

**Opération et maintenance de parcs éoliens**

# **Compétences** **fondamentales des** **techniciens en éoliennes**

Le présent document contient la liste des compétences de base suggérées pour quiconque souhaite entamer une nouvelle carrière passionnante de technicien en éoliennes.

Décembre 2019

# Table des matières

<b>Application</b> .....	<b>2</b>
<b>Terminologie</b> .....	<b>3</b>
<b>Avis et avis de non-responsabilité</b> .....	<b>3</b>
<b>Restrictions</b> .....	<b>4</b>
<b>Réglementation</b> .....	<b>4</b>
<b>Compétences fondamentales</b> .....	<b>5</b>
<b>Compétences générales</b> .....	<b>6</b>
Parc éolien.....	6
Schémas et plans (électriques, hydrauliques et techniques).....	7
Appareils électroniques .....	7
Diagnostic et déduction logique .....	7
Connaissances de base en mathématiques et en conversion d'unités .....	8
<b>Sécurité</b> .....	<b>8</b>
Sécurité générale .....	8
Équipement de protection individuel (EPI) .....	10
Sécurité électrique .....	11
Sécurité mécanique.....	12
Premiers soins, réanimation cardio-respiratoire (RCR) et utilisation d'un défibrillateur externe automatique (DEA) .....	12
Formation sur l'ascension et le sauvetage.....	13
Espace clos .....	14
<b>Électricité</b> .....	<b>15</b>
Théorie (courant alternatif et courant continu) .....	15
Automates programmables industriels (API).....	15
Disjoncteurs et fusibles .....	16
Communications par fibre optique et par système d'information électronique .....	16
Appareils de mesure et mégohmmètres .....	17
Transformateurs.....	17
Génératrices.....	18
Moteurs.....	18
Instruments .....	18
<b>Mécanique</b> .....	<b>19</b>
Théorie de base (paliers, engrenages et équipement rotatif) .....	19
Matériel de fixation, serrage et tensionnement.....	19
Boîtes de vitesse, paliers et échantillonnage d'huile .....	20
Systèmes hydrauliques et échantillonnage d'huile.....	20
Systèmes de refroidissement.....	21
Systèmes d'orientation .....	21
<b>Opérations</b> .....	<b>21</b>
Connaissance générale de l'industrie – Éoliennes à entraînement direct et dotées d'une boîte de vitesse, et marques de FEO.....	21
Maintenance prédictive et préventive.....	22
Levage et descente des outils et de l'équipement .....	22
Pales .....	23

# Compétences fondamentales des techniciens en éoliennes de l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA)

Le document *Compétences fondamentales des techniciens en éoliennes* de CanWEA a été élaboré par des exploitants de parcs éoliens et des fabricants d'éoliennes du Canada, ainsi que différents intervenants, comme des établissements de formation, des fournisseurs de services éoliens et d'autres organisations qui appuient les techniciens en éoliennes. Il vise à présenter les compétences de base essentielles à la réussite des techniciens en éoliennes qui entament leur nouvelle carrière. Il a trois objectifs :

- Uniformité des formations des établissements de formation
- Uniformité des formations des entreprises
- Recensement des lacunes dans les compétences de la main-d'œuvre qualifiée

Les compétences fondamentales présentées ici relèvent de nombreuses catégories, ce qui montre la diversité des responsabilités des techniciens en éoliennes. Le présent document a été élaboré pour aider les établissements de formation et les entreprises à déterminer les compétences prisées par les employeurs de l'industrie éolienne. Les listes et les titres indiquent les exigences de base courantes des propriétaires, exploitants et fournisseurs de service à l'embauche d'un employé ou à l'octroi d'un contrat. À noter que les compétences listées ne doivent pas être vues comme des obstacles à l'accès au domaine de l'opération et de la maintenance des parcs éoliens : elles visent plutôt à mettre en évidence les domaines de perfectionnement et de formation ciblée propres à garantir des bases solides autant aux membres et aux employés de l'industrie qu'aux récents diplômés qui cherchent un emploi. Par ailleurs, le personnel qualifié qui souhaite travailler dans l'industrie éolienne peut les utiliser pour cerner toute lacune personnelle à combler. Les compétences fondamentales ne sont pas des préalables, et ne sauraient donc venir bloquer l'accès à ce domaine gratifiant et diversifié. Les techniciens en éoliennes actuels peuvent s'en servir pour cibler des domaines de perfectionnement professionnel et ainsi acquérir les fondations solides prônées par l'industrie.

L'industrie éolienne du Canada invite toute personne motivée à bien comprendre les compétences fondamentales des techniciens en éoliennes en vue d'accéder au domaine de l'opération et de la maintenance des installations de production d'électricité économique, propre et renouvelable.

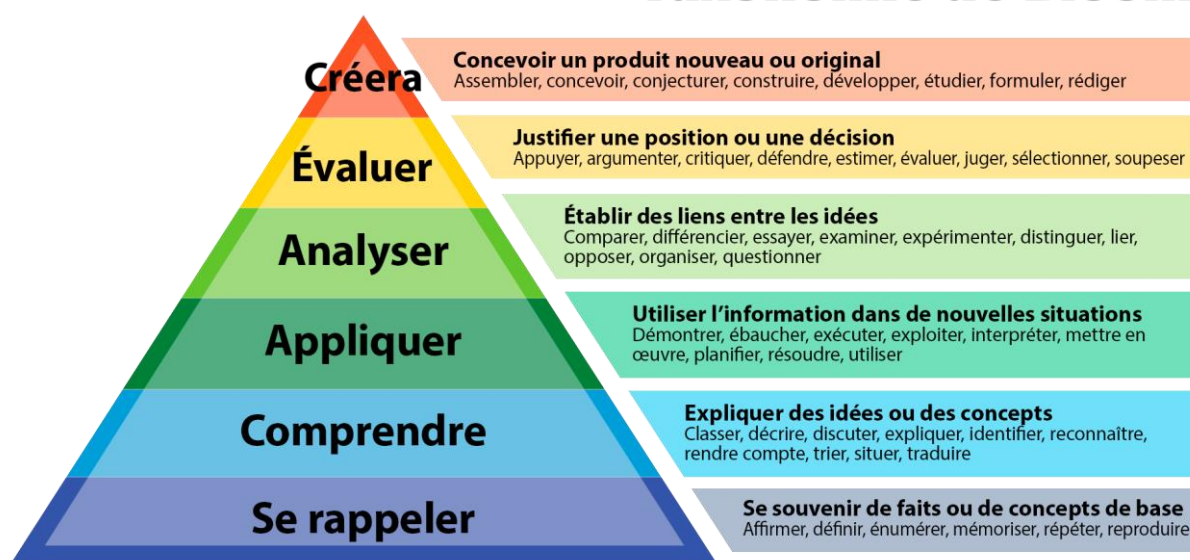
## Application

Les compétences fondamentales complètent l'énoncé suivant :

*« Un technicien en éoliennes débutant peut... »*

Les énoncés pratiques ainsi formulés peuvent s'appliquer à l'établissement des objectifs d'apprentissage, à l'évaluation des travailleurs et au recensement des lacunes. Les trois premiers niveaux de la taxonomie des objectifs d'apprentissage de Bloom – « Se rappeler », « Comprendre » et « Appliquer » – sont mis en application, et les termes du texte indiquent à quel niveau appartient chaque compétence fondamentale. En s'en tenant aux trois premiers niveaux, le document conserve son applicabilité fondamentale, ce qui permet aux formateurs d'établir des objectifs d'apprentissage répondant aux exigences minimales de l'industrie sans demander des connaissances et des compétences excessives. Aussi ne comprend-il pas d'outils d'évaluation des compétences supérieures. Il est attendu que les formations offertes sur place par les employeurs demeurent au centre de l'intégration des techniciens en éoliennes dans l'industrie, et c'est pourquoi les compétences fondamentales ne les couvrent pas.

# Taxonomie de Bloom



Source : [cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy](http://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy) (en anglais seulement), avril 2019

## Terminologie

Dans le présent document, les termes interchangeables *technicien en éoliennes* et *technicien* désignent les techniciens en éoliennes débutants, soit toute personne qui œuvre ou prévoit œuvrer dans le domaine de la réparation, de la maintenance et de l'opération des éoliennes et de l'équipement connexe. Ils ne renvoient pas aux électriciens qualifiés ou aux techniciens en éoliennes d'expérience.

Le terme *parc éolien* désigne l'ensemble des composants regroupés pour créer une installation autonome de production d'électricité.

Le terme *parc éolien typique* désigne une installation comptant au moins deux éoliennes produisant de l'énergie qui est dirigée vers une sous-station, puis vers un point de transport ou de distribution. Y travaillent au moins un employé responsable des lieux ainsi que des entrepreneurs externes et des équipes de fabricants d'équipement d'origine qui participent aux activités d'opération et de maintenance.

Le terme *équipement* désigne tout matériel qui se trouve dans un parc éolien, de la machinerie lourde (moteurs d'orientation, béliers hydrauliques de contrôle du pas, etc.) aux petits objets (cartes de circuit imprimé, filtres à huile, endoscopes, outils, etc.).

Le terme *fabricant d'équipement d'origine (FEO)* désigne toute entreprise responsable de la conception et de la fabrication des éoliennes ainsi que toute équipe de service affiliée qui se charge de leur maintenance.

## Avis et avis de non-responsabilité

CanWEA n'assume aucune responsabilité à l'égard du contenu du document *Compétences fondamentales des techniciens en éoliennes* (le « document »), qui est destiné à des fins éducatives et informatives seulement. Elle ne fait aucune déclaration et ne donne aucune garantie relativement à la pertinence des renseignements offerts dans ce document, aux fins de conformité légale ou à toute autre fin. Le document, qui ne donne que des lignes directrices générales (et non propres à un site ou à un projet), ne constitue pas un avis juridique, technique, médical ni professionnel.

- CanWEA est le seul créateur et propriétaire du document, y compris de tous les droits d'auteur, marques de commerce et autres droits de propriété intellectuelle.
- Le document ne vise pas à exposer les pratiques de travail et les précautions exigées par les lois de santé et de sécurité en vigueur, dont le respect incombe entièrement à son utilisateur.
- Le document ne traite pas de toutes les compétences nécessaires aux techniciens en éoliennes ou utiles dans le cadre des activités d'un parc éolien. Les membres de CanWEA et leurs fournisseurs doivent se familiariser avec l'équipement et les composants de chaque site, et déterminer si des compétences ou des précautions supplémentaires s'imposent.
- Les membres de CanWEA et leurs fournisseurs doivent garder à l'esprit que le document ne vise pas à remplacer, et ne remplace pas, un système de gestion de la santé et de la sécurité ou un programme de formation en la matière, et qu'il convient d'évaluer au cas par cas tous les éléments de programme suggérés, voire de les adapter aux lois applicables ou à des installations particulières.
- Les membres de CanWEA et leurs fournisseurs doivent déterminer s'il y a lieu de demander un avis juridique ou professionnel sur toutes les questions concernant la conformité en matière de santé et de sécurité ou sur toute autre question abordée par le document, le cas échéant.
- Le document ne vise pas à donner des conseils médicaux, et son contenu ne doit pas être interprété comme tel. Au besoin, il convient de consulter des professionnels de la santé.

## Restrictions

Le document a été rédigé à l'aide de publications connexes de l'industrie. Il n'est cependant pas exhaustif, et le lecteur devrait consulter les normes et les lois en vigueur. Par ailleurs, le document ne constitue pas une norme à laquelle il faut se conformer ni un protocole pour la vérification de programmes de formation.

## Réglementation

Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont chacun établi un cadre de réglementation en matière de santé et de sécurité au travail (SST). En général, les lois fédérales s'appliquent aux employés fédéraux, aux sociétés d'État et aux travailleurs des secteurs sous réglementation fédérale. Les lois provinciales et territoriales s'appliquent à la plupart des autres lieux de travail. Bon nombre de leurs éléments fondamentaux, comme les droits et les responsabilités des formateurs, des travailleurs, des employeurs et des superviseurs, se ressemblent dans tout le Canada. Toutefois, le détail et la mise en application des lois varient selon l'endroit.

Les membres de CanWEA doivent examiner les lois en matière de SST, qui peuvent être modifiées de temps à autre, y compris les lois sur la formation des travailleurs, afin de déterminer si les compétences fondamentales ou tout autre élément du document doivent être adaptés.

# Compétences fondamentales

Les compétences fondamentales sont regroupées en cinq grandes catégories :

- Compétences générales
- Sécurité
- Électricité
- Mécanique
- Opérations

Chaque catégorie est divisée en plusieurs sous-sections, qui contiennent chacune une liste de compétences principales et une brève description du sujet.

La description de chaque sous-section précise l'objectif derrière les compétences présentées. Ainsi, les lecteurs peuvent voir que chaque objectif d'apprentissage indiqué s'arrime bien à l'objet premier de la sous-section. Les descriptions peuvent aussi indiquer ce qui ne constitue pas une compétence fondamentale.

La section *Compétences générales* présente les compétences qui ne relèvent d'aucune discipline particulière, ainsi que certaines qualités nécessaires à un technicien en éoliennes.

La section *Sécurité* porte sur les différents aspects de la sécurité dans les parcs éoliens, notamment la sécurité générale, électrique et mécanique, ainsi que certains éléments propres au secteur de l'énergie éolienne.

Les sections *Électricité*, *Mécanique* et *Opérations* présentent les aspects techniques du poste, en mettant l'accent sur les éléments importants pour les débutants dans le domaine et en les distinguant des éléments nécessitant une expérience plus poussée.

Si des compétences fondamentales se répètent dans différentes sections, leur degré d'importance demeure le même. Les compétences peuvent être reformulées pour mieux correspondre à la section où elles figurent ou pour veiller à ce que les lecteurs ne les omettent pas s'ils ne consultent que cette section.

Les qualités des techniciens en éoliennes sont particulières et ont été soulignées par les intervenants durant la rédaction des compétences fondamentales. Les superviseurs des techniciens recherchent des employés qui ont soif d'apprendre, sont fiers de leur travail et font preuve d'autonomie tout en pouvant diriger une équipe et collaborer avec leurs collègues. Chaque lieu de travail et chaque employeur exigent différentes compétences et connaissances relatives aux processus, d'où l'importance du sens de l'initiative. En outre, les employés qui sont ponctuels et aptes au travail, maintiennent manifestement un mode de vie sain et ont à cœur l'organisation et la propreté sont très prisés. En démontrant ces qualités, les employés montrent qu'ils savent maintenir de bonnes habitudes de travail, avec ou sans supervision.

Enfin, il est important de noter que tous les employeurs n'exigent pas l'ensemble des compétences présentées ici. Le présent document se veut consensuel, c'est-à-dire qu'il vise à créer un équilibre entre les exigences de divers intervenants dont les besoins sont propres à leurs activités. Les techniciens en éoliennes débutants devraient lire les listes ci-dessous et relever toute lacune dans leurs propres connaissances. Cependant, les compétences listées ne doivent pas décourager les personnes motivées et soucieuses de la sécurité de travailler dans ce domaine.

# Compétences générales

## Parc éolien

### Principales compétences

- Identifier et décrire les différentes parties des réseaux électriques d'un parc éolien, dont les points d'interconnexion, les sous-stations, les réseaux collecteurs, les transformateurs des éoliennes et les éoliennes. Décrire la limite entre les éoliennes et le reste de l'installation de production d'énergie.
- Démontrer une bonne connaissance de l'infrastructure d'un parc éolien, dont les routes publiques et privées, les voies de service, les bâtiments d'opération et de maintenance, les installations d'entreposage des pièces, les parcs de stationnement, les réseaux de communication de surface et souterrains, les tours météorologiques et les poteaux électriques.
- Identifier et décrire les principaux composants d'éolienne, dont les pales, le moyeu, le mécanisme de pas, le bloc rotor, la nacelle, les capteurs environnementaux, l'arbre principal, le palier principal, la boîte de vitesses, l'arbre rapide, la génératrice, les supports anti-vibration, les systèmes de filtration d'huile, les systèmes d'éclairage, les armoires électriques, le système d'orientation, les câbles électriques, la tour, le bas de la tour et les transformateurs sur socles.
- Identifier et décrire les fonctions du cycle de vie de base d'une éolienne. Faire la distinction entre les pièces remplaçables et les structures non remplaçables, ainsi qu'entre les stratégies de maintenance à appliquer soi-même et les contrats de service de maintenance complets et mixtes.
- Relever les différences entre la construction et l'opération d'un parc éolien, et connaître les équipes de travail et les responsabilités, les transferts opérationnels, la propriété foncière et les périodes de garantie typiques.
- Connaître les risques environnementaux associés à l'exploitation d'installations d'énergie renouvelable, dont les problèmes liés à la marche au ralenti, la manipulation d'huiles, de solvants, de lubrifiants et d'autres produits chimiques, l'assainissement des lieux en cas de déversement, la conservation de la faune, l'utilisation minimale de l'eau et les répercussions sur le territoire.
- Discuter de concepts comme la culture du milieu de travail, l'approche sécuritaire au travail et la collaboration au sein de différents groupes comme les équipes de service indépendantes, les entrepreneurs spécialisés, les équipes des FEO et les employés recrutés à l'externe.
- Décrire les concepts associés à une journée de travail typique, dont le travail par quarts, sur appel, à distance et en isolement, les postes à risque élevé, les entrepreneurs externes et les pauses sur le terrain.
- Expliquer l'importance de la propreté, autant personnelle que des lieux, p. ex. ranger les outils aux endroits appropriés et tenir les dossiers propres et organisés.

### Description

Ces compétences consistent à bien comprendre la dynamique de travail et à l'appliquer dans un parc éolien typique. Les techniciens en éoliennes débutants doivent pouvoir décrire les parties du parc éolien ainsi que la fonction qu'elles jouent dans l'exploitation de l'installation de production d'électricité. Comme chaque installation est unique en ce qui concerne l'équipement utilisé et l'aménagement des lieux, les compétences sont axées sur la compréhension générale et la capacité à utiliser ces connaissances pour accélérer l'apprentissage sur place. Il faut bien comprendre l'ensemble des facteurs déterminant où et comment les tâches seront réalisées, y compris le travail de bureau et la maintenance des bâtiments d'opération. Il est extrêmement important de garder l'équipement et les bâtiments propres et bien organisés.

## Schémas et plans (électriques, hydrauliques et techniques)

### Principales compétences

- Identifier et décrire les différents types de plans électriques (schémas, câblage, schémas unifilaires, etc.).
- Interpréter et utiliser les termes, symboles, formats, etc. courants figurant dans les plans et les schémas électriques, hydrauliques et techniques.
- Savoir distinguer les pièces d'équipement physiques et les éléments des plans et des schémas.
- Identifier les sources d'énergie dangereuses et les autres dangers illustrés dans les plans et les schémas des installations.

### Description

Il est important que les techniciens en éoliennes puissent reconnaître et lire les schémas et les plans, qui font partie intégrante des opérations d'une centrale. Ils feront souvent appel à cette compétence au moment de planifier le travail et de diagnostiquer des défaillances, ainsi que pour mieux connaître l'équipement et l'infrastructure d'un parc éolien. La capacité à modifier des documents et à créer de nouveaux plans et schémas n'est pas une compétence fondamentale.

## Appareils électroniques

### Principales compétences

- Utiliser un ordinateur pour envoyer et recevoir des courriels, rédiger des documents, remplir des formulaires en format PDF, consulter des guides sur les services et faire des recherches sur Internet.
- Utiliser des appareils de communication comme des téléphones cellulaires et des radios bidirectionnelles. Connaître l'alphabet phonétique et l'étiquette en matière de communications professionnelles.
- Connaître les appareils mobiles – p. ex. téléphones intelligents, tablettes et ordinateurs portables – utilisés pour conserver des dossiers électroniques, des listes de vérification, des guides sur les services et d'autres documents.
- Utiliser un multimètre numérique pour mesurer la tension, l'intensité et l'impédance.

### Description

Comme de nombreux autres travailleurs, les techniciens en éoliennes sont de plus en plus appelés à prendre le virage numérique. La capacité à utiliser des appareils de communication traditionnels comme les téléphones et les radios demeure importante, mais l'utilisation des téléphones intelligents, des tablettes et des ordinateurs est maintenant considérée comme une compétence fondamentale. Les techniciens doivent avoir une connaissance de base des applications prédéfinies, des différents types de fichiers et des appareils de communication orale ou écrite. La saisie, la correction et l'identification d'éléments de codage ne sont pas des compétences fondamentales.

## Diagnostic et déduction logique

### Principales compétences

- Posséder les habiletés de base nécessaires pour cerner les problèmes relatifs aux systèmes électriques et mécaniques. Faire des déductions logiques de base pour trouver l'origine d'un problème et proposer des solutions potentielles.
- Cerner et expliquer les situations où de plus amples renseignements sont nécessaires pour résoudre un problème.



- Indiquer les sources de renseignements utilisées pour résoudre les problèmes du parc éolien.
- Posséder les habiletés de base nécessaires pour appliquer les capacités de diagnostic à différents types de problèmes.

#### *Description*

Le diagnostic et la déduction logique – ou du moins, la capacité à développer ces compétences – sont essentiels au travail des techniciens en éoliennes. Il leur est nécessaire de pouvoir cerner et résoudre les problèmes, autant en cas de panne majeure dans le parc que dans le cadre d'activités de maintenance ordinaires. Comme les techniciens sont appelés à travailler dans des lieux éloignés et qu'ils ne peuvent pas aller chercher des outils et des matériaux supplémentaires pour effectuer les travaux, ils doivent être bien préparés et polyvalents lorsqu'ils s'appêtent à réaliser une tâche; autrement, ils pourraient perdre du temps, et leur rendement pourrait en souffrir. Si la capacité démontrée à résoudre des problèmes particuliers n'est pas une compétence fondamentale, la capacité à trouver des solutions logiques l'est.

## Connaissances de base en mathématiques et en conversion d'unités

#### *Principales compétences*

- Connaître et utiliser les unités de longueur, de masse, de volume, de courant électrique et de température du Système international d'unités (SI).
- Connaître et utiliser les unités électriques de base : volts, ampères, ohms et watts.
- Additionner, soustraire, multiplier et diviser des unités électriques et du SI de base.
- Convertir des unités du système métrique, p. ex. des millilitres en litres.

#### *Description*

En ayant des connaissances de base en mathématiques ainsi que la capacité à en appliquer des principes et à utiliser des unités de mesure, les techniciens en éoliennes peuvent résoudre de nombreux autres problèmes. Autrement, il leur sera très difficile d'acquérir les autres compétences essentielles à l'aube de leur nouvelle carrière. Cependant, les techniciens en éoliennes débutants n'ont pas besoin de savoir appliquer des concepts avancés comme l'intégration, la conversion mentale entre différents systèmes d'unités et la résolution de problèmes à multiples variables .

## Sécurité

### Sécurité générale

#### *Principales compétences*

- Démontrer clairement que la santé et la sécurité physiques, mentales et émotionnelles au travail constituent des priorités. Comprendre la nature unique du poste de technicien en éoliennes en ce qui concerne la sécurité.
- Expliquer les concepts liés à l'évaluation des dangers préalable au travail, à la planification de la sécurité au travail, à la réduction du temps d'ascension (dans la mesure du possible) et à l'utilisation des données disponibles pour éclairer les décisions relatives à la sécurité.
- Expliquer différents termes liés à la planification du travail (p. ex. analyse du risque professionnel, formulaire de planification du travail et réunion d'information).
- Établir ses limites personnelles pour l'arrêt du travail ou l'exercice du droit de refus en fonction de ses connaissances et de son degré d'assurance.

- Décrire les exigences en matière d’aptitude au travail, les effets de l’abus de substances sur la sécurité et les postes à risque élevé.
- Identifier et décrire les dangers chimiques sur les lieux de travail, le Système d’information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT), les fiches de données de sécurité et le Système général harmonisé de classification et d’étiquetage des produits chimiques (SGH).
- Décrire des concepts liés à la sécurité, p. ex. les plans de sécurité des lieux, la chaîne de sécurité, les procédures d’acheminement aux échelons supérieurs et de signalement d’incidents, les incidents à signaler et les incidents évités de justesse.
- Identifier et expliquer les dangers qui se présentent près des éoliennes : jets et chute de glace, accumulations de neige, transformateurs, portes ou escaliers endommagés, mouvement du sol causé par les conditions météorologiques, vandalisme, vols et entrées par effraction.
- Faire connaître aux autres travailleurs les mesures de sécurité à appliquer pour s’approcher et s’éloigner d’une éolienne et quitter les lieux. Communiquer de manière claire et efficace en utilisant un langage précis.
- Identifier et décrire les dangers liés au levage et au gréage des outils et de l’équipement. Savoir utiliser les câbles stabilisateurs, rester hors des zones de chute, tenir compte du vent et connaître les opérations des grues pour charges lourdes et des grues internes ainsi que les signaux manuels de base pour le levage et le gréage.
- Définir les dangers liés à la foudre et les mesures de protection connexes : surveillance de la foudre et politiques sur l’évacuation des éoliennes et des lieux.
- Respecter les limites de vitesse affichées et circuler lentement en cas de conditions dangereuses, p. ex. en cas de perte d’adhérence (glace, neige, huile ou eau), de feux de forêt, d’inondations et d’accumulations de neige, ou en présence d’obstacles (arbres, glissement de terrain, chute de pierres ou objets tombés d’autres véhicules) ou d’animaux. Tenir compte des autres utilisateurs des routes partagées (p. ex. véhicules de grandes dimensions, équipement agricole, grumiers).
- Conduire prudemment, ne pas se laisser distraire, garer le véhicule hors des zones de chute des éoliennes, garer le véhicule en marche arrière ou à un endroit d’où il est facile de quitter les lieux, inspecter les véhicules et bien fixer les charges.
- Reconnaître les dangers environnementaux (p. ex. tiques, insectes, ours, loups), les températures extrêmes et les risques d’insolation.
- Reconnaître le rôle des autorités compétentes desquelles relèvent les règles et les normes sur la sécurité, ainsi que les différences entre les régions géographiques.

### *Description*

Les compétences relatives à la sécurité générale couvrent un éventail de dangers qui guettent particulièrement le personnel qui travaille à l’extérieur, parcourt de grandes distances hors route et effectue des tâches exigeantes physiquement. Toutefois, la compétence la plus importante est de garder la sécurité à l’esprit dans l’exécution de ces tâches uniques, qu’elles soient nouvelles ou habituelles. Par exemple, soulever un sac à outils n’est pas une manipulation réservée au lieu de travail ou à l’industrie éolienne. Cependant, les blessures causées par l’utilisation de techniques de levage inadéquates peuvent s’aggraver si les muscles du travailleur sont tendus après qu’il a utilisé un véhicule pendant 30 minutes, monté dans une échelle de 70 mètres, puis répété le mouvement cinq fois. Les techniciens en éoliennes doivent privilégier une approche globale de la sécurité en tout temps : à domicile, dans les déplacements, au bâtiment de maintenance, à l’éolienne et au retour. De plus, pour se conformer aux exigences des autorités compétentes locales, ils doivent connaître les lois et la terminologie des différentes régions. Les politiques, procédures et outils propres à un site seront imposés par l’employeur et ne font donc pas partie des compétences fondamentales.

## Équipement de protection individuel (EPI)

### Principales compétences

- La connaissance de l'EPI ci-dessous, de son utilisation adéquate et des dangers connexes est considérée comme une compétence fondamentale. Les techniciens en éoliennes ne sont pas tenus de posséder cet équipement, mais il est important qu'ils aient une connaissance fonctionnelle des dangers et de l'équipement à utiliser.
  - Chaussures – Chaussures à embouts d'acier ou de fibre de carbone, résistantes à l'eau (pour les environnements humides) et adaptées à la température (pour les environnements chauds ou froids), semelles antidérapantes, poids convenant à l'ascension, protection des chevilles.
  - Protection du visage – Types de lunettes de sécurité : lunettes antibuée, lunettes pour le travail des métaux, lunettes pour les climats froids à utiliser dans les véhicules ouverts, lunettes de soleil, équipement de soudeur, masque de protection contre les éclats d'arc électrique. Situations où il faut porter à la fois un masque et des lunettes.
  - Protection auditive – Protectors intra-auriculaires pour une utilisation générale et extra-auriculaires pour les environnements bruyants. Sensibilisation à la réduction de l'ouïe.
  - Protection des voies respiratoires – Masque antipoussières pour les contaminants atmosphériques, masque complet pour le travail avec de la fibre de verre et les situations extrêmes, et dispositif d'oxygénation autonome pour le travail en espace clos.
  - Protection des mains – Importance pour la prévention des blessures. Types de gants : travaux mécaniques, travail des métaux, manipulation de produits chimiques et protection contre les éclats d'arc électrique. Blessures par injection de fluide hydraulique et prévention.
  - Appareils de surveillance de gaz – Fonction des appareils de surveillance de gaz et lieux où ils sont nécessaires, appareils de surveillance de trois, quatre et cinq gaz, concentrations de gaz habituellement sécuritaires, importance de la tenue de registres.
  - Casques – Types de casques pour différentes tâches : construction, ascension, prévention des blessures causées par la chute d'objets. Importance des sangles de menton, protection contre le froid avec des chapeaux d'hiver.
  - Vêtements – Protection contre les éclats d'arc électrique, degré de résistance au feu, fibres organiques et synthétiques, effets de la graisse, de l'huile, de la terre, des trous, etc., sur le degré de protection. Vêtements adaptés aux conditions climatiques offrant une protection contre la chaleur, le froid, l'humidité et le rayonnement solaire.
  - Équipement d'arrêt de chute – Type d'équipement selon la fonction : ascension, construction, utilisation à court terme ou pour une journée entière, travail en suspension, systèmes d'ancrage avec rails ou câbles. Hauteurs de chute typiques avec l'équipement, inspection et maintenance de l'équipement, effets des souillures et du poids corporel en suspension et dommages en cas de chute.
  - Longes de maintien au travail – Fonctions, limites, et rôle dans la prévention des chutes.
  - Fixation des outils, fermeture des sacs et des poches et vidage des poches pour prévenir la chute d'objets.
- Reconnaître le rôle des autorités compétentes desquelles relèvent les règles et les normes sur la sécurité, ainsi que les différences entre les régions géographiques.

### Description

Tout comme les compétences en matière de sécurité générale, la connaissance de base de l'EPI s'appuie sur la connaissance générale de l'équipement à utiliser selon la tâche. Il est essentiel pour les techniciens en éoliennes de démontrer qu'ils ont la capacité à utiliser le bon EPI dans une situation donnée, et à poser des questions

lorsqu'une nouvelle situation se présente. Les employeurs doivent avoir la certitude que leurs employés aborderont chaque situation en gardant la sécurité à l'esprit et utiliseront les outils appropriés pour la tâche. Ils doivent savoir que les employés cesseront le travail s'ils doutent de leur capacité à réaliser la tâche en toute sécurité. Les techniciens pourront se servir de cette connaissance pratique de l'EPI pour assimiler les politiques propres à un lieu de travail et relever en toute confiance les lacunes sur le plan de la protection personnelle. L'expérience approfondie de toutes les tâches risquées et des différents types de tâches, comme le sauvetage en espace clos ou la réparation interne des pales, n'est pas une compétence fondamentale.

## Sécurité électrique

### Principales compétences

- Identifier les dangers électriques associés aux différents secteurs d'un parc éolien et aux secteurs à accès restreint.
- Identifier et décrire les situations où l'accès à un lieu (p. ex. sous-station) est réservé à du personnel ou à des équipes qualifiés, et montrer le désir d'apprendre auprès des employés et des entrepreneurs qualifiés.
- Savoir que les techniciens en éoliennes doivent rester hors des bâtiments des sous-stations et des zones clôturées jusqu'à ce que l'employeur leur ait donné une formation, les ait évalués et leur ait accordé l'accès.
- Décrire le poste d'exploitant qualifié, autorisé à observer et à inspecter l'intérieur des sous-stations. Les titulaires ne peuvent utiliser aucun outil, mais ils peuvent effectuer des inspections sur place, selon leur capacité à identifier et à décrire les dangers. L'accès leur est accordé par le superviseur des lieux.
- Décrire le poste d'ouvrier en électricité qualifié, autorisé par le superviseur à effectuer des travaux dans les zones à accès restreint ainsi que des travaux sous tension, tels qu'enseignés dans la formation avancée.
- Reconnaître que les règles relatives aux compétences exigées pour effectuer des travaux électriques varient d'une région à l'autre.
- Connaître les dangers liés aux transformateurs sur socle : équipement électrique exposé ou endommagé, notamment par la chute de glace, concentration élevée de gaz dissous à l'intérieur et risques de défaut d'arc.
- Savoir vérifier, en toute sécurité, la présence ou l'absence de courant alternatif ou continu dans différents circuits, et mesurer la tension.
- Démontrer sa connaissance des procédures de cadenassage et d'étiquetage des sources d'électricité dangereuses, des mécanismes avec cadenas à clé unique et des responsabilités du superviseur lorsqu'une personne n'est pas en mesure de retirer son cadenas.
- Décrire les dangers liés à l'équipement électrique sous tension, aux sources d'énergie résiduelle après isolement et à l'électricité stockée dans les batteries du système, les condensateurs et le matériel de conditionnement d'énergie, ainsi que les techniques de mise à la terre appropriées.
- Inspecter les câbles pour déterminer s'ils sont endommagés.
- Être au fait du droit de refuser ou de cesser le travail si la situation est dangereuse ou l'est devenue, ou si les tâches assignées ne cadrent pas avec la formation reçue.
- Décrire le concept de l'appareillage de commutation communément utilisé dans l'industrie.

### Description

La sécurité, y compris la sécurité électrique, est d'une importance capitale pour les techniciens en éoliennes. Elle ne doit pas être considérée comme un sujet isolé, mais bien comme une partie intégrante de chaque tâche réalisée dans le parc éolien. Que les travaux aient lieu dans les tours ou dans le reste de l'installation, les

techniciens doivent connaître les dangers et les pratiques sécuritaires générales à appliquer pour prévenir les blessures et éviter d'endommager l'équipement. Les limites personnelles des techniciens en éoliennes suffisent à justifier un refus de travailler ou l'arrêt des travaux dans une situation qui s'avère dangereuse ou qui exige des compétences particulières. De plus, la connaissance des différences potentielles entre les règles des différentes régions sur la qualification des ouvriers en électricité est une exigence de base.

## Sécurité mécanique

### Principales compétences

- Identifier et décrire les sources d'énergie mécanique potentiellement dangereuses, y compris les composants du rotor et de la transmission, le système de direction, les opérations des grues internes, l'utilisation des ascenseurs de service ou des assistants d'ascension, les trappes et les portes.
- Démontrer sa connaissance des systèmes de cadenas des sources d'énergie mécanique, p. ex. pour le rotor, les pales, le système de pas, les soupapes pneumatiques et les robinets.
- Décrire d'autres dangers liés à la position : rester coincé, se faire pincer ou écraser, glisser, chuter, se faire barrer la voie par des objets suspendus à faible hauteur, etc.
- Identifier et décrire toutes les surfaces d'équipement exposées de la nacelle et du rotor.
- Identifier et décrire les systèmes de fluide hydraulique sous haute pression et les dangers connexes : injection de fluide hydraulique, relâchement rapide de la pression et éclatement.
- Savoir, décrire et démontrer comment utiliser de façon sécuritaire les outils mécaniques (clés, leviers, tournevis et pinces) et des clés dynamométriques.
- Savoir, décrire et démontrer comment utiliser de façon sécuritaire les clés dynamométriques hydrauliques et de l'équipement connexe.
- Savoir, décrire et démontrer comment utiliser de façon sécuritaire les appareils de levage mécaniques intérieurs des éoliennes. Décrire les dangers que présentent les boucles dans les chaînes, les câbles métalliques et les cordes sous tension.
- Identifier et décrire les dangers que présentent les chutes d'objets, ainsi que les façons de bien fixer les outils.

### Description

Le travail sur de grosses machines industrielles peut être source de danger pour les ouvriers. Les techniciens en éoliennes doivent pouvoir identifier l'équipement rotatif qui peut parfois être exposé et commencer à tourner sans préavis s'il n'est pas bien cadenassé. Entre autres connaissances de base, ils doivent par ailleurs connaître l'énergie stockée dans les systèmes hydrauliques et pneumatiques, les outils dynamométriques et les principes de gravité. En raison de la fréquence du travail en hauteur, la connaissance des risques de chute d'objets et des dangers liés à l'équipement de levage est aussi une compétence fondamentale importante. Il est essentiel de connaître ces dangers, ainsi que les risques associés au travail dans des espaces restreints, près de machinerie lourde (coincement, chute, chocs au plafond, etc.). Il n'est pas nécessaire de pouvoir réaliser la maintenance complète de ces systèmes mécaniques; il faut simplement connaître les risques de blessure.

## Premiers soins, réanimation cardio-respiratoire (RCR) et utilisation d'un défibrillateur externe automatique (DEA)

### Principales compétences

- Offrir les premiers soins de base, notamment ce qui suit :
  - Intervention en cas de coupure mineure ou majeure, de fracture, d'ecchymose et de brûlure.
  - Intervention en cas de blessure à la tête ou aux yeux.

- Intervention en cas de choc, d'hypothermie, de coup de chaleur, d'épuisement, de crampes, de gelure, de déshydratation et d'empoisonnement.
- Intervention en cas de situation d'urgence (p. ex. crise d'asthme, anaphylaxie, convulsions, urgence diabétique, accident vasculaire cérébral et maladie cardiovasculaire).
- RCR et application des protocoles en région éloignée.
- Utilisation d'un DEA.
- Expliquer dans quelles circonstances des soins médicaux professionnels sont nécessaires et comment demander de l'aide, et décrire les méthodes de transport de base dans un véhicule.
- Savoir décrire de manière concise aux autorités médicales ou au personnel du parc éolien les blessures ainsi que les critères de stabilité.
- Reconnaître les appareils de sauvetage comme les appareils d'immobilisation et de désincarcération, et connaître l'importance d'apprendre les protocoles propres au lieu de travail.

### *Description*

Habituellement, les techniciens en éoliennes travaillent en équipe. En cas d'incident dans un lieu de travail éloigné, dans une tour ou sur la route, un coéquipier peut agir comme premier répondant et s'avérer la seule ressource médicale à proximité. Il est donc important d'avoir une connaissance de base des premiers soins pour stabiliser un ouvrier blessé jusqu'à l'arrivée des services médicaux. Il faut aussi connaître les éléments environnementaux qui aggravent les problèmes de santé, p. ex. en état d'hypothermie, se trouver sur un plancher métallique ou, en état de choc, être à l'extérieur. La liste présente essentiellement des compétences de base, et se résume à savoir quand et comment demander de l'aide professionnelle.

## Formation sur l'ascension et le sauvetage

### *Principales compétences*

- Sélectionner, inspecter et ajuster un harnais approprié pour les techniciens en éoliennes.
- Appliquer les connaissances liées aux systèmes d'arrêt de chute, notamment les systèmes d'ancrage avec rails ou câbles, les coulisseaux de sécurité, les glissières sur rail, les amortisseurs de chute et les mousquetons. Identifier et décrire les emplacements appropriés pour les points de fixation et d'ancrage dans la tour et l'éolienne et sur la nacelle et le moyeu.
- Décrire les procédures et les appareils de sauvetage pour différentes situations et les utiliser : sous-sol ou voûte, échelle, ascenseur de service désactivé, intérieur de la nacelle, chute sur le côté de la nacelle et du moyeu comportant des risques liés au syndrome du harnais et au poids corporel appliqué en cas d'arrêt de chute.
- Dans l'analyse du risque professionnel et le processus de planification du travail, intégrer les situations qui pourraient exiger un sauvetage.
- Entretien adéquat des harnais, des longes de sécurité et l'équipement d'arrêt de chute et de sauvetage.
- Distinguer et décrire les systèmes d'arrêt de chute avec longes en « Y » et en « V », et les techniques d'ancrage des cordes de fixation.
- Distinguer et décrire l'arrêt de chute et la prévention des chutes, y compris l'utilisation adéquate des longes de maintien au travail.
- Appliquer des pratiques de levage et d'ascension adéquates : position ergonomique, trois points de contact, fixation intégrale, fixation des charges, signalement à l'équipe, ouverture et fermeture des trappes, transitions entre les plateformes et les échelles, ascenseurs, plateaux, etc.
- Décrire les façons d'utiliser les ascenseurs de service et les assistants d'ascension. Avoir connaissance des garde-corps, de l'ouverture des ascenseurs de service, des couvercles et des trappes d'échelles.

- Expliquer l'importance de vider les poches qui ne se ferment pas avant de monter, ainsi que les techniques de prévention des chutes d'objets, comme l'utilisation de sangles pour fixer les outils, de sacs refermables et de sangles de menton.
- Reconnaître que des formations supplémentaires peuvent être nécessaires avant d'avoir accès à certaines parties de l'éolienne, comme le moyeu et les pales. Connaître les pratiques liées au travail en espace clos ou à accès restreint et le plan de sauvetage de l'équipe. Reconnaître que chaque modèle d'éolienne peut nécessiter des plans d'entrée, de sortie et de sauvetage qui lui sont propres.
- Connaître les procédures pour accéder au moyeu et aux pales : compte des outils et des matériaux avant d'accéder aux lieux et de les quitter pour s'assurer que rien n'a été oublié, endroits acceptables où poser les pieds et les mains, fixation intégrale en tout temps, etc.

### *Description*

La formation sur l'ascension et le sauvetage est essentielle et, en quelque sorte, propre aux techniciens en éoliennes. Il est vrai que les techniciens débutants ne possèdent pas une vaste expérience, mais la connaissance des compétences listées est un bon point de départ pour commencer à travailler dans la tour. Comme indiqué dans la section précédente, les membres de l'équipe de techniciens sont souvent les premiers répondants sur les lieux et, dans le cas des sauvetages dans les tours, les seules personnes qualifiées pour sortir un coéquipier de l'éolienne. La connaissance des procédures de sauvetage aidera l'employeur à intégrer les nouveaux techniciens aux formations récurrentes avancées sur place avec l'équipement.

Si certaines compétences peuvent sembler mineures ou moins importantes, il faut noter que les dangers liés au travail en hauteur demandent de porter une attention particulière aux détails. Par exemple, une vis qui tomberait d'une poche mal fermée pourrait blesser une personne qui travaille plus bas ou endommager de l'équipement. De plus, en raison de l'effort physique et du temps nécessaire pour accéder à certains endroits, il faut bien prévoir toute éventualité.

## Espace clos

### *Principales compétences*

- Déterminer si un lieu est considéré comme un espace clos aux termes de la réglementation provinciale : risques atmosphériques, accès difficile à l'entrée et à la sortie, lieu conçu pour être occupé en continu par une personne, permis, absence de permis, etc.
- Déterminer si l'espace clos présente des dangers et décrire les stratégies d'atténuation à appliquer pour prévenir les blessures.
- Nommer et décrire les fonctions d'une équipe de sauvetage.
- Utiliser des appareils de surveillance de gaz pour déterminer si les concentrations de gaz (oxygène, monoxyde de carbone, sulfure d'hydrogène et limite inférieure d'explosivité) conviennent à l'occupation humaine.
- Identifier et décrire les dangers liés à l'hexafluorure de soufre que présente la partie inférieure de certaines éoliennes en raison de la présence de disjoncteurs particuliers.
- Identifier et décrire les dangers accrus liés à l'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone durant les périodes de travail prolongées dans des espaces où la ventilation est insuffisante.
- Identifier les risques potentiels comme l'expulsion rapide de l'azote des accumulateurs, le dégagement gazeux de la batterie et l'exposition à des produits chimiques.
- Reconnaître l'importance de vérifier les prévisions météorologiques (foudre ou autres conditions) avant d'entrer dans l'espace clos afin d'éviter tout risque supplémentaire.
- Identifier tout autre danger comme la présence de moisissures, d'organismes nuisibles ou d'excréments et l'épandage aérien (agricole) de produits chimiques.

### *Description*

La réglementation sur le travail en espace clos peut prévoir une série de mesures, selon le territoire où les travaux sont effectués. En appliquant des pratiques générales sécuritaires, les techniciens pourront non seulement s'y conformer, mais surtout ne jamais compromettre leur sécurité. Comme les parcs éoliens comptent plusieurs espaces clos, ils doivent pouvoir les identifier et éviter d'y entrer. Le travail et le sauvetage en espace clos sont considérés comme des compétences avancées.

## Électricité

### Théorie (courant alternatif et courant continu)

#### *Principales compétences*

- Utiliser les principes de base de l'électricité, dont la loi d'Ohm et les lois de Kirchhoff, pour résoudre des problèmes simples.
- Savoir utiliser un multimètre pour mesurer la tension, l'intensité, la résistance, la continuité et la capacitance.
- Décrire les notions de courant alternatif, de courant continu, de capacitance, d'inductance et de résistance, et pouvoir en discuter.
- Décrire les notions de tension, d'intensité, de résistance et de puissance ainsi que leurs liens.
- Décrire un circuit simple.
- Décrire les circuits en série, les circuits en parallèle et les circuits complexes.
- Expliquer le travail, l'énergie et la puissance.
- Décrire les principes du magnétisme en relation avec l'électricité, y compris les aimants permanents et temporaires.
- Expliquer ce qu'est le facteur de puissance en électricité.
- Expliquer ce qu'est la fréquence électrique et pourquoi elle est importante.
- Décrire les ondes sinusoïdales et expliquer leur lien avec l'électricité.
- Reconnaître certains éléments de l'armoire électrique (condensateur, résistance, batterie, alimentation, diode, capteur, etc.).
- Reconnaître les problèmes nécessitant un remplacement de la carte de circuit imprimé et ceux où une réparation pourrait être possible.

### *Description*

Le travail dans un parc éolien exige des connaissances théoriques sur l'électricité qui serviront d'assises pour l'acquisition d'expérience. Les principes décrits ici permettent aux techniciens en éoliennes débutants de commencer à distinguer les types de circuits et à comprendre la pression exercée sur l'équipement électrique. Plus encore : ils permettent de connaître les dangers électriques qui vont moins de soi.

### Automates programmables industriels (API)

#### *Principales compétences*

- Expliquer ce que sont les signaux analogiques et numériques.
- Décrire la fonction des API.
- Décrire les principaux composants des API.
- Identifier les méthodes d'installation des API.



- Expliquer le temps de réponse et le séquençement des API.
- Décrire les différents types d'API (de type « boîte à chaussures » et modulaires).
- Savoir distinguer la programmation logique haute tension et faible tension.
- Faire le diagnostic des API en utilisant les témoins de leurs cartes ainsi qu'un schéma séquentiel.

#### *Description*

Les techniciens en éoliennes débutants doivent pouvoir utiliser un API et savoir à quelles sorties sont liés les capteurs. Ils doivent pouvoir déterminer si les signaux sont analogiques ou numériques et pourquoi un équipement doit être mis en marche pour que soit lancée la séquence. Les tâches simples comme le remplacement des composants défectueux de l'API doivent être maîtrisées, ou du moins, connues. La programmation et les diagnostics avancés ne sont pas des compétences fondamentales.

## Disjoncteurs et fusibles

#### *Principales compétences*

- Décrire la fonction des disjoncteurs et des fusibles sur le plan de la production d'énergie, de la connexion au réseau et de la sécurité.
- Décrire les disjoncteurs à déclenchement instantané et les disjoncteurs limiteurs de courant.
- Décrire les valeurs du courant de déclenchement, du courant phase à phase et du courant de défaut à la terre.
- Expliquer ce qu'est une surcharge et décrire les différents types de surcharge.
- Expliquer ce qu'est le courant continu ainsi que sa fonction.
- Expliquer ce qu'est un régulateur du nombre de tours et en quoi il se distingue du système de commande pour courant continu.
- Décrire les conséquences d'un mauvais choix de fusible.

#### *Description*

Comme les techniciens en éoliennes doivent souvent manipuler les disjoncteurs et les fusibles, ils doivent en connaître les fonctions dans les grandes lignes. La compréhension des scénarios en cas de surcharge est une compétence fondamentale; la modification de paramètres, le remplacement de composants et l'adaptation de solutions ne le sont pas.

## Communications par fibre optique et par système d'information électronique

#### *Principales compétences*

- Identifier les systèmes de communication et de contrôle électroniques de base.
- Décrire les réseaux de transfert de données : Ethernet, fibre optique, réseaux sans fil.
- Décrire les fonctions du système d'acquisition et de contrôle de données ainsi que les principaux points de connexion, comme la génératrice, les boîtes de vitesses, l'équipement de surveillance des conditions météorologiques, les armoires de commande sur une tour ou en bas d'une tour, et le système central de collecte et de stockage de données.
- Décrire les systèmes intégrés et autonomes de surveillance de l'état de l'équipement et leur fonction de collecte de données supplémentaires.
- Expliquer comment fonctionne la communication par fibre optique et pourquoi elle est utilisée dans l'industrie.
- Reconnaître qu'il est possible de réparer et de raccorder les câbles à fibre optique.

- Décrire les précautions à prendre pour manipuler les câbles à fibre optique.

#### *Description*

Les réseaux de fibre optique font partie intégrante des installations de production et de distribution d'électricité comme les parcs éoliens. Les techniciens en éoliennes débutants ne sont pas tenus d'installer, de réparer ou de modifier ce type de réseaux, mais ils doivent, entre autres compétences fondamentales, pouvoir identifier les principaux composants et les fonctions, et manipuler des câbles et des connexions de manière appropriée.

## Appareils de mesure et mégohmmètres

#### *Principales compétences*

- Identifier et décrire les différents appareils de mesure utilisés dans l'industrie (mégohmmètre, multimètre, pince ampèremétrique, testeur de moteur, oscilloscope et testeur à deux pôles), ainsi que leurs composants.
- Utiliser les divers appareils de mesure de manière appropriée et les connecter correctement aux conducteurs et aux barres omnibus.
- Analyser les mesures des différents appareils à des fins de diagnostic.
- Respecter les procédures de sécurité appropriées pour la prise de mesures sur les conducteurs.

#### *Description*

Les techniciens en éoliennes utilisent souvent des appareils de mesure électriques, non seulement pour poser un diagnostic et mettre à l'essai de l'équipement, mais aussi pour déterminer son état et assurer la sécurité des personnes qui travaillent à proximité. Ces compétences fondamentales, comme les autres, permettent aux techniciens débutants de reconnaître les limites de leur connaissance des systèmes électriques et d'ainsi savoir quand cesser le travail. L'utilisation adéquate des appareils de mesure est une bonne façon de savoir si ces limites ont été atteintes.

## Transformateurs

#### *Principales compétences*

- Identifier et décrire les principaux types et les principales fonctions et puissances nominales des transformateurs : génératrice et transformateur d'éolienne, transformateur de sous-station, etc.
- Savoir et décrire comment utiliser les huiles dans les transformateurs, les pratiques de maintenance, les réservoirs d'huile et les mesures de confinement des déversements.
- Identifier et décrire les principaux types de défaillance, p. ex. un faible niveau d'huile, la mauvaise qualité d'une installation ou des matériaux utilisés, des défauts d'isolement, des câbles entortillés, un vol de cuivre et de l'équipement mal classé.
- Connaître les différences dans les pratiques de maintenance des transformateurs, les exigences relatives aux garanties et les stratégies de maintenance prédictive et préventive des FEO.
- Reconnaître les anomalies des transformateurs, p. ex. les dommages causés par les mouvements du sol, les inondations, les chutes d'objets ou de glace et la chaleur extrême.

#### *Description*

Seuls les ouvriers en électricité qualifiés peuvent manipuler les transformateurs sous tension et hors tension, avec l'autorisation du superviseur du site. Les techniciens débutants doivent pouvoir identifier les transformateurs et comprendre les différentes tensions nominales et procédures de maintenance de base. Cependant, étant donné que chaque fabricant a ses propres modèles et procédures de maintenance et que la tension peut être moyenne ou élevée, les tâches liées à la maintenance ne sont pas des compétences

fondamentales. Il revient plutôt à l'exploitant de l'installation d'approuver la qualification des ouvriers avant le début des travaux.

## Génératrices

### Principales compétences

- Décrire les principes d'utilisation de base d'une génératrice d'électricité.
- Décrire les principaux composants d'une génératrice (armature, rotor, stator, enroulements, boîtes électriques, paliers et bagues collectrices).
- Décrire les différents types de génératrices d'éolienne courantes (à aimants permanents, à induction, à double alimentation, à alimentation simple et asynchrones) et leur classification.
- Indiquer la fréquence du courant électrique consommé et produit par une génératrice.
- Expliquer ce qu'est la puissance active et réactive produite par une génératrice en courant monophasé et triphasé.
- Décrire le processus de production d'ondes sinusoïdales à partir de la tension de sortie d'une génératrice.

### Description

Il importe d'avoir une connaissance de base de principes tels que ceux du courant induit, du mouvement du rotor, du courant alternatif et du facteur de puissance. Il faut aussi savoir que les génératrices ne fonctionnent pas toutes de la même façon et ne produisent pas la même quantité d'énergie : c'est un bon point de départ pour effectuer un diagnostic et travailler en toute sécurité dans la tour. L'isolation des circuits des génératrices et le retrait de pièces d'équipement à des fins de réparation ne sont pas des compétences fondamentales. La priorité demeure la capacité à savoir quand cesser le travail en raison de la complexité des circuits électriques.

## Moteurs

### Principales compétences

- Identifier et décrire les fonctions des moteurs à courant alternatif et continu.
- Identifier les différents types de moteurs à courant continu : moteurs monophasés et triphasés.
- Expliquer les fonctions des relais de sécurité.
- Décrire le fonctionnement d'un relais, d'un contacteur et d'un démarreur.
- Identifier les principaux composants d'un démarreur.

### Description

Les techniciens débutants doivent pouvoir identifier les moteurs, lire la plaque signalétique et comprendre les caractéristiques électriques indiquées. La connaissance de base des points de raccord électriques et mécaniques ainsi que de l'endroit où se trouvent les moteurs dans le parc éolien sert d'assise pour le renforcement des compétences liées à la maintenance et à l'opération. Le désassemblage et la réparation des moteurs ne sont pas des compétences fondamentales.

## Instruments

### Principales compétences

- Identifier les instruments – capteurs, fils, tableaux de contrôle, etc. – utilisés dans un parc éolien.
- Identifier et décrire les différents types de capteurs utilisés dans l'industrie.
- Savoir remplacer des capteurs, des fils et des tableaux de contrôle selon les procédures de sécurité.

- Reconnaître les différences entre les câbles à faible et à moyenne tension, comme le blindage et le diamètre.

#### *Description*

Dans les parcs éoliens, des instruments sont utilisés pour surveiller les composants mécaniques, électriques et hydrauliques. Les techniciens en éoliennes débutants doivent accorder une attention particulière aux divers capteurs, fils et tableaux de contrôle qui servent au quotidien au parc éolien. Ils doivent pouvoir remplacer certains capteurs et fils endommagés de manière sécuritaire. Le diagnostic, la programmation et la modification des instruments ne sont pas des compétences fondamentales.

## Mécanique

### Théorie de base (paliers, engrenages et équipement rotatif)

#### *Principales compétences*

- Expliquer des concepts mécaniques comme l'inertie, la friction, le transfert de chaleur, la pression hydraulique, la portance aérodynamique et l'énergie potentielle.
- Expliquer le parcours général de l'énergie mécanique, des pales de rotor à la génératrice.
- Expliquer la principale fonction des engrenages et les effets des différents rapports d'engrenage.
- Décrire la fonction du système de freinage mécanique et les activités de maintenance typiques, comme la mesure et le remplacement des plaquettes de frein.
- Expliquer les procédures de cadencement du rotor et le principe de rotation contrôlée.
- Décrire la fonction du palier principal, les types de paliers utilisés et les procédures habituelles de maintenance.
- Décrire les différents types de joints et leur fonction.
- Décrire la fonction du système de surveillance de l'état de l'équipement et ses liens avec la boîte de vitesses, la génératrice et le palier principal.

#### *Description*

Grâce à ces compétences fondamentales, les techniciens en éoliennes sont prêts à mettre à profit leur connaissance des principaux composants rotatifs de la nacelle d'une éolienne. Les principes de physique comme l'inertie et le transfert de chaleur servent de point de départ pour la prévention des risques que pose un gros rotor d'éolienne en mouvement. Avant d'entrer en fonction, les nouveaux techniciens en éoliennes doivent connaître les principaux engrenages et dispositifs de transmission d'énergie. La capacité à réparer et remplacer ces dispositifs n'est pas une compétence fondamentale.

### Matériel de fixation, serrage et tensionnement

#### *Principales compétences*

- Identifier et décrire les mesures des systèmes métrique et impérial quant au matériel de fixation et aux outils.
- Identifier et décrire les différents types de matériel de fixation et de quincaillerie : vis, boulons, clous, écrous, écrous de blocage, rondelles, rondelles de blocage et accessoires de tuyauterie.
- Utiliser les outils à main de manière sûre et adéquate : tournevis (à pointe cruciforme, à pointe carrée, Torx, à pointe hexagonale, plat), pinces coupantes de côté (pour fils, câbles ou attaches autobloquantes), pinces multiprises, clés, clés à douille, clés à cliquet et multimètre.

- Identifier et décrire la fonction du serrage des vis et son application dans une éolienne : sections de la tour, nacelle, base et pales.
- Utiliser les outils de serrage électriques et hydrauliques de manière appropriée.
- Nommer les différences entre le serrage et le tensionnement.
- Reconnaître que les travailleurs de l'industrie éolienne se servent souvent d'équipement spécialisé nécessitant une formation particulière, que les techniciens en éoliennes débutants ne sont pas tenus de suivre.

#### *Description*

Il est important de posséder des habiletés de base en mécanique et de connaître le matériel de fixation et les outils fréquemment utilisés. Comme le serrage et le tensionnement sont des tâches courantes dans l'industrie, les techniciens en éoliennes débutants doivent idéalement connaître les outils à cette fin et la façon de les utiliser. Cependant, il faut noter que l'utilisation de l'équipement spécialisé nécessite une formation appropriée, et ne constitue donc pas une compétence fondamentale.

## Boîtes de vitesse, paliers et échantillonnage d'huile

#### *Principales compétences*

- Décrire la fonction de la boîte de vitesses d'une éolienne.
- Nommer les types d'huile utilisés dans les boîtes de vitesses typiques des éoliennes.
- Identifier et décrire les systèmes de filtration d'huile ainsi que les procédures de vidange d'huile, indiquer la fréquence à laquelle elles doivent être effectuées, et expliquer l'importance de la qualité de l'huile, des contrôles en laboratoire et de la surveillance de l'état de l'huile par échantillonnage.
- Indiquer la fonction du palier principal et des engrenages de la boîte de vitesses : support des charges, poussée et types.
- Nommer les techniques de lubrification à la graisse et de maintenance : échantillonnage et ajout de graisse.
- Expliquer l'importance du nettoyage des déversements et les méthodes pour le faire.

#### *Description*

Une grande partie des activités de maintenance courantes vise les boîtes de vitesses, et plus précisément les systèmes de lubrification. La connaissance de base des types de systèmes pouvant être utilisés dans un parc éolien et des tâches de maintenance à effectuer est une compétence fondamentale.

## Systèmes hydrauliques et échantillonnage d'huile

#### *Principales compétences*

- Décrire les fonctions et les principes des systèmes de pas hydrauliques et des freins haute vitesse.
- Identifier et décrire les principaux composants d'un système hydraulique.
- Décrire les procédures de maintenance des systèmes hydrauliques.

#### *Description*

Les éoliennes ne sont pas toujours dotées de systèmes hydrauliques, mais de nombreux modèles ont fait usage pour contrôler la puissance. Il faut bien comprendre que ces systèmes sont souvent installés dans le moyeu de l'éolienne et qu'une formation plus poussée est nécessaire pour les atteindre. Cependant, en raison de leur utilisation répandue et des risques particuliers qu'ils comportent, la connaissance de base de leurs composants et de leur fonctionnement est une compétence fondamentale.

## Systèmes de refroidissement

### Principales compétences

- Identifier et décrire les systèmes de refroidissement des génératrices et les composants connexes.
- Savoir faire le diagnostic de base des systèmes de refroidissement en cas de blocage, de fuite, de congélation ou de panne de la pompe ou du ventilateur.
- Décrire les principes de fonctionnement des échangeurs de chaleur.
- Pouvoir discuter des principales exigences en matière de maintenance des composants d'échangeur de chaleur.
- Effectuer la maintenance des ailettes de refroidissement des échangeurs de chaleur.
- Identifier les types de liquides de refroidissement et décrire leur fonction.

### Description

La maintenance des systèmes de refroidissement est l'une des tâches essentielles des techniciens en éoliennes. En ayant une connaissance de base de ces systèmes, ils peuvent ensuite acquérir de l'expérience dans l'analyse de différents types de défaillances et la recherche de solutions. Les compétences fondamentales consistent à connaître les principes de base et les principaux composants, et non à réparer ou à remplacer des pièces.

## Systèmes d'orientation

### Principales compétences

- Décrire la fonction du système d'orientation d'une nacelle : moteurs d'entraînement, couronne, lubrification, emplacement dans la tour, paliers et parcours de la charge mécanique.
- Décrire les sources de signaux de commande : girouette, anémomètre, et logique de commande et prise de décision dans le cadre des activités habituelles.
- Détecter les dommages sur les composants du système d'orientation.
- Identifier et décrire les méthodes de lubrification et de maintenance des engrenages du système d'orientation et expliquer leur importance.

### Description

La connaissance des composants du système d'orientation et de leur fonctionnement constitue l'une des compétences fondamentales des techniciens en éoliennes. Il faut entre autres pouvoir tenir compte des effets des conditions environnementales (p. ex. la direction du vent) sur le fonctionnement des mécanismes d'orientation. La lubrification des engrenages, une tâche importante des techniciens en éoliennes, est également une compétence fondamentale; la réparation et le remplacement des systèmes de direction, des couronnes et d'autres pièces d'équipement majeures n'en sont pas.

## Opérations

### Connaissance générale de l'industrie – Éoliennes à entraînement direct et dotées d'une boîte de vitesse, et marques de FEO

#### Principales compétences

- Expliquer les différences entre le fonctionnement de base des éoliennes à entraînement direct et des éoliennes dotées d'une boîte de vitesses.

- Identifier les principaux composants du moyeu : armoires de commande, béliers de contrôle et moteurs d'entraînement de pas, réservoirs de pression et conduites de fluide hydraulique, trappes d'accès, méthodes de fixation et paliers de pas.
- Discuter des différents fabricants d'éoliennes et de composants.
- Décrire l'importance de faire l'inventaire du matériel et des outils pour éviter de laisser des objets dans les éoliennes, ainsi que les dommages que pourrait causer l'équipement qui y est laissé.
- Discuter de l'importance de laisser les éoliennes propres et de fermer les portes des armoires après les travaux.
- Identifier et décrire la fonction des différentes procédures d'arrêt : freinage mécanique, pas des pales, bouton d'arrêt d'urgence et arrêt d'urgence.
- Expliquer à quoi servent la génération de signaux de défaillance d'une éolienne, la correction des défaillances et la mise en marche après l'arrêt.

### *Description*

Pour apprendre comment installer les éoliennes et leurs composants intérieurs et extérieurs, les inspecter, poser un diagnostic et les réparer, les techniciens en éoliennes doivent en comprendre le fonctionnement et connaître les types de technologies utilisées ainsi que l'éthique de travail nécessaire. La présente sous-section s'appuie sur le reste des compétences pour présenter aux techniciens les rudiments du fonctionnement d'une éolienne. Les compétences fondamentales relatives aux opérations combinent l'application des connaissances et des mesures de sécurité à prendre pour travailler dans l'éolienne. Les nouveaux techniciens doivent prévenir la chute d'objets et travailler près des trappes d'accès, des armoires de commande, des câbles et des conduites.

## Maintenance prédictive et préventive

### *Principales compétences*

- Expliquer comment les indicateurs prédictifs peuvent contribuer à l'amélioration du rendement opérationnel.
- Expliquer ce qu'est la maintenance préventive et en quoi elle est importante.
- Décrire les différentes tâches de maintenance préventive (remplacement des filtres, détection des fuites, retrait de la graisse usée, serrage des vis, etc.).
- Distinguer la maintenance prédictive de la maintenance préventive.
- Faire des observations relativement aux indicateurs prédictifs et les consigner.
- Décrire la méthode d'exploitation jusqu'à défaillance et les situations où elle peut être utilisée comme stratégie de gestion d'actifs.

### *Description*

Il est important que les techniciens en éoliennes connaissent les activités de maintenance prédictive courantes, surveillent les données et réalisent des tâches de maintenance préventive pour assurer l'efficacité des éoliennes. L'analyse poussée des taux de défaillance et l'adaptation des calendriers de maintenance pour prolonger la durée de vie de l'équipement ou réduire les coûts ne sont pas des compétences fondamentales.

## Levage et descente des outils et de l'équipement

### *Principales compétences*

- Expliquer l'importance de la communication bidirectionnelle.
- Expliquer comment effectuer le gréage de manière sécuritaire et placer l'équipement dans les sacs appropriés.

- Décrire les appareils de levage répandus et leur fonction, ainsi que les effets des poids et dimensions des charges.
- Décrire les risques liés au gréage et au levage.
- Démontrer les techniques générales de levage sécuritaires.
- Identifier et décrire les risques liés au levage sur les lieux de travail.
- Inspecter l'équipement de levage.
- Utiliser les systèmes de signalisation pour le gréage et le levage.
- Utiliser des radios portatives et des signaux manuels de base durant le levage.
- Soulever et supporter des charges de poids, dimensions et degrés de fragilité variés de manière appropriée dans le cadre des opérations de maintenance.
- Démontrer une bonne connaissance des dangers et des stratégies d'atténuation associées à l'utilisation des grues : levage de matières dangereuses, dégagement et sécurisation de la zone de chute, affichage approprié et respect des politiques du lieu de travail.

#### *Description*

Étant donné la taille des éoliennes, la majorité de l'équipement et des outils doivent être soulevés à l'aide des grues internes permanentes des éoliennes. La connaissance des principales fonctions et des différents types de grues ainsi que des procédures sécuritaires est essentielle aux principales tâches de maintenance. La réparation et le remplacement des grues internes ne sont pas des compétences fondamentales.

## **Pales**

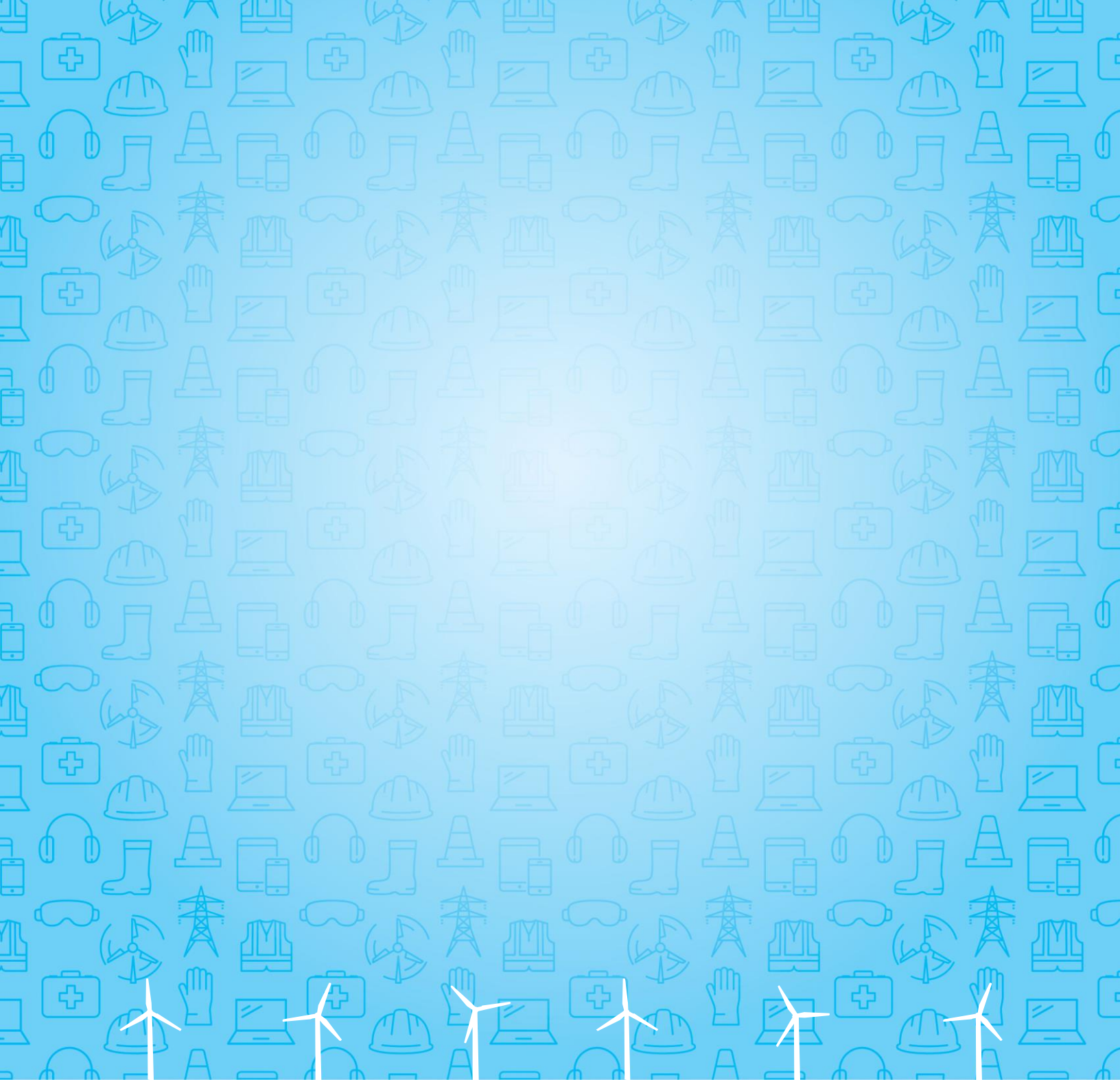
#### *Principales compétences*

- Décrire les différences entre l'utilisation de base d'un système de pas hydraulique et alimenté par batterie.
- Connaître les principaux types de pales, leurs pièces ainsi que les types et les matériaux de réparation.
- Reconnaître que les activités de maintenance des pales requièrent habituellement des compétences avancées et une formation spécialisée, et ne sont donc pas des compétences fondamentales.
- Connaître l'angle de calage, et les principes de la portance et du captage de l'énergie aérodynamique.
- Identifier le bord d'attaque des pales et les causes de détérioration.
- Expliquer les principes de base de la réparation de la fibre de verre et reconnaître les produits chimiques qui y sont utilisés.
- Expliquer les méthodes typiques d'inspection intérieure et extérieure des pales.

#### *Description*

Les techniciens doivent connaître les types de pales répandus, leurs fonctions et les modes de défaillance pour bien comprendre les opérations éoliennes. L'accès aux pales et aux câbles, les inspections et les réparations sont considérés comme des compétences avancées, et ne font donc pas partie des compétences fondamentales.





[www.canwea.ca/fr](http://www.canwea.ca/fr)