augmentation des primes d'assurance, des franchises ou des restrictions de couverture.

En revanche, une intervention précoce — par la détection, le confinement et les moyens de protection automatique jusqu'à l'extinction complète — peut empêcher l'escalade. De nombreux éléments à l'origine des incendies peuvent être protégés de manière pratique et proportionnelle. Intervenir sur les incendies dès leur apparition ou à leurs premiers stades de développement peut transformer un événement autrement catastrophique en un problème d'entretien gérable.

En résumé, bien que le risque de foudre doive toujours être pris en compte au niveau structurel, la majorité des risques d'incendie de turbines sont internes, liés aux composants et donc techniquement traitables. Une stratégie de protection qui tient compte de cette réalité peut réduire sensiblement les dommages environnementaux, protéger le personnel, améliorer la disponibilité des turbines et renforcer la durabilité à long terme de l'énergie éolienne.

5. Stratégie de protection contre l'incendie

La stratégie de protection contre l'incendie des éoliennes doit suivre le cadre fondé sur les risques établis dans la série IEC 61400. Son objectif principal est de prévenir les départs de feu, de détecter les anomalies le plus tôt possible, de limiter la propagation de tout incendie qui se déclare et de protéger le personnel, les équipements et l'environnement. Les éoliennes étant difficiles d'accès, notamment en cours de fonctionnement, la stratégie doit privilégier la détection précoce et les mesures de protection automatiques. Les normes pertinentes comprennent la CEI 61400-1 pour les exigences de conception, la CEI 61400-24 pour la protection contre la foudre, la CEI TS 61400-23 et la CEI TS 61400-4-1 pour l'intégrité structurelle et de la transmission, la CEI 61400-25 pour la communication et la surveillance, la CEI 60204-1 et la CEI 60364 pour la sécurité électrique, ainsi que la série CEI 60695 pour les essais de risques d'incendie.

5.1. Détection d'incendie

Conformément à la norme IEC 61400-1, les systèmes de détection d'incendie doivent être capables d'identifier les conditions thermiques ou de combustion anormales avant qu'elles ne dégénèrent en un incendie pleinement développé. Ces systèmes doivent être adaptés aux défis opérationnels et environnementaux des éoliennes.

5.1.1. Nacelle

À l'intérieur de la nacelle, les mesures de détection doivent cibler les composants qui présentent un risque d'inflammation accru, tels que le générateur, la boîte de vitesses, le convertisseur de puissance, les résistances de frein et les systèmes hydrauliques. Les technologies de détection appropriées comprennent les systèmes de détection de chaleur et de fumée conçus pour les environnements difficiles et à fortes vibrations, ainsi que la détection de flammes dans les zones où les équipements ouverts permettent de visualiser les signatures de flammes. Les systèmes installés doivent être robustes face à la poussière, à la condensation et aux charges thermiques opérationnelles, tout en fournissant des informations fiables aux systèmes de contrôle et SCADA de la turbine conformément à la norme IEC 61400-25.

Une vigilance accrue est nécessaire afin d'éviter les fausses alarmes. Compte tenu de l'éloignement des sites, les

inspections visuelles et les vérifications humaines sont peu probables et la vidéosurveillance peut s'avérer inadaptée. Le fonctionnement normal d'une éolienne peut générer de nombreux phénomènes trompeurs, tels que des températures élevées, des étincelles et des aérosols lors du freinage. Les détecteurs thermiques, de fumée et de flamme doivent être correctement programmés et utiliser des technologies permettant de réduire les risques de fausses alarmes.

5.1.2. Moyeu

Le moyeu du rotor nécessite une surveillance des systèmes hydrauliques ou électriques d'orientation des pales, des éléments de freinage et des ensembles de roulements. La surveillance de la température et la détection linéaire de chaleur sont généralement appropriées, notamment à proximité des composants hydrauliques où les fuites peuvent créer un risque d'inflammation supplémentaire.

5.1.3. Mât

Le système de détection des incendies du mât doit se concentrer sur les risques liés aux câbles électriques, aux appareillages de commutation et aux équipements d'alimentation auxiliaires. La détection de fumée est généralement plus efficace dans les sections inférieures des mâts où la fumée s'accumule, complétée par une surveillance thermique le long des câbles afin d'identifier les surchauffes ou les défaillances d'isolation.

5.1.4. Transformateur

Les transformateurs doivent être équipés d'un système de surveillance thermique des bobinages et, le cas échéant, des systèmes d'huile. Dans les compartiments fermés des transformateurs, la détection de fumée ou de gaz ajoute une couche de sécurité essentielle et contribue à garantir une intervention rapide en cas de défauts internes.

5.2. Systèmes automatiques d'extinction et de suppression d'incendie (recommandés)

Bien que les normes CEI n'imposent pas d'agent extincteur particulier, elles soulignent que la lutte manuelle contre les incendies à l'intérieur d'une éolienne est généralement impraticable. Par conséquent, les systèmes automatiques d'extinction d'incendie doivent être envisagés chaque fois qu'une évaluation des risques effectuée conformément à la norme IEC 61400-1 identifie des risques inacceptables.

Il existe de nombreuses approches en matière de protection contre l'incendie :

- Les systèmes à gaz, pour les espaces clos, permettant un noyage total y compris à l'intérieur des équipements;
- Le brouillard d'eau d'eau à basse et haute pression assure le mouillage et le refroidissement ainsi que le déplacement de l'oxygène;
- Les systèmes de mousse à air comprimé (CAF) génèrent une couverture de mousse stable, à petites bulles et à forte capacité de projection;
- Les aérosols condensés, pour les espaces clos, capables de noyer totalement le lieu de combustion et d'interrompre chimiquement ce processus;
- Les systèmes à poudre utilisent de la poudre sèche pour éteindre les incendies en interrompant la réaction chimique du feu.

Ces dispositifs permettent une application rapide de l'agent extincteur directement sur l'installation et sont viables au regard des points mentionnés ci-dessus. Il est conseillé aux lecteurs de consulter un spécialiste en protection incendie pour obtenir des éclaircissements sur les avantages et les inconvénients des technologies susmentionnées.

5.2.1. Système d'extinction d'incendie pour la nacelle

L'extinction automatique dans la nacelle peut protéger les équipements critiques, tels que le générateur, la boîte de vitesses et l'électronique de puissance. Les systèmes acceptables doivent être électriquement non conducteurs, adaptés aux espaces clos et normalement inoccupés, et capables de fonctionner de manière fiable sur toute la plage environnementale de la turbine. Les solutions classiques comprennent les systèmes à base de gaz et

d'aérosols condensés, ainsi que les systèmes d'extinction localisés pour la protection d'objets spécifiques.

5.2.2. Protection du moyeu

Si l'évaluation des risques le juge nécessaire, des unités d'extinction automatique compactes peuvent également être installées dans le moyeu. Ces systèmes doivent être conçus pour fonctionner en toute sécurité sans interférer avec les mécanismes d'orientation ou la dynamique du rotor.

5.2.3. Protection du transformateur

La protection incendie des transformateurs doit être coordonnée avec les exigences de sécurité électrique et les mesures visant à prévenir la contamination environnementale. Selon le type de transformateur, les systèmes d'extinction fixes et les dispositifs de confinement de l'huile peuvent réduire considérablement la propagation du feu et les dommages secondaires à la structure de la turbine.

5.3. Protection passive contre les incendies

La protection passive contre l'incendie joue un rôle crucial dans la réalisation des objectifs de l'IEC en matière de confinement des défauts et de limitation des dommages. Il renforce les systèmes actifs en réduisant la probabilité de propagation du feu et en protégeant l'intégrité structurelle.

5.3.1. Matériaux et composants

Les matériaux utilisés à l'intérieur de la turbine doivent répondre aux exigences en matière de retardateur de flamme de la norme IEC 60695. Les câbles sans halogène à faible émission de fumée et, lorsque cela est possible, les fluides hydrauliques résistants au feu réduisent à la fois la charge calorifique et les risques toxiques en cas d'incendie.

5.3.2. Séparation et compartimentage en cas d'incendie

Le compartimentage interne doit limiter la propagation du feu entre les systèmes électriques, hydrauliques et mécaniques. Cela comprend l'utilisation de cloisons résistantes au feu, des traversées de câbles correctement étanches et des mesures de conception empêchant la propagation verticale à travers la cage du mât.

5.3.3. Protection structurelle

La conception structurelle doit tenir compte de l'exposition au feu des éléments porteurs. Les mesures passives doivent garantir que les incendies locaux n'entraînent pas d'instabilité ou d'effondrement structurel, assurant ainsi la sécurité du personnel et le maintien du confinement.

5.4. Protection contre la foudre

La foudre représente l'une des sources d'inflammation les plus courantes pour les éoliennes. Par conséquent, la protection contre la foudre doit être entièrement conforme à la norme IEC 61400-24.

5.4.1. Protection externe contre la foudre

Les pales doivent intégrer des récepteurs et des conducteurs descendants qui guident en toute sécurité les courants de foudre à travers la nacelle et le mât vers le réseau de mise à la terre des fondations. L'ensemble du système doit assurer un chemin continu à faible impédance pendant toute la durée de l'événement orageux.

5.4.2. Protection interne contre la foudre et les surtensions

À l'intérieur de la turbine, des dispositifs de protection contre les surtensions doivent être installés afin de protéger les lignes de distribution électriques et de communication. Tous les composants métalliques doivent être reliés par une liaison équipotentielle, et les systèmes sensibles, y compris les équipements de détection et d'extinction, doivent être protégés contre les surtensions transitoires.

5.4.3. Atténuation des risques d'incendie

Un système de protection contre la foudre correctement conçu doit minimiser les risques d'incendie en empêchant

la formation d'arcs électriques, en contrôlant les effets thermiques sur les matériaux environnants et en minimisant le risque d'inflammation par décharges électriques.

5.5. Surveillance et maintenance

Les mesures de protection contre l'incendie doivent être intégrées au cycle de vie opérationnel de la turbine et soutenues par des activités systématiques de surveillance, d'inspection et de formation. La surveillance à distance des équipements de détection d'incendie permet de collecter l'historique des événements liés aux incendies, les défauts, l'encrassement et les informations de maintenance sur tous les périphériques connectés à la centrale incendie, ce qui peut réduire le coût total de possession et prévenir toute défaillance du système.

5.5.1. Surveillance de l'état

La surveillance de la température des composants critiques en cas d'incendie, ainsi que l'analyse des modèles de charge électrique et des tendances des défauts, doivent faire partie de la stratégie de surveillance de l'état de la turbine basée sur le système SCADA, conformément à la norme IEC 61400-25.

5.5.2. Inspection et tests

Des inspections régulières et des tests fonctionnels des systèmes de détection et d'extinction sont essentiels au maintien de la fiabilité du système. Les systèmes de protection contre la foudre doivent également être vérifiés périodiquement afin de garantir leur continuité et leur conformité aux exigences de conception.

5.5.3. Documentation et formation

Toutes les mesures de protection contre l'incendie doivent être documentées dans les manuels techniques de la turbine. Le personnel de maintenance doit être formé à la sensibilisation aux risques d'incendie et aux procédures d'intervention appropriées, et toutes les inspections, tous les tests et tous les incidents doivent être consignés afin de favoriser l'amélioration continue.

6. Conclusion

Les incendies d'éoliennes ne doivent plus être considérés comme une cause inévitable de pertes totales et catastrophiques. Comme l'a démontré ce guide, la plupart des risques d'incendie proviennent d'éléments identifiables et peuvent être gérés grâce à une combinaison structurée et fondée sur la prévention des risques, de détection précoce et de mesures de protection appropriées.

En considérant l'incendie comme un risque techniquement gérable plutôt que comme un résultat inévitable, l'industrie éolienne a une opportunité claire d'améliorer sa résilience, de réduire son impact environnemental et d'augmenter à la fois la performance et l'assurabilité de ses actifs. Afin d'y parvenir, il est nécessaire de passer d'une conformité minimale à des stratégies de protection incendie intégrées et basées sur le cycle de vie, qui reflètent les réalités de la conception et de l'exploitation des turbines modernes.

L'adoption de systèmes actifs d'extinction des incendies à bord des éoliennes est une approche viable qui offre une solution immédiate pour atténuer la gravité et les conséquences des incendies. Le renforcement des mesures de sécurité dans cette application contribuera à consolider la confiance dans l'énergie éolienne en tant que pierre angulaire sûre, fiable et durable de la transition énergétique mondiale.

Il existe de nombreuses approches. Par exemple, les types de systèmes peuvent inclure des agents gazeux, des brouillards d'eau à basse et haute pression, de la mousse à air comprimé, de la poudre et des aérosols. Les caractéristiques générales de toutes ces technologies sont décrites dans les normes ISO, EN et NFPA publiées. Par ailleurs, l'ISO est en train d'élaborer une nouvelle norme pour les systèmes d'extinction à tubes de détection thermosensibles et les approches similaires. Ces dispositifs permettent une application rapide de l'agent extincteur directement sur l'installation et constituent des solutions envisageables.

CFPA-E Guideline No 22:2022. *Wind turbines fire protection guideline.*

FM Property Loss Prevention Data Sheets 13-10. Avril 2025. *Land-based Wind Turbines and Farms.*

IEC 60204-1:2016+AMD1:2021 CVS. *Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements.*

IEC 60364 series. *Low-voltage electrical installations.*

IEC 60695 series. *Fire hazard testing.*

IEC 61400-1:2019+AMD1:2025 CVS. *Wind energy generation systems – Part 1: Design requirements.*

IEC TS 61400-4-1:2026. *Wind energy generation systems - Part 4-1: Reliability assessment of drivetrain components in wind turbines.*

IEC TS 61400-23:2014. *Wind turbines - Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades.*

IEC 61400-24:2019+AMD1:2024 CSV. *Wind energy generation systems - Part 24: Lightning protection.*

IEC 61400-25 series. *Communication for monitoring and control of wind power plants.*

IEC TS 61400-30:2023. *Wind energy generation systems - Part 30: Safety of wind turbine generators - General principles for design.*

ISO 19353:2019. *Sécurité des machines — Prévention et protection contre l'incendie*

NFPA 850:2026. *Standard for Fire Protection for Electric Generating Plants and High-Voltage Direct Current (HVDC) Converter Stations.*

VdS 3523:2008-07. *Wind turbines, Fire protection guideline.*



Published: July 2026

Euralarm
Gubelstrasse 22
CH-6301 Zug (Switzerland)

Swiss Commercial Registration No: CHE-222.522.503

E. info@euralarm.org
W. www.euralarm.org



FIRE
SECTION



EXTINGUISHING
SECTION



SECURITY
SECTION



SERVICES
SECTION

CROSS-SECTIONAL
TOPIC