Opération et maintenance de parcs éoliens

Guide des meilleures pratiques

de **sécurité électrique** pour les **parcs éoliens**

Ce guide présente un ensemble de pratiques exemplaires afin d'assurer l'opération et la maintenance sécuritaires des systèmes électriques des installations éoliennes.

Octobre 2018

canwea
CANADIAN WIND ENERGY ASSOCIATION | ASSOCIATION CANADIENNE DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Table des matières

Remerciements 1

1 Introduction 2

2 Avis et avis de non-responsabilité 2

3 Restrictions 2

4 Réglementation 3

5 Définitions 4

6 Références 5

7 Pratiques de sécurité électrique 6

7.1 Pratiques et procédures de travail sécuritaire . 6
7.2 Conseils de sécurité généraux 6
7.3 Évaluation du risque et hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque 7
7.4 Plan de travail sécuritaire et réunion d'information 8

8 Pratiques sécuritaires liées à des tâches spécifiques 14

8.1 Équipement générateur des éoliennes à tour 14
8.2 Transformateurs dans la tour ou à la base 23
8.3 Équipement au bas de la tour 26
8.4 Appareillage externe et réseau collecteur 33
8.5 Sous-station et réseau collecteur 36
8.6 Équipement de mesure 40

9 Matrice décisionnelle 42

10 Autres ressources 46

10.1 Intervention et sauvetage d'urgence 46
10.2 Formation en électricité pour travailleurs qualifiés et non qualifiés 47

11 Matrice de formation pour les opérateurs de réseaux, les techniciens et les superviseurs des parcs éoliens 48

11.1 Travailleurs qui sont des personnes non qualifiées 48
11.2 Personnes qualifiées 48

12 Formation de personnes non qualifiées 50

12.1 Niveau 0 – Sécurité électrique – Personnes non qualifiées 50

13 Personnes qualifiées – Tension inférieure à 1 000 VCA 51

14 Personnes qualifiées – Tension supérieure à 1 000 VCA 51

15 Sécurité électrique pour les superviseurs 52

15.1 Niveau 3 – Sécurité électrique – Superviseurs 52
15.2 Démonstration supplémentaire des connaissances et des compétences 53

16 Lois fédérales et provinciales 54

17 Formulaire d'analyse préliminaire 55

18 Exemple de permis de travail sous tension 57

Remerciements

L'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) souligne le travail considérable et la grande expertise fournis par Shermco Industries Inc. pour l'élaboration du présent guide, qui repose sur son expérience et sa connaissance approfondie en ce qui concerne l'opération et la maintenance sécuritaires des composants électriques des installations éoliennes. CanWEA remercie en outre les membres de son caucus sur l'opération et la maintenance, particulièrement le sous-comité sur la sécurité électrique, pour leur contribution essentielle à ce document et pour le temps investi.

Ces membres comprennent Karl DeLooff, d'Acciona Wind Energy Canada, James Kennedy, de Capstone Infrastructure Corp., Marc Curadeau, d'ENERCON Canada Inc., Benjamin Phaneuf, de Kruger Énergie Inc. et Ben MacDonald, de Vestas Canada.

1 Introduction

Objectif

Destiné aux parcs éoliens, le présent guide fournit un cadre pour l'élaboration et l'application de pratiques de sécurité électrique qui s'ajoutent aux pratiques exigées par les lois sur la santé et la sécurité en vigueur. Il porte sur les pratiques de travail sécuritaires, et non sur la sécurité des installations. Pour en savoir plus à ce sujet, consulter le *Code canadien de l'électricité* et les exigences provinciales ou territoriales.

Contexte

La production d'énergie éolienne, un type d'électricité renouvelable, nécessite de nombreuses installations éoliennes individuelles réparties sur une grande surface, sur la terre ou dans l'eau. Chacune est formée de composants électriques et mécaniques complexes, qui sont fixés à une tour et nécessitent une maintenance spécialisée pendant l'exploitation. Dans le cadre des activités d'opération, de maintenance et de réparation de ces systèmes, des travailleurs qualifiés pourraient devoir accomplir des tâches en hauteur, dans des espaces exigus, dans des lieux isolés et sous des conditions climatiques extrêmes, à des endroits parfois loin des installations d'intervention d'urgence. Les travailleurs pourraient être exposés à des dangers comme les chocs électriques et l'électrocution, ainsi que les éclats d'arc et les explosions qu'ils provoquent, à moins que ne soient prises des mesures de sécurité électrique adéquates (p. ex. la préparation et la formation pratique des travailleurs). Ainsi, il est avantageux pour le secteur éolien d'établir des pratiques de sécurité électrique bien définies pour l'opération et la maintenance de l'équipement des parcs éoliens pendant toute sa vie utile.

2 Avis et avis de non-responsabilité

L'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) n'assume aucune responsabilité à l'égard du contenu du *Guide des meilleures pratiques de sécurité électrique pour les parcs éoliens* (le document), qui est destiné à des fins éducatives et informatives seulement. CanWEA ne fait aucune déclaration et ne donne aucune garantie relativement à la pertinence des renseignements offerts dans ce document, notamment 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, des marques de commerce et des 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 tous les types ou modèles d'appareillage ou de composants électriques qui pourraient servir à une installation éolienne. Les membres de CanWEA et leurs fournisseurs doivent se familiariser avec l'appareillage et les composants de chaque site, et déterminer si 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, et qu'il convient d'évaluer au cas par cas tous les éléments de programme suggérés, et peut-être de les réviser ou de les compléter pour en assurer la conformité légale.
- 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, consulter des professionnels de la santé.

3 Restrictions

Les présentes lignes directrices ont été rédigées à l'aide de publications connexes de l'industrie. Elles ne sont cependant pas exhaustives, et le lecteur devrait consulter les normes publiées 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 sécurité électrique.

4 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 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. De plus, leurs dispositions peuvent être « obligatoires », « discrétionnaires » ou « conformes aux directives du ministre ».

La plupart des lois provinciales de SST contiennent des exigences générales portant sur le relevé des dangers par les employeurs, entre autres les dangers d'électrocution, de choc électrique, d'éclat d'arc et d'explosion connexe, et sur la prise de mesures pour protéger les travailleurs. Selon la province ou le territoire, certaines exigences pourraient s'appliquer à un programme de sécurité électrique. Voici quelques exemples d'éléments possiblement visés par des exigences ou des limites :

- Équipement de protection individuelle (EPI) recommandé, outils et équipement spéciaux (p. ex. échelle isolante).
- Travaux sur un appareillage électrique sous tension ou à proximité.
- Périmètres d'accès sécuritaire autour des conducteurs sous tension.
- Formation.
- Travail en isolement.
- Élaboration de procédures de travail sécuritaire.

Les membres de CanWEA devraient examiner tout changement aux lois de santé et de sécurité applicables pour déterminer s'il y a lieu de créer ou de modifier des mesures connexes.

5 Définitions

Appareil de test – appareil distinct servant à vérifier si le voltmètre-ohmmètre fonctionne correctement avant et après la vérification d'absence de tension. Les appareils de test mesurent généralement les tensions basses (240 V et moins) et certains détectent eux-mêmes leur perte de précision et, le cas échéant, émettent un avertissement.

Appareillage électrique – tout engin, appareil, dispositif, instrument, raccord, accessoire, luminaire, machine, matériel ou chose utilisé ou pouvant l'être dans ou pour la production, la transformation, la transmission, la distribution, l'alimentation ou l'utilisation d'énergie ou de puissance électrique, ainsi que, sans restreindre le caractère général de ce qui précède, tout assemblage ou combinaison de matériels ou de choses utilisé ou pouvant être utilisé ou adapté pour remplir ou exécuter une certaine fonction ou un certain objectif lorsqu'il est relié à une installation électrique, même si ces matériaux et choses peuvent être de nature mécanique, métallique ou non électrique (CSA Z462).

Cadenassage et étiquetage – installation d'un cadenas et d'une étiquette sur un dispositif d'isolement des sources d'énergie, conformément à une procédure établie (CSA Z462). Les cadenas et les étiquettes doivent être utilisés ensemble; le cadenas empêche la mise sous tension de l'équipement et l'étiquette identifie la personne qui a posé le cadenas. Les cadenas doivent être à cléage unique, et les étiquettes, résistantes aux conditions météorologiques qu'elles pourraient subir.

Danger de choc électrique – situation dangereuse caractérisée par la possibilité d'un dégagement d'énergie causé par le contact ou la proximité avec les conducteurs ou autres éléments d'un circuit sous tension (CSA Z462).

Danger d'éclat d'arc – situation dangereuse caractérisée par la possibilité d'un dégagement d'énergie causé par un arc électrique (CSA Z462).

Éoliennes – structures qui capturent l'énergie cinétique des vents de surface créés par le soleil et la convertissent en électricité.

Étiquetage seulement – pratique utilisée lorsqu'il n'est pas possible d'attacher un cadenas au dispositif de sectionnement. Il faut alors mettre en œuvre d'autres mesures pour placer le circuit dans un état sécuritaire.

Périmètre d'accès limité – limitation d'accès, par rapport à un conducteur ou un élément de circuit électriques sous tension à découvert, à une distance en deçà de laquelle il existe un danger de choc électrique (CSA Z462, article 4.3.4 et annexe C).

Périmètre d'accès restreint – limitation d'accès, par rapport à un conducteur ou un élément de circuit électriques sous tension à découvert, à une distance en deçà de laquelle il y a un risque accru de choc électrique, en cas de décharge d'arc électrique combinée à un mouvement accidentel, pour les personnes qui travaillent à proximité immédiate du conducteur ou de l'élément sous tension (CSA Z46, article 4.3.4 et annexe C).

Périmètre de protection contre les éclats d'arcs – en cas de danger d'éclat d'arc, limitation d'accès, par rapport à une source d'arc potentielle, à une distance en deçà de laquelle une personne risquerait des brûlures du deuxième degré si un éclat d'arc survenait. Note : Une brûlure du deuxième degré est possible lorsque la peau nue est exposée à une énergie incidente supérieure à 1,2 cal/cm^2 (CSA Z462).

Personne non qualifiée – personne qui n'est pas une personne qualifiée (CSA Z462).

Personne qualifiée (travailleur) – personne ayant des compétences et des connaissances adéquates relativement à la conception et à l'exploitation d'appareillages et d'installations électriques et ayant reçu une formation en sécurité afin d'identifier et d'éviter les dangers dans ce domaine (CSA Z462).

Risque – combinaison de la probabilité et de la gravité des blessures ou des effets néfastes sur la santé qui sont associés à un danger (CSA Z462).

Vérification d'absence de tension – aussi connu comme le principe « tester avant de toucher », ce processus comprend la vérification du bon fonctionnement de l'instrument de mesure, le test et la vérification de la mesure sur une source de tension connue, le test de l'appareillage ou du circuit qui doit être hors tension et enfin la vérification que l'instrument fonctionne encore correctement à l'aide d'une source de tension connue. Il existe deux principaux types de détecteurs de tension : 1) par contact direct, qui s'utilisent habituellement pour les tensions inférieures à 1 000 VCA, et 2) sans contact, qui s'utilisent pour des tensions supérieures à 1 000 V. Les détecteurs sans contact ne sont pas recommandés pour des tensions plus basses, car ils pourraient afficher des valeurs inexactes.

6 Références

SST	Documents fédéraux, provinciaux et territoriaux sur la santé et la sécurité au travail
CSA C22.1	*Norme de sécurité relative aux installations électriques*
CSA C22.2	Norme de sécurité relative à l'appareillage électrique
CSA C22.3	Distribution et transport d'électricité (et télécommunication)
CSA C22.4	Code de l'électricité industriel axé sur les objectifs – Norme de sécurité pour les milieux industriels et institutionnels
CSA C22.5	Norme pour les systèmes de gestion sécuritaire de l'électricité (rédaction en cours)
CSA C22.6	*Code d'inspection des installations électriques dans les habitations existantes*
CSA Z460	*Maîtrise des énergies dangereuses : Cadenassage et autres méthodes*
CSA Z462	*Sécurité électrique au travail*
CSA Z463	Lignes directrices sur l'entretien des systèmes électriques
CSA Z1000-06	*Gestion de la santé et de la sécurité au travail*
CSA Z1002-12	*Santé et sécurité au travail – Identification et élimination des phénomènes dangereux et appréciation et maîtrise du risque*
CSA Z1006-10	*Gestion du travail dans les espaces clos*
CSA Z94.1-05	*Casque de sécurité pour l'industrie : tenue en service, sélection, entretien et utilisation*
CSA Z94.3-07	*Protecteurs oculaires et faciaux*
CSA Z195-14	*Chaussures de protection*
CSA Z259	Série de normes
CSA Z432-04	*Protection des machines*
IEEE 1584	*Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations*
IEEE 3007.1	*Recommended Practice for the Operation and Management of Industrial and Commercial Power Systems*
IEEE 3007.2	*Recommended Practice for the Maintenance of Industrial and Commercial Power Systems*
IEEE Std. 516	*Guide For Maintenance Methods On Energized Power Lines*
IEEE Std. 978	*Guide For In-Service Maintenance And Electrical Testing Of Live-Line Tools*
IEEE 3007.3	*Recommended Practice for Electrical Safety in Industrial and Commercial Power Systems*
NFPA 70B	*Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance*
NFPA 70E	*Standard for Electrical Safety in the Workplace*

Les membres de CanWEA devraient examiner tout changement aux normes applicables pour déterminer s'il y a lieu de créer ou de modifier des mesures de santé et de sécurité.

7 Pratiques de sécurité électrique

La norme CSA Z462[1] contient des exigences pertinentes pour les pratiques de travail sécuritaire, lesquelles doivent aussi respecter, au minimum, les lois applicables. Il convient d'ailleurs de garder à l'esprit que les normes de l'Association canadienne de normalisation (CSA) et les lois en vigueur ne font qu'établir les exigences minimales. Pour enrichir ces normes et ces lois, le présent document suggère des pratiques sécuritaires générales qui sont reconnues dans l'industrie éolienne.

À la base, les éoliennes sont des génératrices électriques. Elles fonctionnent selon les mêmes principes que la plupart des autres installations de production d'électricité de la planète. Il y a bien quelques différences dans les composants et leur emplacement, mais essentiellement, il s'agit de génératrices qui transforment leur rotation en électricité. Les dangers et les risques associés aux tests et à la maintenance des éoliennes ressemblent beaucoup à ceux des autres systèmes de production d'énergie, qui sont bien compris par l'industrie. Pour procéder aux tests et à la maintenance, il est recommandé d'appliquer les précautions et les pratiques de travail sécuritaire décrites dans les documents des fabricants.

7.1 Pratiques et procédures de travail sécuritaire

Les pratiques de travail sécuritaire sont des lignes directrices positives qui améliorent l'efficacité d'un type de travail particulier qui ne se fait pas toujours de la même façon. Il n'est pas toujours faisable d'élaborer une « procédure de travail sécuritaire » normalisée pour une tâche donnée, car les circonstances exigent parfois différentes méthodes. Dans ce cas, l'employeur pourrait établir des pratiques sécuritaires qui préviennent les dangers, de sorte que l'exécution des tâches présente un risque minime pour les personnes et les biens.

Les pratiques de travail sécuritaire couvrent des procédures générales. Lorsque les méthodes de travail changent, il est possible d'élaborer de nouvelles pratiques sécuritaires. Lorsque les lois ou l'industrie changent, les employés et les cadres peuvent collaborer pour redéfinir les pratiques existantes. Dans la mesure du possible, les pratiques sécuritaires devraient être le résultat d'une concertation entre les employés, les cadres et le personnel de sécurité. Une fois adoptées, les nouvelles pratiques sécuritaires remplacent toutes les pratiques antérieures.

7.2 Conseils de sécurité généraux

- Effectuer les travaux visant un appareillage électrique dans un endroit sans danger électrique, où l'absence d'électricité a été confirmée et les points d'isolation ont été cadenassés et étiquetés.
- Faire approuver par l'exploitant du site toutes les pièces et tous les composants utilisés pour les réparations ou les remplacements.
- Former les employés à reconnaître et à éviter les dangers qu'ils pourraient rencontrer.
- Veiller à ce que les travailleurs puissent descendre seuls de la tour, pour atténuer le risque d'incident électrique en hauteur et en raison de la difficulté de venir en aide aux travailleurs coincés en haut.
- Seuls des travailleurs qualifiés et bien formés peuvent effectuer des travaux sur des conducteurs ou des éléments de circuit sous tension. Ne pas exposer les travailleurs non qualifiés à des dangers électriques.
- Considérer comme étant sous tension les conducteurs et les éléments de circuit à découvert qui pourraient l'être.
- Inclure dans les pratiques de travail sécuritaire la connaissance de l'équipement de protection spécialisé (au besoin), comme les casques de sécurité, les protecteurs oculaires, les vêtements et l'EPI contre les éclats d'arc, et les toiles, protecteurs de conducteur, tapis, gants et protège-bras isolants.
  - Si l'EPI est abîmé ou endommagé de sorte que sa protection est réduite, le retourner à un superviseur et ne pas l'utiliser.

[1] Élaborée par un groupe composé de représentants de nombreux secteurs de l'industrie électrique, la norme CSA Z462-18, *Sécurité électrique au travail,* constitue l'un des meilleurs recueils de pratiques de travail et d'exigences minimales actuellement disponibles au Canada. Elle est mise à jour selon un cycle triennal pour tenir compte des plus récents résultats de recherche et des dernières découvertes concernant la protection de la vie humaine contre les dangers électriques.

- Ne tolérer aucun travail bâclé ou fait en sautant des étapes.
- La classe d'un emplacement témoigne des dangers qui s'y trouvent et indique les caractéristiques de sécurité de l'appareillage et des éléments de circuit à utiliser.
  - Les employeurs doivent indiquer aux travailleurs la classe de l'emplacement où ils travailleront.
  - Les procédures de travail qui requièrent l'emploi de produits chimiques, de peinture, de solvants, etc. peuvent créer une atmosphère explosive.
  - Avant de mettre un circuit ou un appareillage sous tension, vérifier qu'il n'y a aucun danger connexe ou autre.
- S'il survient un changement important qui compromet la sécurité d'une tâche, mettre en œuvre un nouveau plan de travail sécuritaire.
- Élaborer des procédures de cadenassage et d'étiquetage pour tout appareillage relié à plus d'une source d'énergie ou à plus d'un interrupteur, disjoncteur ou autre dispositif de contrôle d'énergie, ou qui présente un danger ou un risque supérieur à la normale.
  - Les éoliennes, par exemple, doivent faire l'objet d'une procédure de cadenassage et d'étiquetage, car la génératrice, les collecteurs tournants, le tableau de commande et les batteries du système de pas du moyeu sont des sources de tension potentielles.
- Encourager la rédaction de documents, qui sont importants : les superviseurs peuvent y vérifier que les tâches ont été exécutées correctement, et les travailleurs y trouvent des listes de vérification et des formulaires qui les aident à se conformer aux pratiques de sécurité requises pour leurs tâches.

Il est possible de prévenir les incidents associés à l'électricité par l'emploi de pratiques sécuritaires et le respect de la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque. Voici quelques exemples de pratiques sécuritaires : évaluer les risques associés à une tâche (choc électrique et éclat d'arc), mettre hors tension l'appareillage électrique avant de procéder à un test ou à une réparation (vérification d'absence de tension; procédure « tester avant de toucher »), suivre les procédures de cadenassage et d'étiquetage autant que possible, conserver les outils et l'équipement en bon état, faire attention lors du travail à proximité de lignes sous tension, et porter l'EPI adéquat au besoin. La méthode à privilégier est l'élimination du danger (faire en sorte que l'appareillage ne présente aucun danger électrique), alors que le port d'EPI est le dernier recours.

7.3 Évaluation du risque et hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque

L'article 4.1.6.8.4 de la norme CSA Z462 (édition 2018) exige la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque, qui découle de la norme ANSI Z10. Ces méthodes sont classées en ordre décroissant d'efficacité; la méthode la plus efficace est l'élimination du danger, et la moins efficace, l'utilisation d'EPI. Voici cette hiérarchie, accompagnée d'exemples :

1. Élimination – faire en sorte que l'appareillage ne présente aucun danger électrique.
2. Substitution – réduire l'énergie par l'utilisation de circuits à basse tension et à faible puissance électrique.
3. Mesures techniques – utiliser des protecteurs pour isoler les éléments de circuit et les conducteurs.
4. Sensibilisation – signes de danger ou de risque.
5. Mesures administratives – procédures et outils de planification du travail.
6. EPI – EPI résistant aux arcs et aux chocs électriques, si aucune autre méthode de réduction du risque n'est possible.

Avant d'entreprendre toute tâche concernant des circuits ou des éléments de circuit électriques, il faut mener une évaluation ou une appréciation des risques, prévoir les étapes du travail, l'équipement et les outils requis, identifier les dangers associés à la tâche et prendre des mesures pour les éviter. Il faut consigner les dangers sur le formulaire approprié et remettre ce dernier au superviseur des lieux afin d'obtenir son approbation avant le début du travail. Ces pratiques sécuritaires découlent de la norme CSA Z462-18. Les travailleurs et les superviseurs devraient se familiariser avec la dernière édition de cette norme.

L'évaluation des risques comprend l'évaluation du risque de choc électrique et du risque d'éclat d'arc. Pour en

savoir plus sur la façon de mener ces évaluations, consulter la plus récente édition de la norme CSA Z462 ou NFPA 70E. Il convient d'évaluer aussi la possibilité d'erreurs humaines, y compris celles de la dernière personne ayant travaillé avec l'appareillage, et les méthodes qui permettent de les éviter.

Il est recommandé d'installer des barrières protectrices à la limite du plus grand périmètre entourant une source sous tension, soit au périmètre d'accès limité ou à celui de protection contre les éclats d'arc. Certaines provinces exigent la présence d'un deuxième travailleur en cas de travaux sur un réseau ayant une tension supérieure à 750 V, mais un second travailleur formé devrait en fait être présent dès qu'une tâche comporte un risque électrique. Ce travailleur devrait porter le même EPI que le travailleur qui effectue la tâche, avoir en main une perche de sauvetage et se tenir juste derrière le ruban de sécurité ou la barrière protectrice. Pour en savoir plus, consulter l'annexe informative F de la norme CSA Z462.

7.4 Plan de travail sécuritaire et réunion d'information

Un plan de travail sécuritaire décrit les dangers et les risques auxquels les employés pourraient être exposés lorsqu'ils travaillent sur un appareillage ou un circuit électriques. Un exemple de formulaire de planification du travail, ou d'analyse préliminaire, figure à l'annexe C. Les travailleurs doivent avoir démontré qu'ils sont capables de recueillir des renseignements sur leur tâche et de déterminer les limites de cette dernière, d'en consigner les dangers, d'estimer ceux-ci ainsi que les risques, de choisir des mesures sécuritaires pour chaque danger et de parvenir à un niveau de risque acceptable ou tolérable. Il convient d'utiliser le formulaire de permis de travail sous tension, ou un autre formulaire similaire, pour évaluer les risques de choc électrique et d'éclat d'arc, choisir l'EPI et obtenir l'autorisation du superviseur avant de travailler sur un appareillage sous tension; le formulaire d'analyse préliminaire porte plutôt sur les exigences de sécurité générales. Un exemple de permis de travail sous tension est présenté à l'annexe informative J de la norme CSA Z462.

7.4.1 Conseils généraux pour la réunion d'information

L'annexe informative I de la norme CSA Z462 contient un exemple de liste de vérification qui peut être modifiée selon les besoins de la tâche. La norme indique qu'avant de commencer toute tâche, le travailleur responsable tient une réunion d'information avec les travailleurs concernés. Il doit entre autres leur parler :

- des dangers associés à la tâche;
- des procédures à suivre;
- des précautions particulières à prendre;
- des dispositifs de contrôle des sources d'énergie;
- de l'EPI requis;
- des renseignements sur le permis de travail sous tension, le cas échéant.

Il faut tenir d'autres réunions s'il survient au cours des travaux des changements importants qui pourraient compromettre la sécurité des travailleurs.

7.4.2 Ouvrier en électricité qualifié

L'employeur doit veiller à ce que l'ouvrier en électricité qualifié qui est responsable d'un travail exécute un plan de travail sécuritaire et tienne une réunion d'information avec les employés concernés avant le début de chaque tâche. La réunion doit au moins porter sur :

- les dangers associés à la tâche;
- les procédures à suivre;
- les précautions particulières à prendre;
- les dispositifs de contrôle des sources d'énergie;
- l'EPI requis;
- les signes qu'il faut arrêter le travail.

7.4.3 Nombre de réunions

Si les travaux ou les opérations à réaliser pendant un jour ou un quart de travail se répètent et sont semblables, tenir au moins une réunion d'information avant le début de la première tâche de chaque jour ou quart de travail. En tenir d'autres s'il survient au cours des travaux des changements importants qui pourraient compromettre la sécurité des travailleurs.

7.4.4 Portée des réunions

Une courte réunion convient si le travail est routinier et que les employés, par leur formation et leur expérience, devraient raisonnablement être capables de reconnaître et d'éviter les dangers associés aux travaux. Une discussion plus longue s'impose dans certaines circonstances, notamment :

- si le travail est complexe ou particulièrement dangereux;
- s'il n'est pas raisonnable de s'attendre à ce que les employés reconnaissent et évitent les dangers particuliers associés aux travaux.

7.4.5 Travail en isolement

En général, en raison des risques, il n'est pas recommandé qu'un travailleur effectue des travaux d'électricité en isolement. Un second travailleur devrait être présent pour assurer la sécurité lorsque les travaux concernent un appareillage ou un circuit qui est ou pourrait être sous tension.

Pour les cas particuliers où le travail en isolement est approprié, il est recommandé que le superviseur tienne une réunion d'information avec le travailleur et établisse une méthode de communication et un horaire de vérification de la présence.

7.4.6 Cadenassage

L'employeur peut consulter la norme CSA Z460, *Maîtrise des énergies dangereuses : Cadenassage et autres méthodes.*

Le cadenassage consiste à neutraliser physiquement tous les types d'énergie des circuits d'un appareillage avant de commencer tout travail de maintenance ou de réparation. En général, le cadenassage requiert de :

- couper toute circulation d'énergie;
- cadenasser les interrupteurs et les valves;
- maintenir hors tension la machine, l'appareillage ou la ligne de transmission d'énergie.

Lorsqu'il n'est pas raisonnablement possible de cadenasser l'appareillage devant être réparé, testé, nettoyé, entretenu ou ajusté, il faut élaborer et mettre en œuvre une procédure sécuritaire qui offre au moins le même niveau de sécurité que le cadenassage. Il est essentiel de tester l'appareillage pour vérifier l'efficacité du cadenassage avant le début des travaux. Personne ne devrait avoir l'autorisation de retirer un cadenas d'un appareillage cadenassé, sauf le travailleur l'ayant installé. En cas d'urgence, ou si ce travailleur n'est plus présent pour retirer le cadenas, l'employeur doit désigner quelqu'un pour s'en occuper, après avoir confirmé que la mise sous tension de l'appareillage ne mettra personne en danger.

Lorsque la procédure de cadenassage requiert un cadenas à clé, l'employeur doit :

- remettre à chaque employé qui doit travailler sur un appareillage ou a l'autorisation de le faire un cadenas à cléage unique (seule la clé remise à l'employé ou un double de celle-ci peut l'ouvrir);
- désigner une personne qui gardera un double de la clé;
- veiller à ce que seule la personne désignée ait accès au double de la clé;
- veiller à ce que le cadenas comporte une marque unique ou une étiquette qui identifie l'employé à qui il est assigné;
- veiller à la tenue d'un registre sur l'utilisation du double de la clé.

Lorsqu'il n'est pas raisonnablement possible d'utiliser la clé d'un employé, l'employeur peut autoriser la personne désignée et compétente à retirer le cadenas si cette personne a déterminé :

- qu'il est impossible d'utiliser la clé ayant servi à fermer le cadenas;
- qu'il est sécuritaire d'enlever le cadenas et de mettre la machine en marche.

Une fois le cadenas enlevé, l'employeur doit s'assurer que l'employé qui l'avait installé est au courant qu'il n'est plus en place. Il est parfois exigé qu'un cadre supérieur approuve le retrait d'un cadenas fermé. Il est recommandé de vérifier les exigences propres au parc avant de procéder.

Pour accroître encore plus la sécurité du processus de cadenassage et d'étiquetage, il est possible de ne faire aucun double des clés. Si le travailleur qui a posé un cadenas n'est plus présent pour le retirer et que l'appareillage doit être remis en service, il faut suivre les étapes ci-dessus. Si le travailleur ne peut être joint, il est possible de couper le cadenas et de le lui remettre à son prochain jour de travail en lui expliquant les raisons du retrait.

Étiquetage seulement (généralement pour l'appareillage de type industriel) – L'utilisation d'un système d'étiquetage et de permis sans recours au cadenassage n'est appropriée que si la conception de l'appareillage empêche de cadenasser un dispositif d'isolement des sources d'énergie. Il est alors nécessaire d'appliquer au

moins une mesure de sécurité supplémentaire. En pareil cas, il est recommandé d'avoir une procédure écrite qui décrit le système et établit les responsabilités et l'imputabilité de chaque personne susceptible d'être exposée aux dangers électriques.

7.4.7 Foudre

Il faut mettre en place et activer un système de détection de la foudre chaque fois qu'il est envisagé de faire entrer ou grimper quelqu'un dans une éolienne. Des procédures propres au parc doivent préciser à quelle distance de la foudre les mesures suivantes, au minimum, sont mises en œuvre :

- Aviser les travailleurs présents de la possibilité de foudre.
- Cesser les travaux dans l'éolienne.
- Cesser les travaux en général dans le parc.

7.4.8 Périmètres d'accès limité et restreint

Il faut respecter les périmètres d'accès suivants lors de travaux sur un appareillage qui est ou pourrait être sous tension, ou à proximité d'un tel appareillage. Les tableaux ci-dessous proviennent de la norme NFPA 70E (tableaux 130.4(D)(a) et (b)). Ces renseignements figurent aussi aux tableaux 1A (courant alternatif) et 1B (courant continu) de la norme CSA Z462.

Tableau 130.4(D)(a) : Périmètre d'accès aux conducteurs ou autres éléments de circuit sous tension à découvert pour la protection contre les chocs pour les réseaux à courant alternatif

(1)	(2)	(3)	(4)
	Périmètre d'accès limité[b]		
Plage de tension nominale du réseau, phase-phase[2]	Conducteur mobile à découvert[c]	Élément de circuit fixe à découvert	Périmètre d'accès restreint[b] (y compris marge pour mouvement accidentel)
Moins de 50 V	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
50 V–150 V[d]	3,0 m (10 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)	Éviter le contact
151 V–750 V	3,0 m (10 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)	0,3 m (1 pi 0 po)
751 V–15 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	1,5 m (5 pi 0 po)	0,7 m (2 pi 2 po)
15,1 kV–36 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	1,8 m (6 pi 0 po)	0,8 m (2 pi 9 po)
36,1 kV–46 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	2,5 m (8 pi 0 po)	0,8 m (2 pi 9 po)
46,1 kV–72,5 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	2,5 m (8 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)
72,6 kV–121 kV	3,3 m (10 pi 8 po)	2,5 m (8 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)
138 kV–145 kV	3,4 m (11 pi 0 po)	3,0 m (10 pi 0 po)	1,2 m (3 pi 10 po)
161 kV–169 kV	3,6 m (11 pi 8 po)	3,6 m (11 pi 8 po)	1,3 m (4 pi 3 po)
230 kV–242 kV	4,0 m (13 pi 0 po)	4,0 m (13 pi 0 po)	1,7 m (5 pi 8 po)
345 kV–362 kV	4,7 m (15 pi 4 po)	4,7 m (15 pi 4 po)	2,8 m (9 pi 2 po)
500 kV–550 kV	5,8 m (19 pi 0 po)	5,8 m (19 pi 0 po)	3,6 m (11 pi 8 po)
765 kV–800 kV	7,2 m (23 pi 9 po)	7,2 m (23 pi 9 po)	4,9 m (15 pi 11 po)

Notes
(1) Pour connaître le périmètre de protection contre les éclats d'arc, voir 130.5(A).
(2) Toutes les mesures représentent la distance entre le conducteur ou l'élément et le travailleur.
[a] Pour les réseaux monophasés de plus de 250 V, sélectionner la plage qui correspond à la tension phase-terre maximale du réseau multipliée par 1,732.
[b] Voir la définition à l'article 100 et le texte de 130.4(D) (2) ainsi que l'annexe informative C pour en savoir plus.
[c] Situation dans laquelle la distance entre le conducteur et la personne n'est pas sous le contrôle de celle-ci.
Ce terme est normalement utilisé pour les conducteurs aériens soutenus par des poteaux.
[d] Y compris les circuits où la tension nominale des éléments à découvert ne dépasse pas 120 V.

Tableau 130.4(D)(b) : Périmètre d'accès aux conducteurs ou autres éléments du circuit sous tension à découvert pour la protection contre les chocs pour les réseaux à courant continu

(1)	(2)	(3)	(4)
	Périmètre d'accès limité		
Tension nominale entre le conducteur et la terre	Conducteur mobile à découvert*	Élément de circuit fixe à découvert	Périmètre d'accès restreint (y compris la marge pour mouvement accidentel)
Moins de 50 V	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
50 V–150 V	3,0 m (10 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)	Éviter le contact
301 V–1 V	3,0 m (10 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)	0,3 m (1 pi 0 po)
1,1 kV–5 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	1,5 m (5 pi 0 po)	0,5 m (1 pi 5 po)
5 kV–15 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	1,5 m (5 pi 0 po)	0,7 m (2 pi 2 po)
15,1 kV–45 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	2,5 m (8 pi 0 po)	0,8 m (2 pi 9 po)
45,1 kV–75 kV	3,0 m (10 pi 0 po)	2,5 m (8 pi 0 po)	1,0 m (3 pi 6 po)
75,1 kV–150 kV	3,3 m (10 pi 8 po)	3,0 m (10 pi 0 po)	1,2 m (3 pi 10 po)
150,1 kV–250 kV	3,6 m (11 pi 8 po)	3,6 m (11 pi 8 po)	1,6 m (5 pi 3 po)
250,1 kV–500 kV	6,0 m (20 pi 0 po)	6,0 m (20 pi 0 po)	3,5 m (11 pi 6 po)
500,1 kV–800 kV	8,0 m (26 pi 0 po)	8,0 m (26 pi 9 po)	5,0 m (16 pi 5 po)

Note : Toutes les mesures représentent la distance entre le conducteur ou l'élément et le travailleur.
* *Situation dans laquelle la distance entre le conducteur et la personne n'est pas sous le contrôle de celle-ci.*
Ce terme est normalement utilisé pour les conducteurs aériens soutenus par des poteaux.

7.4.9 Marche à suivre pour placer un appareillage dans un état sécuritaire pour les travaux électriques et vérifier l'absence de tension

Il est souvent nécessaire de placer l'appareillage ou le système dans un état sécuritaire pour les travaux électriques, ce qui demande de vérifier l'absence de tension. Voici la marche à suivre recommandée :

- Relever toutes les sources d'alimentation possibles. Consulter les plans, les diagrammes et les étiquettes d'identification les plus à jour qui s'appliquent.
- Après avoir correctement coupé le courant de charge, ouvrir le sectionneur de chaque source.
- Dans la mesure du possible, vérifier visuellement que toutes les lames des sectionneurs sont entièrement ouvertes ou que les disjoncteurs débrochables sont placés en position entièrement déconnectée.
- Libérer l'énergie électrique accumulée.
- Libérer ou bloquer l'énergie mécanique accumulée.
- Cadenasser ce qui doit l'être conformément à une procédure établie et écrite.
- À l'aide d'un instrument de mesure portable aux caractéristiques adéquates, vérifier l'absence de tension dans chaque conducteur de phase et élément de circuit.
  - En vérifier la tension phase-phase et la tension phase-terre.
  - Avant et après chaque test, vérifier que l'instrument utilisé fonctionne correctement en mesurant la tension d'une source connue.
- Pour les réseaux électriques dont la tension est supérieure à 1 000 V, il est possible d'utiliser des instruments de mesure sans contact pour tester les conducteurs de phase.
  - Consulter la norme CAN/CSA-C22.2 n^{o} 61010-1-12 pour connaître la classe, la catégorie de surtension et les exigences de conception relatives à la mesure de la tension et aux instruments destinés aux réseaux électriques dont la tension est de 1 000 V et moins.
  - Pour en savoir plus sur la classe et les exigences de conception des détecteurs de tension, consulter les normes IEC 61243-1, IEC 61243-2 ou IEC 61243-3.
- Lorsque les travaux pourraient faire apparaître une tension induite ou qu'il pourrait y avoir présence d'énergie électrique accumulée, mettre à la terre les conducteurs de phase et les éléments de circuit avant de les toucher. Il est parfois exigé de mettre à la terre tous les conducteurs à proximité lorsque la tension dépasse 750 V. Il est recommandé de consulter les politiques propres au parc avant le début des travaux.
- Lorsqu'il est raisonnablement probable que des conducteurs ou des éléments de circuit hors tension entrent en contact avec des conducteurs ou des éléments de circuit sous tension à découvert, installer temporairement de l'équipement de mise à la terre en guise de protection, conformément à l'article 4.2.6 de la norme CSA Z462.

7.4.10 Pratiques sécuritaires générales recommandées pour toute tâche

D'autres pratiques particulières pourraient s'imposer, mais celles présentées ici s'appliquent en général à toutes les tâches. Certaines doivent être faites pour chaque tâche ou chaque appareillage.

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Lire et comprendre les instructions du fabricant avant d'entamer le travail.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Rédiger un plan de travail sécuritaire avant le début des tâches.
- Tenir une réunion d'information avant le début de n'importe quelle tâche.
- Consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
  - Il est recommandé, mais non obligatoire, de cocher la case « LOTO » sur le formulaire

d'analyse préliminaire pour indiquer que l'absence de tension a été confirmée.

- Les instruments de mesure à affichage numérique utilisés pour la vérification d'absence de tension n'afficheront pas « zéro » volt, mais une très petite valeur fluctuante. En cas d'incertitude, il est recommandé de faire confirmer la mesure par un travailleur expérimenté.

- Vérifier que tous les travaux sont effectués conformément aux procédures de travail sécuritaire pour l'appareillage visé.
- Vérifier l'absence de tension phase-phase et phase-terre pour tous les conducteurs avant qu'ils n'entrent en contact avec que quoi que ce soit.

8 Pratiques sécuritaires liées à des tâches spécifiques

8.1 Équipement générateur des éoliennes à tour

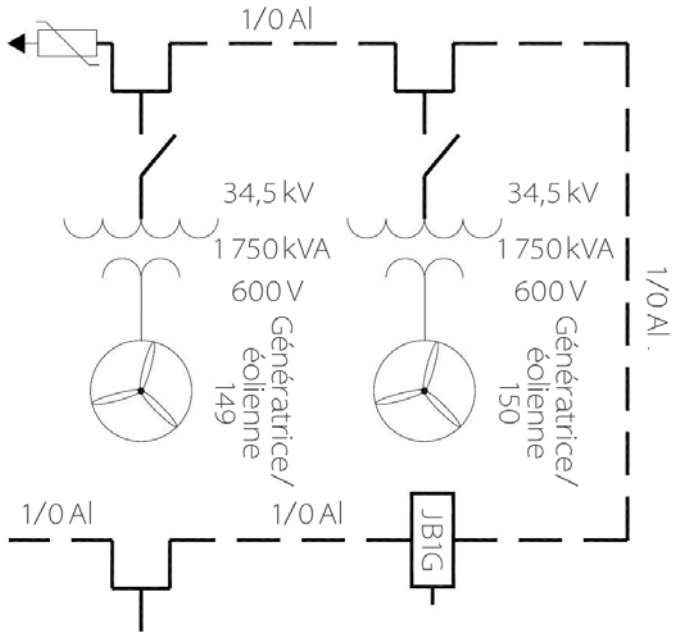
8.1.1 Pratiques générales

Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour toute tâche liée à une éolienne :

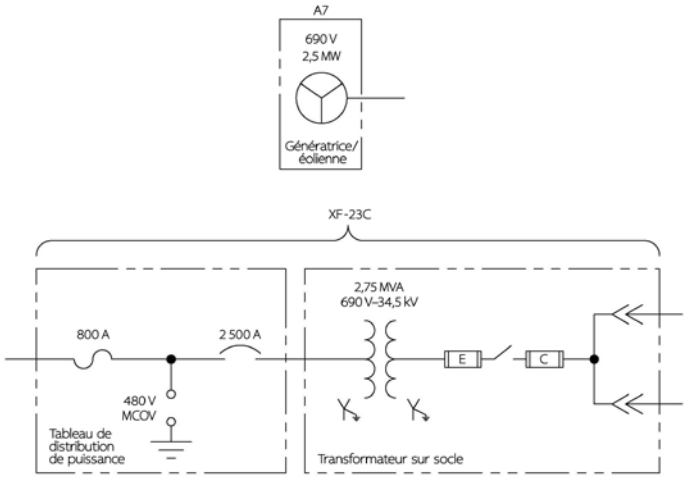
- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches comportant un danger électrique.
- Avant le début des tâches, évaluer les risques, déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de contrôle du risque et mettre le tout à l'écrit.
- Rédiger un plan de travail sécuritaire avant le début des tâches.
- Tenir une réunion d'information avant le début de n'importe quelle tâche.
- Procéder au cadenassage et à l'étiquetage pour isoler toute source d'alimentation de l'éolienne, de ses commandes ou de son transformateur sur socle, selon la tâche.
- Il est recommandé d'utiliser un appareil de test pour vérifier que le voltmètre fonctionne correctement (à un maximum de 700 V). Suivre les spécifications du fabricant pour chaque appareil.
  - Si la tension de sortie de l'éolienne dépasse 750 V, ne pas utiliser d'appareil de test, à moins d'être certain qu'il fonctionne à cette tension.
- Vérifier l'absence de tension phase-phase et phase-terre pour tous les conducteurs.
- Consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
- Vérifier que tous les travaux sont effectués conformément aux procédures de travail sécuritaire pour l'appareillage visé.
- Utiliser uniquement des outils isolés dès qu'il pourrait y avoir contact avec des conducteurs ou des éléments de circuit sous tension.
- Veiller à ce que les travailleurs suivent en tout temps toutes les directives de protection contre les chutes.

8.1.2 Génératrices/éoliennes

Les éoliennes à tour peuvent présenter des risques particuliers liés aux génératrices pouvant recevoir un courant inverse. Le schéma suivant montre une génératrice qui peut non seulement produire de l'électricité, mais également en recevoir du réseau. Ainsi, bien que ce soit rare, ce type d'éolienne présente un risque d'incendie, qui demande donc des mesures supplémentaires.



Les génératrices présentent des risques particuliers en raison du courant inverse qu'elles peuvent recevoir. Plusieurs génératrices sont branchées en série sur un réseau, augmentant la disponibilité du courant de court-circuit. Elles produisent généralement une tension de 690 V, que le transformateur sur socle augmente à un maximum 34,5 kV.

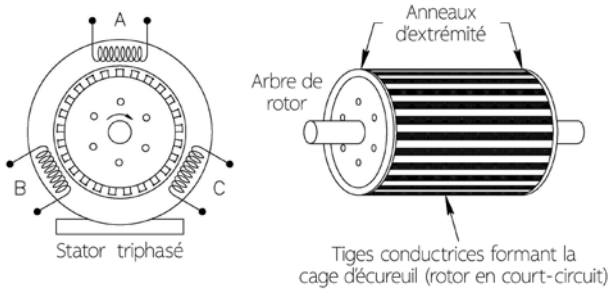


Ci-dessus, le symbole du haut représente une génératrice/éolienne, et le schéma en dessous illustre les fusibles, les dispositifs de mise à la terre, les disjoncteurs, le transformateur sur socle et les fils fusibles.

8.1.3 Génératrices conventionnelles

On considère comme conventionnelles les éoliennes composées de pales, de paliers, d'une boîte de vitesses et d'une génératrice. Une boîte de vitesses ou des paliers défectueux peuvent endommager la génératrice. D'autres configurations tentent de régler ces problèmes et d'améliorer l'efficacité de la boîte de vitesses et des paliers. Dans certains cas, le transformateur habituellement sur socle est plutôt en haut de la tour, dans la nacelle. Il pourrait donc y avoir des câbles à tension faible ou modérée reliant la génératrice au réseau. D'autres configurations amènent la tension de ces câbles à 690 V, voire à 34 500 V.

Les éoliennes sont configurées de multiples façons, selon les préférences des fabricants, mais celles dites « conventionnelles » sont dotées d'un moteur à induction à rotor bobiné (aussi appelé génératrice à double alimentation) ou à rotor en court-circuit. Il est recommandé d'informer les travailleurs des caractéristiques des éoliennes sur lesquelles ils travaillent. Dans une configuration conventionnelle, la rotation des pales fait tourner le rotor de la génératrice, qui produit alors un champ magnétique. Lorsqu'il ne tourne pas à sa vitesse nominale, le rotor en court-circuit peut servir de moteur et consommer de l'énergie plutôt que d'en produire. Avec un rotor en court-circuit, le champ magnétique est constant, alors qu'avec un rotor bobiné, il est possible d'ajuster la vitesse de la génératrice en modifiant la puissance d'entrée au moyen de collecteurs tournants.



Une génératrice produit de l'énergie grâce à la rotation du rotor (en court-circuit ou bobiné), ce qui crée un champ magnétique sur l'enroulement de phase du stator. L'énergie initiale requise pour produire le champ magnétique provient du réseau électrique. Lorsque le rotor atteint la bonne vitesse, il commence à produire de l'énergie.

8.1.4 Génératrices à entraînement direct

Ces génératrices multipolaires de diamètre supérieur ont un rotor directement connecté à l'arbre principal, sans boîte de vitesses. Leur vitesse maximale est généralement de 17 à 19 tr/min. La puissance électrique est fournie par le stator connecté au réseau, directement ou en passant par un convertisseur selon la configuration. Certaines génératrices utilisent également un moteur à induction à rotor bobiné (génératrice à double alimentation) où le rotor génère également de l'énergie à vitesse supersynchrone.

Il existe deux grands types d'éoliennes à entraînement direct :

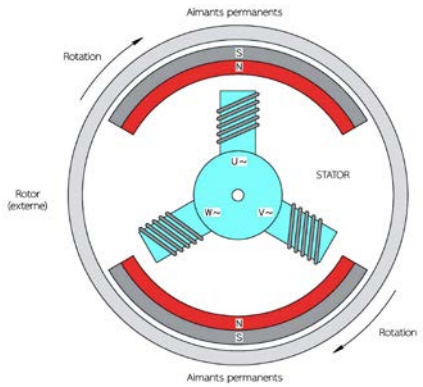
1. Génératrice électrisée – De l'énergie externe met l'élément de rotation sous tension, comme dans le cas d'une turbine hydroélectrique ou d'une turbine à vapeur ordinaire.
2. Génératrice à aimants permanents (voir ci-dessous) – Les génératrices mises sous tension de façon conventionnelle présentent des risques électriques similaires aux génératrices et moteurs ordinaires.

8.1.5 Génératrices à aimants permanents

Ce type de génératrice partage les principaux risques des autres types : lorsque le rotor tourne, de l'électricité est produite. Que la génératrice soit à entraînement direct ou dotée d'une boîte de vitesses, les aimants sont toujours fixés sur le composant mobile, par exemple le

rotor dans une configuration conventionnelle ou un collecteur externe dans le cas d'un entraînement direct où les bobines génératrices sont fixes à l'intérieur. Il est essentiel de verrouiller le rotor et la transmission pour assurer la sécurité mécanique et, pour les génératrices à aimants permanents, la sécurité électrique. En général, les éoliennes peuvent être considérées comme étant mécaniquement sûres lorsque les goupilles de verrouillage sont correctement installées, ce qui signifie qu'elles sont également sûres sur le plan électrique, en particulier si elles sont déchargées et si les dispositifs de mise à la terre sont bien installés.

Exemple d'entraînement direct à aimants permanents :



Quel que soit leur type, les éoliennes produisent de l'électricité et présentent les mêmes risques et dangers généraux. Les travailleurs doivent porter l'équipement de sécurité nécessaire en présence d'énergie électrique.

Une configuration conventionnelle à aimants permanents ressemble en effet à une configuration électrisée ou à rotor en court-circuit, et la rotation du rotor présente les mêmes dangers. Les génératrices à aimants permanents sont conçues pour tourner à grande vitesse (plus de 800 tr/min). Il faut éviter tout contact avec les conducteurs si le rotor tourne, même lentement.

8.1.6 Directives générales de travail dans une tour ou au sommet

Avant la tâche

Un travail sécuritaire passe par une préparation adéquate. Les préparatifs peuvent différer légèrement d'une tâche à l'autre, mais comportent en général les mêmes étapes de base. Il importe de lire toutes les étapes et de les appliquer autant que possible pour réduire le risque d'incident de santé et de sécurité.

- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Avant le début du travail, lire et appliquer les instructions du fabricant pour cadenasser le rotor de la génératrice.
  - Si la tension de sortie de l'éolienne dépasse 750 V, ne pas utiliser d'appareil de test, à moins d'être certain qu'il fonctionne à cette tension.
- Le cadenassage du rotor empêche la génératrice de produire de l'électricité.
- Décharger toute charge capacitive emmagasinée dans les enroulements de la génératrice. Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre pour dissiper la charge lentement.
- Il est recommandé d'utiliser un appareil de test pour vérifier que le voltmètre fonctionne correctement (à un maximum de 700 V). Suivre les spécifications du fabricant pour chaque appareil.
- Suivre les procédures appropriées de cadenassage et d'étiquetage pour isoler et mettre hors tension le câble d'alimentation de la génératrice, y compris le disjoncteur principal.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, l'emplacement de toutes les mises à la terre, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
- La génératrice pourrait recevoir un courant inverse du transformateur sur socle.
  - Vérifier les circuits sur les schémas unifilaires.

Avertissement : Les éoliennes sont branchées sur le réseau et alimentent des transformateurs sur socle. Elles peuvent également recevoir un courant inverse du côté charge du disjoncteur principal. Avant de travailler sur une éolienne ou l'un de ses composants ou circuits, il importe d'effectuer une vérification d'absence de tension.

Pendant la tâche

- Pour en savoir plus sur les risques du travail au sommet d'une tour, consulter la tâche 3 de la matrice décisionnelle.

- S'assurer de toujours comprendre les instructions et avertissements du fabricant.
- En cas de doute sur le protocole de sécurité, demander l'aide de travailleurs expérimentés et qualifiés.

Après la tâche

- Au besoin et une fois le travail terminé, obtenir l'approbation du superviseur avant de redémarrer l'équipement.
- Remettre sous tension la génératrice en reconnectant d'abord ses circuits de commande, puis le disjoncteur principal, et finalement le transformateur sur socle.
  - Il est recommandé d'utiliser l'EPI et les outils pour travaux sous tension appropriés.
  - Consigner, au moyen des formulaires du parc, le cadenassage, l'étiquetage, l'emplacement des dispositifs de mise à la terre et les résultats de l'évaluation des risques.
  - Libérer le rotor de l'éolienne.
- Consigner, au moyen des formulaires de l'entreprise, les résultats de tous les tests et inspections.

Condensateurs

Des condensateurs peuvent se trouver à divers endroits sur l'appareillage et le réseau électriques. Consulter la section sur les condensateurs dans les pratiques sécuritaires liées aux tâches au bas de la tour.

Câbles

Dans les parcs éoliens, les câbles électriques sont souvent la cause de défectuosités. Les mauvais raccordements sont également à l'origine de nombreuses défaillances. Il est particulièrement dangereux de tester les câbles en raison de leur tension élevée. Voici les pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables :

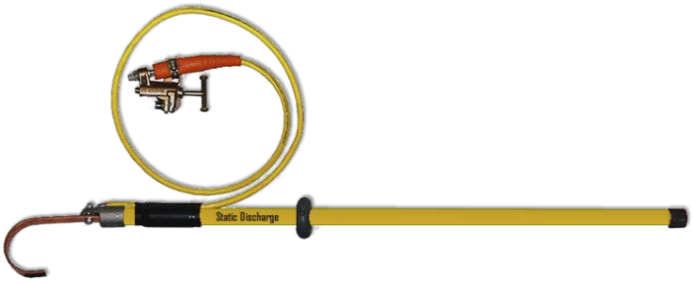
Avant la tâche

- Avant le début du travail, isoler les câbles en les plaçant dans un état sécuritaire pour les travaux électriques.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- L'équipement générateur du parc éolien est branché sur un réseau.
  - Il pourrait être nécessaire d'actionner le disjoncteur de dérivation du transformateur sur socle.
  - Pour actionner le disjoncteur de dérivation, porter l'EPI approprié et utiliser des outils récemment inspectés pour travaux sous tension.
- Suivre les procédures et utiliser les étiquettes et formulaires appropriés de l'entreprise pour effectuer le cadenassage et l'étiquetage.
- Idéalement, effectuer une vérification d'absence de tension avant d'entrer en contact avec un circuit ou l'appareillage.
- Consigner, au moyen des formulaires du site, l'emplacement de tous les transformateurs de tension, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.

Câbles installés dans la tour

Vérifier que les câbles acheminés dans la tour sont bien fixés et ne présentent aucun risque additionnel.

- Les câbles peuvent emmagasiner une charge capacitive dangereuse :
  - Avant de toucher un câble, y appliquer une mise à la terre pour dissiper la charge.
  - Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre pour décharger les câbles.



Le travailleur touche le câble avec la perche branchée sur une mise à la terre. À l'intérieur de la perche se trouve une résistance de 500 MΩ prévenant les éclats d'arc. Photo fournie par W.H. Salisbury.

Avertissement : Le risque de choc électrique augmente lorsque les câbles sont débranchés avant d'être testés.

Porter des surgants de cuir et des gants isolants de caoutchouc de classe appropriée.

- Lorsqu'un câble est débranché, le marquer et l'identifier.
- Tester d'abord le blindage pour vérifier le bon positionnement.
  - Ne pas tester un câble sans savoir où se trouvent les extrémités.
  - Le test du blindage est généralement une bonne façon de vérifier que le câble est bien positionné avant d'être testé. Pour vérifier que le blindage est mis à la terre, appliquer les bornes d'un mégohmmètre sur le blindage et la mise à la terre.
  - Si le blindage n'est pas accessible aux deux extrémités, le conducteur principal peut servir à vérifier les phases.

Pendant la tâche

Avant d'appliquer une tension d'essai, utiliser des barrières protectrices (surveillant ou ruban de sécurité rouge) aux deux extrémités du câble pour éviter que quiconque soit exposé à la tension.

- Avertir les travailleurs dans la zone de ne pas traverser les barrières protectrices et de se plier aux consignes du surveillant.
- Avant le début du test, vérifier qu'il y a une distance adéquate entre le câble et les objets mis à la terre pour éviter un contournement électrique pendant le test.

Ces photos montrent une mauvaise installation des câbles, le rayon étant trop petit, ou la distance avec la mise à la terre, insuffisante. Cette erreur courante peut entraîner une défaillance prématurée.

- Pendant le test, appliquer une mise à la terre électrostatique à tous les câbles non testés.
- Il est recommandé de porter des gants isolants en caoutchouc et des surgants de cuir pour manipuler le câble. Bien que la charge capacitive se dissipe rapidement par la mise à la terre, les molécules dipolaires se réalignent après le test, ce qui peut induire une charge dans le câble pendant plusieurs minutes.
- Après un test de surtension, mettre à la terre les conducteurs pendant au moins le double de la durée du test.
  - Selon la longueur du câble, cette mesure pourrait être inadéquate. Pour des câbles de plusieurs kilomètres de long, le temps de dissipation de la charge pourrait être quatre fois supérieur à la durée du test.
  - Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre pour appliquer une mise à la terre électrostatique.

Après la tâche

- Effectuer une inspection finale de toutes les connexions avant de réinstaller les couvercles.
- La personne qui effectue une déconnexion est chargée de rétablir la connexion correctement.
  - Si cette personne quitte la zone, elle doit indiquer à une autre personne les connexions à rétablir.
- Effectuer un contrôle final des longueurs de phases en parallèle en vérifiant la continuité d'une phase à l'autre.
  - Ce contrôle sert à vérifier que les longueurs en parallèle ne se croisent pas.
- Consigner, au moyen des formulaires de l'entreprise, les résultats de tous les tests et inspections.

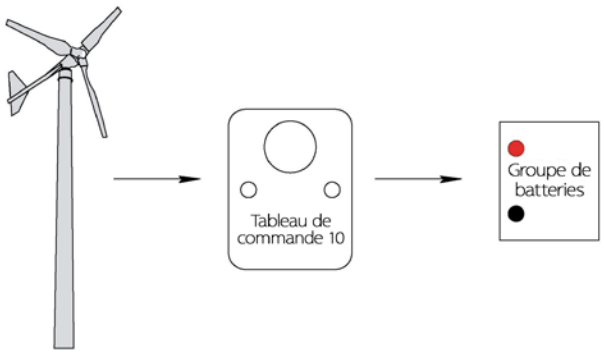
8.1.7 Tableaux de commande

Les tableaux de commande des éoliennes régulent la vitesse de rotation pour éviter qu'elle ne soit trop grande et endommage l'appareillage. Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour les tests des tableaux de commande :

Avant la tâche

- Tous les travailleurs exposés à un risque électrique doivent porter l'EPI approprié (bottes de sécurité, casque de sécurité, vêtements contre les éclats d'arc, etc.).
- Évaluer les risques, déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque et mettre le tout à l'écrit.

Schéma fonctionnel du tableau de commande des éoliennes



Un tableau de commande, situé entre l'éolienne et la batterie, sert à régulier la vitesse. On y trouve donc du courant alternatif (système d'alimentation) et du courant continu (batterie).

- Les tableaux de commande peuvent recevoir un courant inverse du transformateur sur socle.
  - Vérifier les circuits sur les schémas unifilaires.
- Respecter le périmètre d'accès limité aux appareils sous tension, précisé dans la version actuelle de la norme Z462, tableau 1A ou 1B.
- Suivre les procédures adéquates de cadenassage, d'étiquetage et de vérification d'absence de tension.
  - Considérer tous les conducteurs et appareils comme étant sous tension jusqu'à ce les tests prouvent le contraire.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.

Pendant la tâche

- Étiqueter et consigner les fils de commande avant de les déconnecter.
- Avant d'appliquer une tension d'essai au circuit d'un transformateur de tension, isoler le circuit pour éviter un courant inverse.
- Les consignes de sécurité pour la maintenance et la mise à l'essai des tableaux de commande sont les mêmes que pour les génératrices, puisque les collecteurs tournants pourraient être mis sous tension.

Après la tâche

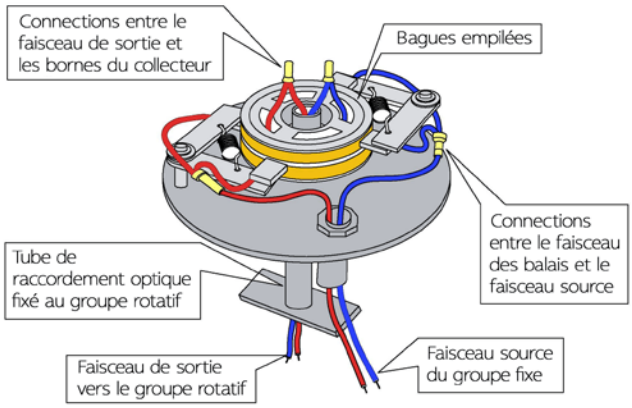
- Effectuer une inspection finale de toutes les connexions avant de réinstaller les couvercles.
- La personne qui effectue une déconnexion est chargée de rétablir la connexion correctement.
  - Si cette personne quitte la zone, elle doit indiquer à une autre personne les connexions à rétablir.
- Consigner, au moyen des formulaires de l'entreprise, les résultats de tous les tests et inspections.

8.1.8 Collecteurs tournants

Les collecteurs tournants comportent les mêmes risques de sécurité que les génératrices. Ils transmettent les signaux électriques des commandes à la nacelle. En d'autres mots, ils font passer le courant et les signaux d'un élément fixe à un élément rotatif. Voici les pratiques de travail sécuritaire à suivre pour les travaux sur des collecteurs tournants :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.



Les collecteurs tournants sont souvent « empilés » pour transmettre plusieurs signaux électriques différents. Une maintenance périodique est nécessaire pour retirer la poussière et réparer les pièces usées.

- Suivre les instructions du fabricant pour cadenasser le rotor de la génératrice et empêcher celle-ci de produire de l'électricité.
- Suivre les procédures appropriées de cadenassage et d'étiquetage pour isoler et mettre hors tension le câble d'alimentation de la génératrice, y compris le disjoncteur principal.
  - La génératrice pourrait recevoir un courant inverse du transformateur sur socle.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.

Pendant la tâche

Pour en savoir plus sur les pratiques sécuritaires concernant les collecteurs tournants, consulter la tâche 1 de la matrice décisionnelle.

Après la tâche

- Consigner, au moyen des formulaires du parc, les résultats de tous les tests et inspections.
- Vérifier qu'il n'y a ni débris, ni pièce, ni composant dans la zone de travail.

8.1.9 Batteries (commandes d'alimentation sans interruption et de courant continu)

RISQUE D'EXPLOSION : Les batteries au plomb-acide peuvent dégager un mélange hautement explosif d'hydrogène et d'oxygène. Ce dégagement gazeux se produit pendant la charge (la batterie était faible et est rechargée à un niveau fonctionnel) ou la surcharge. Éviter les étincelles, flammes et cigarettes allumées à proximité des batteries. Apposer une affiche « Défense de fumer » clairement visible à l'entrée de la zone.

RISQUE LIÉ À L'ÉLECTROLYTE : Pour manipuler l'électrolyte, porter un écran facial (sans renforcement en métal, qui pourrait causer un court-circuit de la batterie) ainsi qu'un tablier et des gants en caoutchouc. Manipuler l'électrolyte avec soin et éviter de le faire éclabousser, car il peut endommager les vêtements et causer des blessures cutanées. Bien se protéger les yeux.

Les batteries sont parfois regroupées pour produire la tension voulue. Ainsi configurée, chaque batterie produit environ 1,75 V. La photo montre des batteries au plomb-acide, mais il existe également des batteries au nickel-cadmium, au lithium-ion ou à électrolyte gélifié ainsi que des batteries au plomb-acide à bac hermétique ou à régulation par soupape (sans entretien).

On trouve des batteries de divers types et tailles à l'intérieur et à proximité des éoliennes, des sous-stations et des ordinateurs. Elles posent toutes un danger de choc électrique et doivent être maintenues en bon état de marche. Un système d'alimentation sans interruption ou un deuxième ensemble de batteries est souvent utilisé comme auxiliaire lorsque les batteries principales sont hors tension. Il est recommandé de consulter la documentation et les instructions du fabricant pour maintenir les batteries correctement.

Une éolienne à système de pas non hydraulique peut également contenir des batteries, généralement appelées

batteries du système de pas du moyeu. Ces batteries servent à placer le bord d'attaque des pales en direction du vent pendant les pannes de courant et les tempêtes afin de limiter la vitesse de rotation à une valeur sécuritaire. Comme elles peuvent être sollicitées pendant plusieurs heures, il importe de les manipuler avec soin et d'être prudent lorsque l'on travaille à proximité (assez proche pour les toucher). Le système de pas peut également améliorer l'efficacité de l'éolienne en réglant l'angle des pales et en augmentant leur surface exposée au vent. Les batteries du système de pas du moyeu se trouvent à la base de la tour ou dans la nacelle au sommet de la tour. Au sommet, elles sont exposées à des conditions extrêmes, notamment des vibrations, des variations de température et des conditions météorologies changeantes.

Également, on parle souvent du système de direction (bien qu'il ne soit pas alimenté par batteries), qui fait pivoter la génératrice entière sur un axe horizontal afin qu'un maximum de la surface du rotor soit toujours face au vent.

Les systèmes de pas à batteries utilisent souvent des batteries au plomb-acide à régulation par soupape ou des batteries au lithium-ion. Ces deux types de batterie nécessitent peu de maintenance, mais ont un cycle de vie relativement court.

Au sommet de la tour, on trouve également les ultracondensateurs, qui remplissent la même fonction que les batteries du système de pas du moyeu, et ont comme avantage de produire de courtes impulsions de courant. Ils constituent toutefois un danger de plus pour les travailleurs, qui doivent absolument vérifier qu'ils sont mis à la terre et déchargés.

Ultracondensateur servant à alimenter le système de pas du moyeu. Photo fournie par Moog Inc.

Parfois, les systèmes de pas et de direction sont hydrauliques et alimentés par les batteries de la sous-station plutôt que celles du moyeu.

Les batteries, seules ou en groupes, présentent des dangers bien uniques, car elles sont toujours sous tension même si elles sont isolées. Voici les pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Pour les tâches en équipe, tenir une réunion d'information.
- Vérifier que tout le matériel et toutes les données conviennent aux tâches.
- Accéder à l'emplacement de la batterie avant d'examiner la batterie et ses connexions.
- Vérifier l'emplacement des sorties de secours pour pouvoir sortir rapidement au besoin.
- Étudier les schémas unifilaires et de commande pour s'assurer que les batteries peuvent être isolées au besoin.
- Appliquer une charge d'égalisation aux batteries pour garantir un déclenchement rapide du dispositif de protection contre les surintensités.

- Consigner, au moyen des formulaires du parc, l'état de la batterie avant et après la tâche dans les résultats de l'évaluation des risques ainsi que la tenue d'une réunion d'information.

Avertissement : Pendant le chargement, la réaction chimique dans la batterie produit des gaz toxiques et explosifs. Les travailleurs doivent lire l'introduction de la présente section et consulter les instructions du fabricant pour obtenir de plus amples renseignements.

- Retirer toute source d'inflammation de la zone de stockage des batteries et ventiler cette dernière.
  - Si la ventilation principale ne fonctionne pas, un système de ventilation auxiliaire doit être en place pour faire entrer de l'air dans la zone.
  - N'utiliser aucun appareil électrique (lampe, ventilateur, etc.) dans la zone.

Pendant la tâche

- Examiner les batteries pour vérifier si elles fuient ou sont surchargées.
- Vérifier qu'un bassin oculaire et une douche d'urgence fonctionnels sont à proximité de la zone de travail pour les travaux sur les groupes de batteries.
  - Garder les bassins oculaires à vue, et leur accès, dégagé.
- De l'équipement de lutte contre les déversements doit se trouver à proximité (à vue) de la zone de travail pour les travaux sur les groupes de batteries.
- Utiliser des outils isolés approuvés pour travailler sur les groupes de batteries ou à proximité. Ne pas utiliser d'outils couverts de ruban adhésif, ce dernier n'étant pas un isolant adéquat.
- Porter l'EPI minimum nécessaire pour les tâches suivantes :
  - Mesure de la tension.
  - Interaction avec l'électrolyte : mesure de la densité relative ou de l'impédance, ajout d'eau, déplacement de pare-flammes ou de cellules de batterie, test de banc d'essai, serrage ou raccordement de connexions, etc.
- L'EPI peut comprendre les éléments suivants : gants et tablier résistants à l'acide, écran facial et lunettes. Pour les travaux électriques, porter l'EPI supplémentaire approprié.

Porter l'EPI recommandé pour les travaux et la maintenance sur des batteries. Photo fournie par IRONguard.

- Après le travail, inspecter toutes les connexions.
- La personne qui effectue une déconnexion est chargée de rétablir la connexion correctement.
  - Si cette personne quitte la zone, elle doit indiquer à une autre personne les connexions à rétablir.
  - Consigner, au moyen des formulaires du parc, tous les fils déconnectés ou retirés.
  - Effectuer, serrer correctement et vérifier toutes les connexions.
- Pour en savoir plus sur les batteries et les systèmes d'alimentation sans interruption, consulter la tâche 5 de la matrice décisionnelle.

8.2 Transformateurs dans la tour ou à la base

8.2.1 Transformateurs

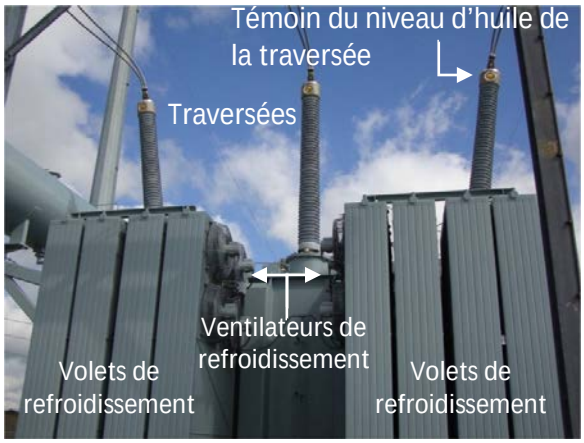
Autant que possible, mettre le transformateur hors tension avant de commencer la maintenance. Ne jamais mettre sous tension ou hors tension un transformateur de plus de 150 kVA au moyen d'un sectionneur n'ayant pas le calibre nécessaire pour couper la charge. S'assurer que le calibre de l'appareillage est adéquat avant d'interrompre ou d'établir le courant au transformateur.

Lorsqu'ils sont mis hors tension, certains transformateurs peuvent conserver une charge capacitive entre une phase et la mise à la terre ou entre deux phases. Vérifier l'absence de tension avant de commencer le travail et décharger les enroulements des transformateurs à haute tension (entre les enroulements et la mise à la terre, et entre l'enroulement principal et l'enroulement secondaire) avant d'approcher ou de toucher les composants normalement sous tension. Il est recommandé, avant de toucher (soi-même ou avec des outils) les traversées des transformateurs, de mettre à la terre les enroulements pour dissiper toute charge capacitive accumulée.

On trouve généralement deux types de transformateurs de puissance dans les parcs éoliens : les transformateurs sur socle, à la tour, et les transformateurs principaux, à la sous-station principale. Ceux sur socle sont dotés de fusibles qui les protègent des défaillances.

Les transformateurs sur socle sont souvent dotés d'enroulements en aluminium et utilisent des fusibles internes à faible tension comme protection contre les défaillances de l'enroulement principal.

Quant au transformateur principal de la sous-station, il est généralement beaucoup plus gros que ceux sur socle et est branché sur le réseau électrique public. Il augmente la tension des enroulements pour qu'elle atteigne celle du réseau électrique, souvent 34,5 kV ou plus. Le transformateur principal est protégé par des relais différentiels.



Le transformateur de puissance principal, situé dans la sous-station principale, est branché sur tous les transformateurs en série de la génératrice dans la tour. Il augmente la tension pour qu'elle atteigne celle du réseau électrique public.

Pour une question de sécurité, il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre dotée d'une résistance de 500 MΩ pour décharger les câbles et la génératrice ou les enroulements des transformateurs. Dans de nombreuses installations, les enroulements principaux et secondaires des transformateurs de puissance et de distribution sont connectés directement aux transformateurs de tension. Retirer les dispositifs de protection principal et secondaire de ces transformateurs de tension et les isoler de toute inversion du courant.

Faire preuve de prudence pendant l'ajustement des changeurs de prises à vide; il est préférable que le transformateur soit complètement déchargé. Ces changeurs demeurent sous tension en raison du courant d'excitation du transformateur même si l'enroulement secondaire de ce dernier est déconnecté.

Les changeurs de prises à vide servent à ajuster la tension principale de sorte que la tension secondaire corresponde à celle du réseau. Ils servent également à ajuster l'intensité du courant.

Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour l'exécution des tests liés à tous les types de transformateurs :

Avant la tâche (tous les types de transformateurs)

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Ériger une barrière de sécurité autour du transformateur pour éviter que des personnes non qualifiées entrent en contact avec un composant sous tension pendant le test. Il peut s'agir d'un ruban de sécurité rouge au niveau de la taille ou d'un surveillant.
- Il est recommandé de cadenasser et d'étiqueter le transformateur et de vérifier l'absence de tension avant de commencer le test.
- Consigner, au moyen des formulaires de l'entreprise, l'emplacement de toutes les mises à la terre, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.

- Si possible, isoler complètement le transformateur et installer des mises à la terre temporaires et individuelles.
  - Immobiliser les portes des transformateurs sur socle pour éviter qu'elles ne soient fermées involontairement.
  - Il est recommandé d'installer les mises à la terre temporaires au moyen d'outils pour travaux sous tension et non à la main.
  - Établir la mise à la terre avant les connexions phase-terre.
  - Si la déconnexion n'est pas complète, déconnecter au moins le conducteur de terre du neutre.
- Avant de déconnecter le transformateur, marquer et consigner adéquatement tous les câbles.
- Les personnes qui participent directement au test sont les seules qui peuvent passer la barrière de sécurité, à moins d'être en formation.
  - Les personnes en formation doivent faire attention de ne pas toucher le transformateur testé, à moins d'instruction contraire.

Pendant la tâche

- Les travailleurs chargés de manipuler les fils d'essai doivent porter des gants isolants en caoutchouc et des surgants de cuir pour se protéger des chocs électriques.
- Mettre le transformateur sur socle hors tension avant d'actionner le disjoncteur de dérivation.
  - Si la mise hors tension est impossible, utiliser un outil pour travaux sous tension et porter des vêtements contre les éclats d'arc et l'EPI approprié.
  - Au minimum, utiliser un outil de 10 pi pour travaux sous tension et porter des vêtements contre les éclats d'arc de catégorie 4 (40 cal/cm²).
- Toujours suivre les instructions du fabricant pour tout équipement de test utilisé.
- Pour en savoir plus sur les travaux liés aux transformateurs, consulter la tâche 3 de la matrice décisionnelle.
- Un test de courant continu peut induire une charge dangereuse dans les enroulements du transformateur, particulièrement s'il s'agit d'un test de résistance des enroulements.
  - Après un test de courant continu, décharger les enroulements du transformateur au moyen d'une perche de mise à la terre.
- Connecter la mise à la terre de l'équipement de test à la mise à la terre du transformateur testé.

La photo ci-dessus, prise dans un centre de formation, montre l'EPI et l'outil pour travaux sous tension à utiliser pour actionner un disjoncteur de dérivation.

- Tester chaque phase du transformateur pour vérifier qu'elle fonctionne correctement.
  - Il est recommandé d'utiliser un outil pour travaux sous tension et l'EPI contre les éclats d'arc et les chocs électriques approprié.
  - Fermer et verrouiller les portes du transformateur sur socle.

Avertissement : Si les colliers de mise à la terre ne sont pas bien serrés, il se pourrait que la mise à la terre ne se fasse pas correctement et que les colliers se séparent de la barre omnibus ou des connexions de mise à la terre, ce qui serait très dangereux.

Après la tâche

- Retirer toutes les mises à la terre temporaires avant la remise sous tension.

- Déconnecter d'abord les connexions phase-terre, puis celle de la mise à la terre.
- Tous les travailleurs qui ne participent pas directement à l'actionnement du disjoncteur doivent quitter la zone.

- Avant de réinstaller les couvercles du transformateur, vérifier tous les cavaliers.
- Si des cavaliers manquent, communiquer avec la personne en charge, qui réglera le problème.
- La personne qui effectue une déconnexion est chargée de rétablir la connexion correctement.
  - Si cette personne quitte la zone, elle doit indiquer à une autre personne les connexions à rétablir.
- Effectuer une inspection finale de toutes les connexions avant de réinstaller les couvercles.

8.3 Équipement au bas de la tour

8.3.1 Câbles

Les câbles électriques acheminent l'électricité produite par chaque génératrice jusqu'à leur transformateur sur socle, puis à la série, à la sous-station et enfin au réseau public. Ces câbles ont une tension de 600 à 35 000 V, voire plus, selon leur fonction; un câble défaillant constitue donc un problème de productivité et de sécurité. On estime que 95 % des défaillances de câbles électriques sont attribuables à des erreurs d'installation. Autrement, si le câble et ses raccordements sont bien installés, il devrait avoir un long cycle de vie. Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour les tests de câbles :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Vérifier que toutes les phases sont visiblement isolées et assez loin du sol et de l'appareil mis à la terre pour prévenir les contournements électriques.
- Connecter les transformateurs de tension du côté des sectionneurs où se trouve la ligne ou le câble.
  - Retirer les fusibles principal et secondaire de tous ces transformateurs, et protéger ces derniers contre une inversion du courant en déconnectant la mise à la terre.
  - Vérifier qu'il n'y a aucune dérivation de charge sur la ligne ou le câble pour s'assurer qu'elle ou il est bien isolé et protégé pour ainsi éviter une inversion du courant en provenance d'une source d'énergie d'urgence.
  - Les génératrices portatives à usage temporaire peuvent être dangereuses si les circuits pouvant recevoir un courant inverse ne sont pas protégés.
- Effectuer le cadenassage, l'étiquetage et la vérification complète d'absence de tension avant de commencer les tâches.
- Il est recommandé de consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information, l'emplacement des mises à la terre, des transformateurs de tension et des génératrices portatives, et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
- Les câbles peuvent emmagasiner une charge dangereuse. Par conséquent, avant de toucher à un câble, y appliquer une mise à la terre pour dissiper toute charge restante. Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre.
- Lorsqu'un câble est débranché, le marquer et le consigner.

Pendant la tâche

- Tester d'abord le blindage des câbles pour vérifier le bon positionnement.
  - Ne pas tester un câble sans savoir où se trouvent les extrémités. Le test du blindage est généralement une bonne façon de vérifier que le câble est bien positionné avant d'être testé.
  - Si le blindage n'est pas accessible aux deux extrémités, le conducteur principal peut servir à vérifier les phases.
- Avant d'appliquer une tension d'essai, utiliser des barrières protectrices (ruban de sécurité rouge au

niveau de la taille ou surveillant) aux deux extrémités du câble pour éviter que quiconque soit exposé à la tension.

  - Vérifier qu'il y a une distance adéquate entre le câble et le sol, les conducteurs et les éléments de circuit, pour éviter un contournement électrique.

- Pendant le test, appliquer une mise à la terre électrostatique à tous les câbles non testés.
- Pour en savoir plus sur la sécurité liée aux câbles électriques, consulter la tâche 4 de la matrice décisionnelle.

Après la tâche

- Après un test de surtension, mettre à la terre les conducteurs pendant au moins l'équivalent de la durée d'application de la tension d'essai.
  - Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre.
  - Pour des câbles longs, le temps de mise à la terre requis pourrait être quatre fois supérieur à la durée du test.
- Effectuer une inspection finale de toutes les connexions avant de réinstaller les couvercles.
- La personne qui effectue une déconnexion est chargée de rétablir la connexion correctement. Si cette personne quitte la zone, elle doit indiquer à une autre personne les connexions à rétablir.

8.3.2 Mise à la terre

Il existe deux grands types de mises à la terre : les temporaires, pour assurer une protection personnelle, et les permanentes, installées sur l'appareillage et les systèmes électriques à des fins de sécurité. Les mises à la terre temporaires assurent que l'appareillage et les lignes électriques sont hors tension et ne présentent pas de danger pour les travailleurs en cas de fermeture accidentelle du circuit ou de tension statique ou induite. Les raccordements de terre inadéquats peuvent fondre et mal prévenir les chocs électriques. Il est parfois impossible de procéder au cadenassage et à l'étiquetage normalement. Le cas échéant, il est recommandé de suivre la procédure d'étiquetage seulement (voir page 6).

La mise à la terre du système électrique consiste, au moment d'aménager le parc éolien, à brancher chaque tour et son appareillage au système de mise à la terre. La sous-station aura son propre système de mise à la terre, appelé *grille de terre,* qui part du périmètre et s'étend sur toute la superficie de la sous-station dans un motif de grille. Tout l'appareillage dans la sous-station, y compris la clôture et la barrière, est connecté à la grille de terre. À chaque sectionneur de la sous-station, un tapis de mise à la terre est installé pour protéger le travailleur en cas de défaillance du sectionneur. Il faut tester périodiquement tous les éléments du système de mise à la terre afin de vérifier qu'ils sont intacts et ont une résistance suffisamment faible pour remplir leur fonction.

Mises à la terre temporaires

Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour les mises à la terre temporaires :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Avant de commencer le travail, examiner la zone de travail et prendre connaissance de toute situation anormale concernant les sectionneurs.
- Si possible, inspecter visuellement les points de dégagement.
- Obtenir l'autorisation de la personne responsable pour installer ou retirer les mises à la terre temporaires sur l'appareillage et les lignes électriques.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, l'emplacement des mises à la terre, leur nombre, ainsi que la date et l'heure de leur installation ou de leur retrait.
- Lorsque des mises à la terre temporaires sont installées dans une sous-station, consigner l'information dans le registre de travail de la sous-station ou sur le permis de travail.
- Informer la personne responsable lorsque des mises à la terre temporaires sont installées ou retirées.
- Mettre l'appareillage dans un état sécuritaire pour les travaux électriques en portant l'EPI

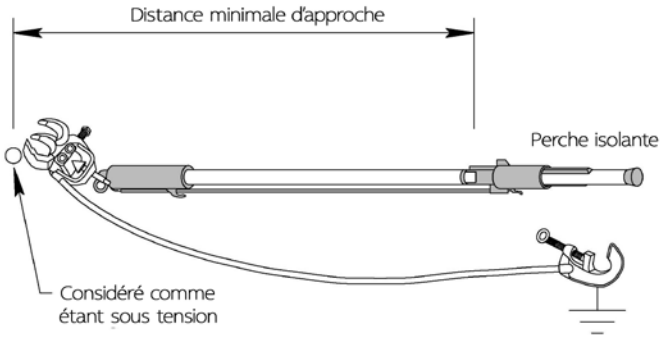
approprié contre les éclats d'arc et les chocs électriques.

- Inspecter l'outil pour travaux sous tension et les gants avant de les utiliser.
- Consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques. Consigner également, dans les documents du parc, l'emplacement et le marquage des mises à la terre temporaires.

Pendant la tâche

Suivre les pratiques de travail sécuritaire suivantes pour sélectionner et inspecter les mises à la terre temporaires :

- Vérifier le calibre de conducteur (approprié pour l'emplacement), le courant de défaut et la longueur du conducteur afin de réduire au minimum l'effet de fouet d'une mise sous tension accidentelle. Consulter le tableau 1 de la norme ASTM F855 pour en savoir plus sur les calibres.
- Ne pas utiliser de composants de différents fabricants pour réparer ou installer des mises à la terre temporaires. Ce genre de combinaison est prompt aux défaillances.
- Ne pas bobiner les mises à la terre, que ce soit sur un camion ou au sol.
- Ne pas utiliser de mises à la terre temporaires de plus de 20 pi pour éviter que leur impédance nuise à la sécurité des travailleurs.
- Toujours manipuler les mises à la terre comme si elles étaient sous tension. Une tension, beaucoup plus faible que celle de la ligne, peut être induite et provoquer un choc électrique.
- Utiliser un outil pour travaux sous tension pour installer et retirer les mises à la terre temporaires.
- Installer rapidement les mises à la terre temporaires pour éviter qu'une tension induite produise un éclat d'arc.
- En cas de doute quant à la tension détectée sur une ligne ou l'appareillage, ne pas installer de mise à la terre afin d'éviter une défaillance.
- Serrer adéquatement les colliers de mise à la terre pour éviter qu'ils soient déconnectés par une défaillance.



Mise à la terre d'un conducteur ou d'une barre omnibus

Positionner de manière sécuritaire les mises à la terre temporaires, sans quoi elles augmenteront les risques plutôt que les diminuer. Garder les bras et le corps hors du périmètre d'accès restreint.

- Vérifier que les mises à la terre sont à l'intérieur des points de dégagement et bien en dehors des périmètres d'accès des appareils sous tension à proximité.
- Inspecter les outils pour travaux sous tension et les perches de mise à la terre avant de les utiliser. Consulter la norme IEEE 978, *Guide for In-Service Maintenance and Electrical Testing of Live-Line Tools.*
- Il est recommandé, avant de commencer un travail nécessitant des outils pour travaux sous tension, de lire la norme IEEE 516, *Guide For Maintenance Methods On Energized Power Lines.*
- Fixer les mises à la terre temporaires aux points approuvés de la grille de terre avec un outil pour travaux sous tension et non avec les mains.
- Utiliser une bonne mécanique corporelle pour éviter les entorses et foulures. Demander de l'aide au besoin.
- Pour les travaux en hauteur, dans une échelle ou sur un appareil de levage ou un échafaudage, suivre les procédures et directives applicables.
- Pour indiquer l'emplacement des mises à la terre temporaires, placer des étiquettes sur l'appareillage et consigner le tout dans un registre, par exemple.

Des mises à la terre temporaires bien installées et de calibre adéquat permettent de sécuriser une zone autrement dangereuse. Les techniciens dans la photo ci-dessus portent également un dispositif de protection contre les chutes.

- Au besoin, utiliser un appareil de levage, comme un monte-personne ou un camion nacelle pour installer les mises à la terre temporaires.
- Si les mises à la terre temporaires installées sont trop longues, attacher l'excédent.

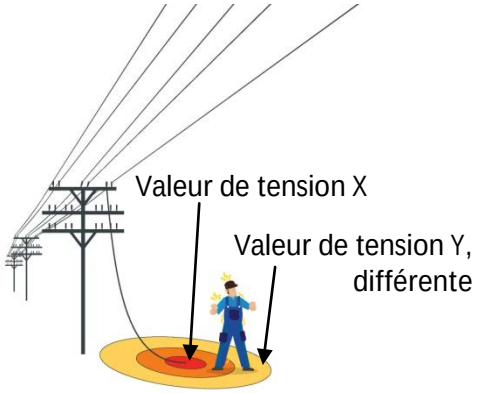
Idéalement, apposer des affiches sur l'appareillage pour indiquer aux autres travailleurs qu'il est connecté à une mise à la terre temporaire qu'il faudra retirer avant la remise sous tension.

Après la tâche

- Pour les travaux en hauteur nécessitant un dispositif de protection contre les chutes, suivre les procédures de protection contre les chutes ainsi que les instructions du fabricant ou les politiques du parc.
- Tester annuellement et étiqueter les mises à la terre temporaires.
  - Retirer et étiqueter toute mise à la terre défectueuse.
  - Ne pas réutiliser les mises à la terre temporaires avant qu'elles soient réparées, retestées et certifiées comme étant en bon état de fonctionnement.

8.3.3 Mises à la terre permanentes

Des connexions de mise à la terre permanentes sont visibles à divers endroits du parc éolien et dans la sous-station. Chaque éolienne est branchée sur la mise à la terre par une barre de terre ou, dans le cas d'une sous-station, connectée à la grille de terre.



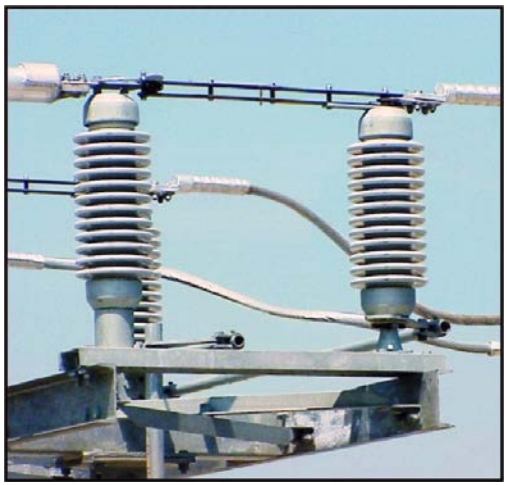
La mise à la terre permanente sert à empêcher le contact avec un appareillage accidentellement sous tension ou l'exposition à

une tension induite. Plus la tension est haute dans la sous-station, plus le risque de tension induite est grand. L'image ci-dessus montre un exemple de tension de pas. Pour protéger les travailleurs de ce type de tension, on utilise des tapis de mise à la terre.

Dans la sous-station, des tapis de mise à la terre sont connectés aux sectionneurs aériens. Ces tapis sont probablement les seuls endroits sécuritaires en cas de défaillance pendant l'actionnement du sectionneur. Grâce au tapis, il n'y a pas de différence de potentiel entre le travailleur qui actionne le sectionneur et le système. Le danger d'un choc électrique ne réside pas dans l'exposition à une tension, mais plutôt dans la différence entre la tension de la source et celle du sol.

Avant la tâche

- Consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques. Consigner également, dans les documents du parc, l'emplacement et le marquage des mises à la terre temporaires. Avant d'actionner un sectionneur de la sous-station, vérifier si ses connexions à la mise à la terre et au tapis de mise à la terre sont bien serrées.
  - Les connexions lâches peuvent générer une différence de potentiel dangereuse.
  - En cas de défaillance pendant l'actionnement du sectionneur, il est recommandé de demeurer sur le tapis de mise à la terre afin d'éviter la génération d'une différence de potentiel dangereuse. C'est ce qu'on appelle la *tension de pas,* où un pied a un potentiel différent de l'autre.
  - Idéalement, porter des gants isolants en caoutchouc et des surgants de cuir pour actionner un sectionneur de la sous-station.
  - Inspecter les gants avant de les utiliser.



En cas de défaillance pendant leur actionnement, les sectionneurs aériens présentent un danger. L'utilisation d'une grille de terre et de tapis de mise à la terre réduit le risque de blessure.

Pendant la tâche

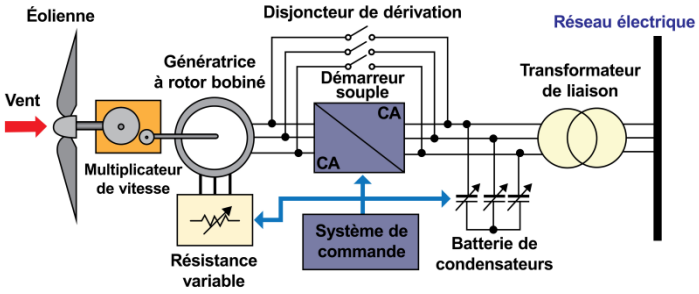
- Deux types de tests peuvent être effectués : le test de chute de tension et le test par électropince.
  - L'exactitude des deux tests est équivalente.
  - Déconnecter la barre ou la grille de terre de l'appareillage avant de procéder au test de chute de tension. Autrement, les résultats seront erronés.
- Déconnecter la mise à la terre testée en portant l'EPI approprié contre les éclats d'arc et les chocs électriques.
- Consulter les instructions et spécifications du fabricant pour déterminer la méthode la mieux adaptée au site.

Avertissement : La déconnexion de la mise à la terre de l'appareillage présente un risque de choc électrique. Il est recommandé, pour connecter ou déconnecter une mise à la terre, d'utiliser des gants isolants en caoutchouc et des surgants de cuir.

Après la tâche

- Tester les mises à la terre temporaires et les systèmes de mise à la terre au moins tous les cinq ans.
- Suivre les instructions du fabricant pour obtenir des résultats exacts au test de chute de tension ou au test par électropince.
  - Consigner les résultats du test au moyen des formulaires du parc.
  - Signaler les résultats trop élevés à la direction du parc éolien.

8.3.4 Condensateurs



Les condensateurs peuvent servir à corriger le facteur de puissance du système (batterie de condensateurs) ou à atténuer les fluctuations de puissance (démarreur souple). Bien que l'image ne le montre pas, le « démarreur souple » (onduleur) contient également des condensateurs.

L'intensité du courant produit par les éoliennes varie en fonction du vent, du pas, etc. Ces fluctuations compliquent le maintien d'une connexion avec le réseau public et peuvent déconnecter le parc éolien. De grands condensateurs servent à atténuer ces fluctuations et à fournir un courant plus constant. Les condensateurs servent également à corriger le facteur de puissance en réduisant l'angle de déphasage entre la tension et l'intensité pour ainsi augmenter l'efficacité du système. Les condensateurs travaillent de concert avec l'onduleur pour ajuster la puissance fournie par l'éolienne et le réseau public.

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Avant de commencer le travail, examiner la zone de travail et prendre connaissance de toute situation anormale concernant les sectionneurs.

Avertissement : Les condensateurs peuvent emmagasiner une tension et une intensité élevées qui, sans les précautions nécessaires, peuvent provoquer des blessures graves par choc électrique.

- Avant de toucher un condensateur (soi-même ou avec des outils), y connecter une mise à la terre en utilisant un outil pour travaux sous tension et un raccordement de mise à la terre temporaire.
- Obtenir l'autorisation de la personne responsable pour connecter ou déconnecter un condensateur des lignes ou de l'appareillage électriques.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, l'emplacement des condensateurs, leur nombre ainsi que la date et l'heure de leur installation ou de leur retrait.
- Mettre l'appareillage dans un état sécuritaire pour les travaux électriques en portant l'EPI approprié contre les éclats d'arc et les chocs électriques.
- Inspecter l'outil pour travaux sous tension, le raccordement de mise à la terre temporaire et les gants avant de les utiliser.
  - Consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques. Consigner également, dans les documents du parc, l'emplacement de l'appareillage et les tests effectués.

Pendant la tâche

- Déconnecter le condensateur de la mise à la terre avant de le tester. Cette tâche présente un danger en soi. Il est recommandé de connecter l'équipement de test à la traversée du condensateur avant de déconnecter la mise à la terre temporaire.

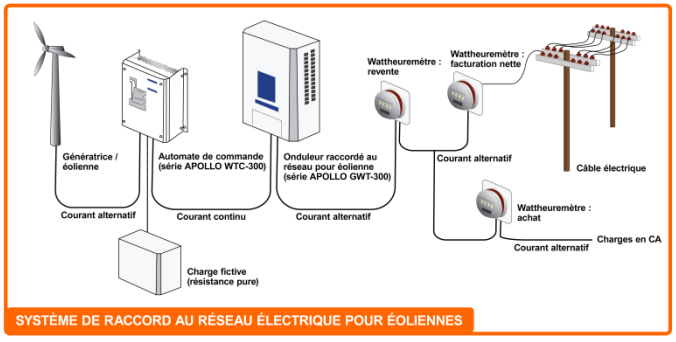
- Effectuer les tests selon les instructions du fabricant.

Après la tâche

- Déconnecter la mise à la terre temporaire du condensateur une fois ce dernier reconnecté au réseau électrique.
  - Pour prévenir le risque de choc électrique, faire preuve de prudence et utiliser des gants isolants en caoutchouc, des surgants de cuir et des outils pour travaux sous tension.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, les résultats des tests et toute autre donnée recueillie.
  - Signaler les résultats trop élevés à la direction du parc éolien.

8.3.5 Onduleurs

L'électricité fournie par une génératrice possède trois caractéristiques : la tension, l'intensité et la fréquence. Pour une éolienne, la vitesse variable des vents fait fluctuer ces caractéristiques. Les onduleurs servent à convertir le courant continu en courant alternatif et à synchroniser le courant envoyé au réseau. Ils servent également à interrompre l'envoi d'énergie au réseau si la connexion avec celui-ci est coupée, permettant d'augmenter et de diminuer la tension dans les lignes de transmission à courant alternatif. C'est grâce à leurs diodes, condensateurs et résistances que les onduleurs peuvent convertir le courant continu en courant alternatif.



L'onduleur régule la forme d'onde de l'électricité fournie par l'éolienne.

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Avant de commencer le travail, examiner la zone de travail et prendre connaissance de toute situation anormale concernant les sectionneurs.

Avertissement : Les condensateurs peuvent emmagasiner une tension et une intensité élevées qui, sans les précautions nécessaires, peuvent provoquer des blessures graves par choc électrique.

- Avant de toucher un onduleur (soi-même ou avec des outils), y connecter une mise à la terre en utilisant un outil pour travaux sous tension et un raccordement de mise à la terre temporaire.
- Obtenir l'autorisation de la personne responsable pour connecter ou déconnecter un onduleur des lignes ou de l'appareillage électriques.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, l'emplacement des onduleurs, leur nombre ainsi que la date et l'heure de leur installation ou de leur retrait.
- Mettre l'appareillage dans un état sécuritaire pour les travaux électriques en portant l'EPI approprié contre les éclats d'arc et les chocs électriques.
- Inspecter l'outil pour travaux sous tension, le raccordement de mise à la terre temporaire et les gants avant de les utiliser.

Consigner le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques. Consigner également, dans les documents du parc, l'emplacement de l'appareillage et tous les tests effectués.

Pendant la tâche

- Déconnecter l'onduleur de la mise à la terre avant de le tester. Cette tâche présente un danger en soi. Il est recommandé de connecter l'équipement de test à l'onduleur avant de déconnecter la mise à la terre temporaire.
- Effectuer les tests selon les instructions du fabricant.

Après la tâche

- Déconnecter la mise à la terre temporaire de l'onduleur une fois ce dernier reconnecté au réseau électrique.
  - Pour prévenir le risque de choc électrique, faire preuve de prudence et utiliser des gants isolants en caoutchouc avec des surgants en cuir et des outils pour travaux sous tension.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, les résultats des tests et toute autre donnée recueillie.
  - Signaler les résultats trop élevés à la direction du parc éolien.

8.4 Appareillage externe et réseau collecteur

8.4.1 Poteaux électriques

Les poteaux électriques servent à transporter le courant, habituellement de la sous-station au réseau public. Il s'agit généralement de poteaux en bois traité dotés d'une traverse sur laquelle passent les fils aériens. Habituellement, les services publics ne laissent pas des intervenants externes faire la maintenance de leurs poteaux et de leur appareillage. Cependant, des poteaux électriques sont parfois installés dans les parcs éoliens. Le cas échéant, suivre les pratiques de travail sécuritaire suivantes :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Les poteaux en bois s'usent et peuvent pourrir.
  - Vérifier qu'il est sécuritaire d'y grimper avant de procéder.
  - Consigner les observations dans les formulaires du parc.
  - Ne pas travailler sur un poteau trop penché.
  - Lorsqu'un poteau risque de tomber, mettre les fils hors tension dès que possible et le remplacer.
  - Ne pas entrer en contact avec un fil aérien sous tension.
  - Garder le corps et tout objet porté sur soi à au moins 10 pi des fils aériens sous tension.

Avertissement : Les fils aériens ne sont pas isolés à la tension. Leur gaine les protège des intempéries, mais ne les isole pas. Ne jamais approcher ces fils à moins de 10 pi.

- Avant d'utiliser un camion nacelle, l'inspecter pour vérifier qu'il est sécuritaire.
  - Appliquer une mise à la terre temporaire de calibre approprié au camion nacelle.
  - Inspecter les mises à la terre temporaires avant leur installation.
  - Ne pas approcher la nacelle à moins de 10 pi des fils et appareillages sous tension.
  - Suivre les consignes de sécurité et d'utilisation du fabricant du camion nacelle.
  - Consigner, au moyen des formulaires du parc, les résultats de l'inspection du camion nacelle et des tests sur celui-ci.
- Tester les systèmes électriques du camion nacelle annuellement ou selon les instructions du fabricant ou les directives provinciales ou fédérales.
- Tester le fluide hydraulique du mécanisme de levage du camion conformément aux instructions du fabricant ou aux directives provinciales ou fédérales.
- Il est recommandé d'utiliser les pieds stabilisateurs du camion nacelle.
  - Sans les pieds stabilisateurs, réduire la capacité de charge du camion nacelle conformément aux instructions du fabricant.
  - En cas de possible contact de la nacelle avec un fil aérien sous tension, utiliser un guetteur pour veiller à ne pas approcher la nacelle à moins de 10 pi.
  - Le guetteur et l'utilisateur du camion doivent être en communication bidirectionnelle constante au moyen d'émetteurs-récepteurs portatifs ou de signaux manuels, selon ce qui est convenu.
- Avant de remplacer des matériaux isolateurs sur les poteaux électriques, mettre les lignes hors tension conformément à la procédure du parc

pour le cadenassage, l'étiquetage et la vérification d'absence de tension.

Après la tâche

- Consigner, au moyen des formulaires du parc, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et tous les résultats, dont ceux de l'évaluation des risques.

8.4.2 Câbles souterrains

Dans un parc éolien, la plupart des câbles électriques sont souterrains. Si les câbles et leurs raccordements sont bien installés, ils devraient avoir un long cycle de vie. Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour les tests de câbles :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Suivre les procédures adéquates de cadenassage, d'étiquetage et de vérification d'absence de tension avant de commencer les tâches.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, l'emplacement de tous les transformateurs de tension, mises à la terre et génératrices portatives, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
- Avant d'appliquer une tension d'essai, utiliser des barrières protectrices (surveillant ou ruban de sécurité rouge au niveau de la taille) aux deux extrémités du câble pour éviter que quiconque soit exposé à la tension.
  - Vérifier qu'il y a une distance adéquate entre le câble et le sol, les conducteurs et les éléments de circuit, pour éviter un contournement électrique.
- Vérifier si des transformateurs de tension sont connectés du côté des sectionneurs où se trouve la ligne ou le câble.
  - Retirer les fusibles principal et secondaire de tous ces transformateurs et protéger ces derniers contre une inversion du courant en déconnectant la mise à la terre.
  - Vérifier qu'il n'y a aucune dérivation de charge sur la ligne ou le câble pour s'assurer qu'elle ou il est bien isolé et protégé pour ainsi éviter une inversion du courant en provenance d'une source d'énergie d'urgence.
  - Les génératrices portatives à usage temporaire peuvent être dangereuses si les circuits pouvant recevoir un courant inverse ne sont pas protégés.
- Les câbles peuvent emmagasiner une charge capacitive dangereuse. Avant d'y toucher, y appliquer une mise à la terre pour dissiper la charge.
  - Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre pour décharger les câbles.
- Lorsqu'un câble est débranché, le marquer et le consigner.

Pendant la tâche

- Tester d'abord le blindage des câbles pour vérifier le bon positionnement.
  - Ne pas tester un câble sans savoir où se trouvent les extrémités. Connaître leur emplacement est généralement un bon moyen de vérifier le bon positionnement avant le test.
  - Si le blindage n'est pas accessible aux deux extrémités, le conducteur principal peut servir à vérifier les phases.
- Pendant le test, appliquer une mise à la terre électrostatique à tous les câbles non testés.
- Pour en savoir plus sur la sécurité liée aux câbles d'alimentation, consulter la tâche 4 de la matrice décisionnelle.

Après la tâche

- Après un test de surtension, mettre à la terre les conducteurs pendant au moins l'équivalent de la durée d'application de la tension d'essai.
  - Il est recommandé d'utiliser une perche de mise à la terre.

- Pour des câbles longs, le temps de mise à la terre requis pourrait être quatre fois supérieur à la durée du test.

- Effectuer une inspection finale de toutes les connexions avant de réinstaller les couvercles.
- Vérifier qu'il n'y a aucune dérivation de charge sur la ligne ou le câble pour s'assurer qu'elle ou il est bien isolé et protégé pour ainsi éviter une inversion du courant en provenance d'une source d'énergie d'urgence. Les génératrices portatives à usage temporaire peuvent être dangereuses si les circuits pouvant recevoir un courant inverse ne sont pas protégés.

8.4.3 Raccordements et jonctions

Les raccordements (connexions) et jonctions sont généralement effectués au moyen de trousses conçues à cet effet. Ces trousses fonctionnent bien en général, mais il faut suivre les instructions du fabricant pour leur assurer un long cycle de vie. Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour l'installation et le test des connexions et jonctions :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Suivre les procédures adéquates de cadenassage, d'étiquetage et de vérification d'absence de tension avant de commencer les tâches.
  - Consigner, au moyen des formulaires du parc, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats des tests et de l'évaluation des risques.
  - Vérifier que le câble visé est bien isolé de toute source d'alimentation.

Pendant la tâche

- Suivre les instructions du fabricant pour installer la trousse et ainsi assurer la durabilité du raccordement ou de la jonction.
- Une fois le raccordement ou la jonction en place, suivre la procédure pour tester le câble.

Après la tâche

- Effectuer une inspection finale du site pour vérifier qu'il n'y reste aucun débris ni composant abandonné.
- Consigner les résultats de tous les tests au moyen des formulaires du parc.
  - Signaler tout résultat douteux au superviseur des lieux.

8.4.4 Tranchées

Une bonne technique d'excavation de tranchées favorise la durabilité des câbles souterrains. Autrement, les câbles pourraient défaillir. Consulter le guide d'excavation de tranchées de l'Université Duke à l'adresse suivante safety.duke.edu/sites/default/files/ig14.pdf.
Voici des pratiques de travail sécuritaire que les employeurs peuvent mettre en place, au minimum, en plus de se conformer aux lois et aux normes applicables, pour l'excavation de tranchées :

Avant la tâche

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- La majorité des parcs éoliens ont leurs propres règles d'excavation de tranchées visant à protéger les câbles d'alimentation souterrains.
  - Excaver les tranchées avec l'équipement conçu à cet effet.
  - Respecter la profondeur minimale pour protéger les câbles des effets du froid et de la chaleur. Vérifier les exigences de profondeur dans la réglementation locale.
  - Vérifier que les tranchées sont exemptes de roches, de graviers et de tout autre objet pouvant endommager les câbles.

Après la tâche

- Ne placer aucun déchet ou débris dans les tranchées.

- Combler les tranchées avec un remblai approprié qui n'endommagera pas les câbles.
- Signaler la présence de tranchées non comblées au moyen de l'affichage approprié.

8.5 Sous-station et réseau collecteur

8.5.1 Appareillage de commutation

L'appareillage de commutation contient les disjoncteurs et l'appareillage du système électrique qui doivent être à l'abri de la poussière et des autres contaminants environnementaux. Il protège les travailleurs des risques de choc électrique, est alimenté par l'éolienne et sert à mettre en marche ou à arrêter celle-ci, manuellement ou au moyen d'un dispositif de protection. Dans les parcs éoliens, il est destiné à une tension entre 5 et 34,5 kV, selon sa fonction. Les disjoncteurs qu'il contient sont généralement à vide ou à l'hexafluorure de soufre (SF_6), et généralement amovibles.

Avant la tâche

- Idéalement, utiliser un dispositif d'installation ou de retrait à distance des disjoncteurs. Bien que le risque de défaillance soit faible, les conséquences peuvent être graves.
  - Si possible, mettre les disjoncteurs hors tension avant de les installer ou de les retirer.
- Effectuer la procédure d'installation ou de retrait à deux : une personne effectue la procédure et l'autre peut agir en cas de problème.
- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.
- Consigner, avant de commencer les tâches et au moyen des formulaires du parc, le cadenassage, l'étiquetage, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
- Si possible, mettre l'appareillage de commutation hors tension avant d'y travailler.
- Vérifier que tous les disjoncteurs sont ouverts et, si possible, retirés avant d'appliquer une tension d'essai.
- Installer les mises à la terre temporaires requises et consigner leur emplacement, conformément aux directives de la section portant sur la mise à la terre.
- Il est recommandé d'apposer des étiquettes d'avertissement sur l'appareillage mis à la terre afin de facilement localiser les mises à la terre.

L'appareillage de commutation permet de distribuer le courant facilement et de manière sécuritaire. La plupart des parcs éoliens utilisent des disjoncteurs à vide ou des disjoncteurs SF_6 à l'intérieur et à l'extérieur (sous-station).

- Lorsqu'un câble est débranché, vérifier qu'il est marqué et consigné.

Pendant la tâche

- Avant de travailler sur un appareillage de commutation partiellement sous tension (tension dans un élément de l'interconnexion ou un élément de la génératrice, sur l'un des côtés de l'appareillage, par exemple), installer des barrières protectrices (ruban de sécurité rouge).

- Ne jamais ouvrir les obturateurs d'un élément partiellement sous tension.

- Avant d'appliquer une tension d'essai, utiliser des barrières protectrices (surveillant ou ruban de sécurité) pour éviter que quiconque soit exposé à la tension.
- Avant d'appliquer une tension d'essai à un conducteur neutre, vérifier que toutes les connexions sont déconnectées.

Après la tâche

- Consigner, au moyen des formulaires du parc, tous les tests effectués sur l'appareillage de commutation et les disjoncteurs.
- Remettre en fonction tout dispositif de sécurité personnelle désactivé de l'appareillage de commutation avant de rétablir la tension.
- Inspecter (deux personnes) toutes les connexions avant de réinstaller les couvercles.
- La personne qui effectue une déconnexion est chargée de rétablir la connexion correctement. Si cette personne quitte la zone, elle doit indiquer à une autre personne les connexions à rétablir.

Avertissement concernant l'hexafluorure de soufre (disjoncteurs à l'intérieur et à la sous-station) : Fournir aux employés qui travaillent sur des câbles ou des disjoncteurs isolés au gaz une formation sur les précautions particulières à prendre lorsqu'il pourrait y avoir des sous-produits d'hexafluorure de soufre résultant de l'extinction d'arcs électriques. Ces sous-produits sont généralement toxiques et irritants. On peut les éliminer en vue de la maintenance en purgeant les compartiments avec de l'air ou de l'azote sec. Les résidus solides à éliminer sont généralement en grande partie composés de fluorures métalliques. Cette fine poudre absorbe l'humidité et produit du fluorure de soufre et de l'acide fluorhydrique : des substances toxiques et corrosives.

8.5.2 Disjoncteurs à haute tension

Les disjoncteurs à haute tension s'emploient dans les sous-stations extérieures et les autres emplacements qui nécessitent la transmission d'électricité en bloc. Ils sont généralement assignés à des tensions entre 138 kV et 500 kV, et permettent à l'électricité produite par le parc éolien de parvenir au réseau électrique. Les principaux disjoncteurs à haute tension utilisés sont des disjoncteurs à vide et des disjoncteurs SF_6, mais il existe également des disjoncteurs à huile. Dans les parcs éoliens, les disjoncteurs SF_6 les plus courants sont de type « sous enveloppe métallique » ou « blindé », et ceux « à cuve sous tension » servent souvent pour les très hautes tensions.

Avant d'effectuer tout travail sur un disjoncteur à haute tension, inspecter les mises à la terre pour vérifier qu'elles sont en place et solides. Sous hautes tensions, le danger de tension induite devient important; il est vivement recommandé de bien mettre l'appareillage à la terre. Il est aussi fortement déconseillé de grimper sur les traversées du disjoncteur ou d'essayer de les nettoyer alors qu'elles sont sous tension.

Ci-dessus : deux disjoncteurs SF_6 à haute tension. Le mécanisme de commande est situé à l'avant de chaque disjoncteur et peut être hydraulique, pneumatique ou à ressort. Ces disjoncteurs sont sous enveloppe mécanique. Il s'agit du type de disjoncteur SF6 typiquement retrouvé aux sous-stations principales d'un parc éolien.

Avant la tâche

- Avant le début de la tâche, il est recommandé de vérifier la pression du gaz.
  - Le SF_6 se compresse avec le froid.
  - Si la pression du gaz baisse trop, le disjoncteur risque de ne pas fonctionner correctement.
  - Ne pas actionner un disjoncteur si la pression de son gaz est inappropriée.

- Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir les tâches.
- Évaluer les risques et déterminer les mesures à prendre selon la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque.

Pendant la tâche

- Non seulement les disjoncteurs SF_6 émettent des gaz dangereux et toxiques en cas de défaillance, ils représentent aussi un danger environnemental.
  - Faire les travaux sur les disjoncteurs avec soin pour éviter de causer des fuites.
  - Avant d'utiliser un appareil de service de gaz, lire les instructions du fabricant pour connaître les procédures correctes et sécuritaires.
  - Porter l'EPI et les vêtements appropriés.
- Avant de réaliser les tests, isoler le disjoncteur du réseau.
- Vérifier l'absence de tension dans le disjoncteur et évaluer les risques, puis communiquer les résultats pendant une réunion d'information.
- Consigner, au moyen des formulaires du parc, la tenue d'une réunion d'information et les résultats de la vérification d'absence de tension et de l'évaluation des risques.
- Isoler le disjoncteur pour réaliser les tests. Informer les travailleurs des risques de tension induite et de charge électrostatique.
- Empêcher l'accès à la zone autour du disjoncteur en installant un ruban de sécurité au niveau de la taille ou en affectant un travailleur à sa surveillance.

Quoi	Ouvrir un compartiment avant le premier remplissage de SF_6	Ouvrir un compartiment contenant du SF_6 non décomposé (n'ayant jamais éteint d'arc électrique)	Ouvrir un compartiment contenant du SF_6 dont le degré de décomposition est normal ou élevé
Risques potentiels	· Émanations de produit nettoyant · Abaissement de la teneur en O_2 de l'air · SF_6 ou autre gaz résiduel du processus de production	· Émanations de produit nettoyant · Abaissement de la teneur en O_2 de l'air · Gaz résiduel	· Émanations de produit nettoyant · Abaissement de la teneur en O_2 de l'air · Gaz résiduel · Produits actifs résiduels de la décomposition gazeuse · Adsorbants et produits de décomposition sous forme de poussière
Mesures de précaution	· Ventiler · Mesurer la teneur en O_2 au moment d'entrer	· Ventiler · Mesurer la teneur en O_2 au moment d'entrer	· Retirer les adsorbants et les produits de décomposition sous forme de poussière · Ventiler · Mesurer la teneur en O_2 au moment d'entrer · Porter l'EPI approprié
Équipement et outils de sécurité	· Aérateur aspirateur ou aspirateur · Oxymètre	· Aérateur aspirateur ou aspirateur · Oxymètre	· Aérateur aspirateur ou aspirateur · Oxymètre · Vêtements, couvre-chaussures et bonnet de protection à usage unique · Gants résistants aux acides · Masque facial intégral (de préférence), ou au minimum, masque de protection respiratoire · Lunettes de sécurité

Équipement de sécurité requis pour ouvrir les compartiments de SF_6 d'appareillages électriques, tiré de CIGRE 276, *Guide for the Preparation of Customized "Practical SF_6 Handling Instructions*".

- Lire les instructions et les procédures du fabricant et les suivre pendant les tests.
- Les tests de disjoncteurs SF_6 nécessitent de l'équipement spécialisé. Veiller à ce que tout travailleur les effectuant ait suivi une formation pour atténuer les risques relatifs à la sécurité et prévenir les dommages aux disjoncteurs.
- Ne tolérer dans la zone de test aucune personne qui ne prend pas directement part aux tests ou qui n'est pas en formation pour les mener. Veiller à ce que les personnes en formation soient accompagnées en tout temps.

Après la tâche

- Après les tests, porter des gants isolants en caoutchouc et des surgants de cuir appropriés ou laisser la mise à la terre électrostatique en place pour relier le disjoncteur au réseau.
- Une fois le disjoncteur relié au réseau, déconnecter la mise à la terre électrostatique.
- Consigner les résultats de tous les tests et signaler au superviseur des lieux tous les résultats hors spécifications.
- Avant de remettre le disjoncteur sous tension, l'inspecter pour vérifier que ses traversées ne sont pas mises à la terre et qu'aucun autre problème n'empêche son fonctionnement.
- Aviser tous les employés qu'ils doivent demeurer hors de la zone pendant la mise sous tension du disjoncteur.

8.6 Équipement de mesure

L'équipement de mesure comprend tous les dispositifs servant à faire entrer une tension ou un courant (ou un autre signal électrique) dans un appareil électrique pour vérifier que cet appareil peut être utilisé, ainsi que tout équipement servant à mesurer ces grandeurs électriques. L'équipement de mesure peut produire plusieurs résultats, par exemple des valeurs variables de tension et d'intensité du courant, de fréquences et de formes d'onde, qui permettent de repérer les défauts de l'appareillage. Il peut cependant causer de graves incidents de santé et sécurité s'il est utilisé de manière non sécuritaire. Pour éviter de tels incidents, il est recommandé de suivre les conseils ci-dessous.

Avant la tâche

- Avant d'utiliser l'équipement de mesure, lire les instructions du fabricant.
- Avant qu'un employé utilise l'équipement, vérifier qu'il a démontré qu'il peut le faire correctement.
- Avant d'utiliser l'équipement, l'activer et vérifier que son fonctionnement ne causera pas de blessures.
- Avant d'utiliser l'équipement, vérifier que tous les dispositifs de protection sont en place et fonctionnels.
- Avant d'utiliser l'équipement, l'inspecter pour repérer tout défaut qui pourrait rendre son utilisation non sécuritaire, particulièrement ses fils de sortie et ses accessoires.
  - Ne pas enrouler les fils autour des voltmètres et ohmmètres numériques ou analogiques, car cela affaiblit le point d'attache du fil à la fiche.

La fiche avait l'air en bon était, mais il suffisait de tirer un peu pour qu'elle se sépare du reste de la sonde. Cette défaillance a gravement blessé un travailleur, l'invalidant de façon permanente.

- Faire réparer l'équipement défectueux ou inutilisable, ou s'en débarrasser.
- Connecter l'équipement à un disjoncteur de fuite à la terre, soit grâce à une prise ou à une spirale de raccord conçue à cet effet, à moins que le fabricant le déconseille.
- Avant d'utiliser l'équipement, tester le disjoncteur de fuite à la terre et vérifier qu'il fonctionne.

Pendant la tâche

- Porter l'équipement de sécurité recommandé par le fabricant ou le parc éolien.
- Utiliser l'équipement de mesure seulement de la façon recommandée par le fabricant.
- Restreindre l'accès à la zone où l'équipement de mesure est utilisé et où se trouve l'appareillage à tester en installant un ruban de sécurité au niveau de la taille ou en affectant un travailleur à sa surveillance.
- Veiller à ce que chaque employé qui doit utiliser l'équipement de mesure soit préalablement formé à cet effet.
- Si l'équipement de mesure requiert des travaux de maintenance ou de réparation, il est recommandé de les faire faire par une personne ou une entreprise qualifiée en la matière.

Après la tâche

- Inspecter et tester chaque année l'équipement de mesure pour vérifier que son fonctionnement est sécuritaire.
  - Apposer sur l'équipement jugé sécuritaire un autocollant d'approbation paraphé par la personne qui l'a testé et indiquant le nom de cette personne et la date du test.
- Utiliser tout appareil de mesure (p. ex. voltmètre, ampèremètre, appareil de mesure de la qualité énergétique) seulement de la façon recommandée par le fabricant.

9 Matrice décisionnelle

Voici un exemple de matrice décisionnelle pour des tâches particulières (conseils généraux, non propres à un fabricant).

Tâche	Préalables	Dangers potentiels	Appareils, outils et équipement de protection individuelle
3. Maintenance du collecteur tournant d'une génératrice en vue de la mise hors service	· Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir cette tâche. · Rédiger un plan de travail et tenir une réunion d'information avec tous les travailleurs, au besoin. · Être conscient de l'encombrement de la zone de travail et de la nécessité de garder la zone en ordre et d'employer une bonne mécanique corporelle. · Utiliser une bonne mécanique corporelle. Voici quelques symptômes de blessure musculo-squelettique : douleur, irritation, gonflement, engourdissement ou fourmillement, changement de couleur, raideur ou faiblesse d'un membre. · Il est recommandé de signaler l'apparition de l'un ou l'autre de ces symptômes au superviseur afin que des mesures soient prises pour en empêcher l'aggravation.	· Contact avec un conducteur ou un élément sous tension · Foulures et entorses · Glissements et trébuchements · Particules en suspension dans l'air · Position ergonomique · Points de pincement · Espace clos · Niveau de bruit élevé	· Casque · Chaussures de sécurité · Barrières protectrices · Protection individuelle contre les chutes · Système de surveillance atmosphérique · Lunettes de sécurité · Gants de travail · Gants isolants en caoutchouc pour basse tension · Dispositif de protection anti-bruit · Système de récupération pour espaces clos · Appareil respiratoire
4. Sauvetage d'un travailleur blessé dans la tour	· Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir cette tâche. · Présenter la procédure de sauvetage dans le plan de travail sécuritaire écrit et pendant la réunion d'information avec tous les travailleurs. · Respecter les périmètres d'accès de l'appareillage et des conducteurs sous tension. · Être conscient de l'encombrement de la zone de travail et de la nécessité de garder la zone en ordre et d'employer une bonne	· Foulures et entorses · Glissements et trébuchements · Particules en suspension dans l'air · Contact avec un conducteur ou un élément sous tension · Position ergonomique · Points de pincement · Espace clos · Niveau de bruit élevé	· Casque · Chaussures de sécurité · Barrières protectrices · Protection individuelle contre les chutes · Système de surveillance atmosphérique · Lunettes de sécurité · Gants de travail · Gants isolants en caoutchouc pour basse tension · Dispositif de protection anti-bruit · Système de

	mécanique corporelle. · Accorder une attention pleine et entière à la tâche. · Si une situation d'urgence survient pendant la tâche, sécuriser la zone pour empêcher les blessures et dommages supplémentaires et appeler immédiatement les secours d'urgence, conformément au plan de travail.		récupération pour espaces clos · Appareil respiratoire
5. Installation et retrait d'équipement générateur au sommet de la tour	· Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir cette tâche. · Obliger tous les travailleurs affectés à cette tâche à porter des chaussures de sécurité, un casque, un système d'arrêt de chute et des lunettes de sécurité avec protection contre les rayons infrarouges et ultraviolets. · Porter des vêtements luminescents ou ignifugés au besoin. · À l'intérieur des périmètres d'accès de l'appareillage sous tension, porter des protège-bras et des gants de caoutchouc de classe appropriée. · Avant l'utilisation, inspecter tout l'équipement de protection individuelle, l'équipement de plastique renforcé, les vêtements de travail et les protège-bras et gants de caoutchouc. · Rédiger un plan de travail et tenir une réunion d'information avec tous les travailleurs, au besoin. · Être conscient de l'encombrement de la zone de travail et de la nécessité de garder la zone en ordre. · Utiliser une bonne mécanique corporelle. Voici quelques symptômes de blessure musculo-squelettique : douleur, irritation, gonflement, engourdissement ou fourmillement, changement de couleur, raideur ou faiblesse d'un membre. · Il est recommandé de signaler	· Mauvaise communication · Défaillance de l'équipement · Utilisation de l'équipement · Glissements et trébuchements · Circulation automobile et piétonnière · Chute en hauteur · Chute d'objet · Arc électrique · Choc électrique · Problèmes de levage	· Vêtements luminescents · Barrières protectrices · Protection contre les chutes · Contrôle de la circulation · Affichage · Mise à la terre et fanions temporaires · Casque · Chaussures de sécurité

		l'apparition de l'un ou l'autre de ces symptômes au superviseur afin que des mesures soient prises pour en empêcher l'aggravation. · Accorder une attention pleine et entière à la tâche. Rester concentré.		
6.	**Excavation de tranchée et installation et récupération de conducteur**	· Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir cette tâche. · Obliger tous les travailleurs affectés à cette tâche à porter des chaussures de sécurité, un casque, des lunettes de sécurité ainsi que, au besoin, un écran facial, un passe-montagne, des vêtements ignifugés ou luminescents et un dispositif de protection anti-bruit. · Rédiger un plan de travail et tenir une réunion d'information avec tous les travailleurs, au besoin. Examiner le tracé du conducteur pour relever les dangers éventuels. · Respecter les périmètres d'accès de l'appareillage sous tension. · Être conscient de l'encombrement de la zone de travail et de la nécessité de garder la zone en ordre. · Utiliser une bonne mécanique corporelle. Voici quelques symptômes de blessure musculo-squelettique : douleur, irritation, gonflement, engourdissement ou fourmillement, changement de couleur, raideur ou faiblesse d'un membre. · Il est recommandé de signaler l'apparition de l'un ou l'autre de ces symptômes au superviseur afin que des mesures soient prises pour en empêcher l'aggravation. · Accorder une attention pleine et entière à la tâche. Rester concentré.	· Chute en hauteur · Météo · Instabilité du sol · Mauvaise communication ou manque de communication	· Protection contre les chutes et arrêt de chute · Contrôle de la circulation · Mise à la terre · Plan de travail ou réunion d'information · Dispositif de condamnation de boîtier de commande · Périmètres d'accès · Positionnement adéquat des véhicules
7.	**Batteries (système d'alimentation sans interruption et système de commande pour courant continu)**	· Seuls des travailleurs qualifiés et autorisés ou des personnes formées et supervisées directement par un travailleur qualifié et autorisé peuvent accomplir cette tâche. · Obliger tous les travailleurs affectés	· Choc électrique, courant continu · Éclat d'arc, courant continu · Dangers pour la santé	· Casque · Lunettes de sécurité · Chaussures de sécurité · Gants de travail en cuir

	à cette tâche à porter des chaussures de sécurité, des lunettes de sécurité et un casque. · Être conscient de l'encombrement de la zone de travail et de la nécessité de garder la zone en ordre. · Utiliser une bonne mécanique corporelle. Voici quelques symptômes de blessure musculo-squelettique : douleur, irritation, gonflement, engourdissement ou fourmillement, changement de couleur, raideur ou faiblesse d'un membre. · Il est recommandé de signaler l'apparition de l'un ou l'autre de ces symptômes au superviseur afin que des mesures soient prises pour en empêcher l'aggravation. · Accorder une attention pleine et entière à la tâche. Rester concentré.	· Produits chimiques · Atmosphère explosive · Fuite ou migration de gaz · Foulures et entorses · Glissements, trébuchements et chutes · Maintien de la zone de travail en ordre

10 Autres ressources

10.1 Intervention et sauvetage d'urgence

10.1.1 Objectif

Que tout le personnel effectuant des travaux en hauteur sur l'éolienne soit préparé à aider ou à faire descendre un employé blessé se trouvant dans un poste de travail en hauteur.

10.1.2 Plan de sauvetage

Tout l'équipement utilisé comme protection contre les chutes doit être conforme à la norme ANSI Z359.1 et aux lois provinciales et fédérales en vigueur. Tous les employés effectuant des travaux en hauteur doivent avoir suivi une formation officielle sur la sécurité et le sauvetage dans la tour, conformément aux exigences de la direction du parc éolien. Conserver en tout temps sur le site une preuve de l'accréditation des employés.

Les parcs éoliens doivent avoir leurs propres procédures et plan de sauvetage, et procédures après sauvetage. Les afficher sur place dans un endroit visible à tous les employés.

Pour que tous les employés connaissent l'ensemble des dangers, des méthodes de maîtrise du risque et des procédures de sauvetage, leur faire lire les consignes d'urgence du parc éolien et l'évaluation du lieu de travail, qui doivent comprendre :

- la méthode de sauvetage et l'équipement à utiliser;
- l'emplacement de la trousse de premiers soins, des téléphones et de l'équipement de sauvetage;
- l'emplacement précis de l'éolienne;
- des directives concernant l'accès des services d'urgence au lieu de travail;
- tous les numéros d'urgence et l'adresse des services d'urgence les plus près.

Avant le début des travaux, tenir une réunion d'information avec l'équipe pour discuter des renseignements ci-dessus en plus des dangers et de la portée des travaux.

10.1.3 Conditions de travail sécuritaire

Il est recommandé de procéder quotidiennement à une inspection des zones de travail pour vérifier qu'elles sont sécuritaires. Voici quelques exemples d'exigences de sécurité pour les parcs éoliens :

- Garder les tours et les sous-stations propres et en ordre.
- Garder les échelles et les autres moyens de grimper dans les tours dégagés.
  - Par mauvais temps, enlever la glace dans la mesure du possible.
- Lorsque la foudre se situe à l'intérieur de la distance établie par l'exploitant du parc, il est recommandé de suspendre les travaux en haut de la tour jusqu'à ce que les conditions soient de nouveau sécuritaires.
- Garder le bureau et l'entrepôt libres de débris et d'autres objets pouvant faire trébucher.
- Consigner, photographier (si possible) et signaler au superviseur des lieux toute condition non sécuritaire le plus rapidement possible.
- Corriger au plus vite toute condition non sécuritaire.
- Pour assurer la sécurité des conditions de travail, effectuer et consigner une analyse des risques de toutes les tâches.
- Ne pas permettre ou demander à un employé de faire une tâche pour laquelle il n'est pas qualifié.
- Lorsqu'un employé croit que quelque chose n'est pas sécuritaire, l'autoriser à suspendre le travail jusqu'à ce que la situation soit corrigée ou qu'il ait reçu des conseils sur la façon de procéder.
- Assigner le contrôle de l'équipement mécanique, comme les grues et les monte-personnes, uniquement à des personnes qualifiées pour cette tâche.
- Lorsqu'une tâche requiert de l'équipement mécanique, n'autoriser dans la zone de travail que les employés qui y participent directement.
- N'autoriser que des personnes qualifiées à entrer dans la zone de la sous-station.
  - Les employés peuvent être qualifiés pour réaliser des tâches comme le maintien des zones en ordre ou le contrôle de la végétation.

10.2 Formation en électricité pour travailleurs qualifiés et non qualifiés

Il est recommandé de suivre les lignes directrices de l'annexe A en ce qui concerne la formation des employés, des superviseurs et des cadres de parcs éoliens. La matrice de formation se divise en quatre catégories : personnes non qualifiées (niveau 0); personnes qualifiées pour des tensions de 1 000 V et moins (niveau 1); personnes qualifiées pour des tensions de plus de 1 000 V (niveau 2); et superviseurs (niveau 3).

10.2.1 Exigences concernant la fréquence de formation

Au minimum, les employés doivent suivre une formation sur la sécurité électrique lorsqu'ils se joignent à l'entreprise et lorsque leurs tâches changent. L'article 4.1.6.4.3 de la norme CSA Z462 recommande qu'ils en suivent une au moins tous les trois ans et lorsque les situations ci-dessous se présentent. Il faut consigner toutes ces formations.

- La supervision ou les inspections annuelles indiquent que le travailleur ne se conforme pas aux pratiques sécuritaires.
- Il faut mettre en œuvre des pratiques sécuritaires différentes de celles habituellement utilisées en raison de nouvelles technologies, de nouveaux types d'appareillage ou de changement de procédures.
- Le travailleur doit mettre en œuvre des pratiques sécuritaires peu courantes pour ses tâches habituelles.

Annexe A

11 Matrice de formation pour les opérateurs de réseaux, les techniciens et les superviseurs des parcs éoliens

11.1 Travailleurs qui sont des personnes non qualifiées

Définition : employés qui travaillent à proximité d'appareillage et de réseaux électriques sous tension correspondant à la définition d'« appareillage fonctionnant normalement » et qui ne sont pas considérés comme étant « qualifiés ». CSA 462-18, article 4.3.2.2.4 :

- L'appareillage est installé correctement.
- L'appareillage est maintenu correctement.
- L'appareillage est utilisé conformément aux instructions applicables du *Code canadien de l'électricité, Deuxième partie* et aux instructions du fabricant.
- Les portes de l'appareillage sont fermées et verrouillées.
- Les couvercles de l'appareillage sont installés et verrouillés.
- Il n'y a aucun signe de défaillance imminente.

Le *Code canadien de l'électricité, Deuxième partie* définit les exigences de sécurité relatives aux installations électriques.

ASSURER LA MAINTENANCE CONFORMÉMENT AUX INSTRUCTIONS DU FABRICANT ET AUX NORMES CONSENSUELLES NATIONALES

Comme le précise la norme CSA Z462-18, pour qu'un appareillage soit considéré comme « correctement installé », il doit l'être conformément aux normes et aux codes de l'industrie qui s'appliquent ainsi qu'aux recommandations du fabricant. Le critère est le même pour qu'il soit considéré comme « correctement maintenu ». Parmi les signes de défaillance imminente, citons la production d'arcs électriques, la surchauffe, des pièces desserrées ou collées et les dommages et l'usure visibles.

En raison des tensions dangereuses qui s'y trouvent, à cause d'éléments conducteurs à découvert dont la tension et la distance par rapport au sol ou à des éléments de potentiels différents varient grandement, une personne non qualifiée ne doit pas entrer dans une sous-station sans être accompagnée en permanence par une personne qualifiée.

11.2 Personnes qualifiées

Définition : employés pouvant travailler de façon sécuritaire à proximité d'appareillage et de systèmes électriques sous tension « dans des conditions de fonctionnement normales et anormales ».

Les conditions sont anormales lorsque le travailleur doit employer des pratiques qui pourraient l'exposer à des dangers ou à des risques électriques, ou qui devraient uniquement être mises en œuvre en cas d'urgence ou de problème de sécurité. Pour l'industrie éolienne, ce pourrait être lorsqu'il y a du vent mais que l'installation ne produit pas d'électricité.

La norme Z462 exige la « compétence ».

PROUVEZ-MOI QUE VOUS POUVEZ FAIRE LA TÂCHE DE FAÇON SÉCURITAIRE.

Les **dangers électriques** (choc, éclat d'arc et explosion) sont ce à quoi s'exposent les employés qui travaillent à l'intérieur des périmètres d'accès limité ou de protection contre les éclats d'arcs établis autour d'éléments et de conducteurs à découvert.

La norme CSA Z462 définit comme suit la *personne (travailleur) qualifiée : personne ayant des compétences et des connaissances adéquates relativement à la conception et à l'exploitation d'appareillages et d'installations électriques et ayant reçu une formation en sécurité afin d'identifier les dangers et d'atténuer les risques connexes.*

L'article 4.1.7.1.6 sur les documents de formation en sécurité électrique indique ce qui suit :

L'employeur doit confirmer par des documents que chaque travailleur a reçu la formation exigée par l'article 4.1.7.1.1.

Ces documents doivent :

a) *être rédigés lorsque le travailleur démontre sa maîtrise des pratiques de travail en question;*

b) *être conservés pendant toute la durée d'emploi du travailleur;*

c) *préciser le contenu de la formation, le nom de chaque travailleur qui l'a suivie et la date des séances de formation.*

Notes

1) Le contenu de la formation peut se composer du programme ou du plan de cours, d'un résumé, de la table des matières ou des objectifs de formation.

2) Cette exigence est convenablement remplie par des dossiers d'emploi qui indiquent que le travailleur a reçu la formation requise.

Formations supplémentaires requises

Un travailleur doit suivre au moins tous les trois ans une formation sur les pratiques de travail sécuritaire et les changements apportés à la présente norme, afin d'en demeurer bien au fait, et doit recevoir une formation supplémentaire dans les cas suivants :

a) *La supervision ou les inspections annuelles indiquent que le travailleur ne se conforme pas aux pratiques sécuritaires.*

b) *Il faut mettre en œuvre des pratiques sécuritaires différentes de celles habituellement utilisées en raison de nouvelles technologies, de nouveaux types d'appareillage ou de changement de procédures.*

c) *Le travailleur doit réaliser une tâche qui se fait moins d'une fois par année.*

d) *Le travailleur doit mettre en œuvre des pratiques sécuritaires peu courantes pour ses tâches habituelles.*

e) *Il y a des changements dans les tâches attribuées au travailleur.*

Recommandations pour la formation de personnes qualifiées et non qualifiées

En raison des dangers associés à l'exploitation d'appareillages de production, de transmission et de distribution, les travailleurs doivent avoir suivi une formation propre au parc et à l'appareillage et démontré leurs compétences pour être considérés comme étant qualifiés. Généralement, une personne non qualifiée peut exploiter un tel appareillage seulement si la tâche ne présente aucun danger électrique, même en cas de défaillance.

12 Formation de personnes non qualifiées

Quiconque pourrait être exposé à des dangers électriques doit comprendre comment l'exposition peut avoir lieu et comment éviter d'en subir des blessures, conformément à la norme CSA Z462-18, laquelle précise que l'exigence s'applique aux opérateurs, aux techniciens et aux autres personnes qui travaillent avec de l'appareillage ou des réseaux électriques. La façon dont les réseaux sont conçus empêche les personnes non qualifiées d'entrer dans certaines zones, mais n'élimine pas l'exposition aux dangers. De manière générale, les activités des personnes non qualifiées devraient être restreintes à l'extérieur du périmètre clôturé autour de la sous-station; ces personnes ne devraient pas avoir à y entrer pour effectuer une inspection, de la collecte de données ou toute autre activité.

Les tableaux ci-dessous ont été élaborés par Shermco Industries et visent le respect des exigences minimales relatives à la réalisation des tâches dans l'industrie éolienne. Ils reposent sur les articles 4.1.6 et 4.1.7 de la norme CSA Z462-18.

12.1 Niveau 0 – Sécurité électrique – Personnes non qualifiées

Exigences réglementaires	· Norme CSA Z195-M1984, *Chaussures de protection,* français 12/84, anglais 3/86, article 12.5(1) · Norme CSA Z462, *Sécurité électrique au travail* · D'autres normes pertinentes figurent à l'annexe B, *Lois fédérales et provinciales*
Compétences fondamentales	· Comprendre le programme, les politiques, les procédures et les critères d'intervention d'urgence en matière de sécurité électrique · Reconnaître les dangers électriques · Comprendre comment l'exposition peut avoir lieu · Éviter les blessures · Comprendre les périmètres d'accès · Connaître les procédures simples de cadenassage et d'étiquetage · Utiliser correctement les prises et les rallonges électriques · Porter et utiliser correctement l'EPI
Fréquence de formation	· Formation initiale · Formation tous les trois ans, conformément à la norme CSA Z462 · Les travailleurs qui, selon le superviseur responsable, ne font pas preuve des compétences et des connaissances requises (déterminées par le superviseur) devront suivre une formation supplémentaire dont la portée est à la discrétion du superviseur.

13 Personnes qualifiées – Tension inférieure à 1 000 VCA

Ce programme est la première partie de la formation visant à qualifier les ouvriers en électricité afin qu'ils puissent réaliser des tâches qui pourraient les exposer à des dangers électriques. Pour le suivre, les travailleurs doivent posséder les compétences techniques requises. Le programme a pour but de leur fournir les compétences et les connaissances dont ils ont besoin pour réaliser leurs tâches de façon sécuritaire alors qu'ils s'exposent aux dangers et aux risques associés à la basse tension (moins de 1 000 VCA).

Exigences réglementaires	· Norme CSA Z195-M1984, *Chaussures de protection,* français 12/84, anglais 3/86, article 12.5(1) · Norme CSA Z462, *Sécurité électrique au travail* · D'autres normes pertinentes figurent à l'annexe B, *Lois fédérales et provinciales*
Compétences fondamentales	· Comprendre les politiques et les procédures de l'entreprise · Comprendre l'effet des dangers électriques sur les tissus organiques · Identifier les dangers électriques typiques des installations de l'entreprise · Déterminer et comprendre le niveau de danger (choc et arc électriques et explosion) · Limiter le risque par la position corporelle · Inspecter et utiliser correctement l'équipement de test de tension, et en comprendre les indications · Placer l'appareillage et les circuits électriques dans un état sécuritaire · Choisir, utiliser, inspecter et entretenir l'EPI · Connaître les techniques d'évaluation des risques · Connaître les distances à maintenir autour de l'appareillage · Déterminer et comprendre les périmètres d'accès limité et restreint · Déterminer le périmètre de protection contre les éclats d'arcs · Installer les barrières protectrices et la signalisation

14 Personnes qualifiées – Tension supérieure à 1 000 VCA

Ce programme vise à qualifier les ouvriers en électricité en ce qui concerne les risques, les procédures et les exigences particulières associés à la réalisation de tâches à proximité d'appareillage électrique sous une tension supérieure à 1 000 VCA. Il alloue un certain temps à la démonstration des compétences, mais davantage de temps pourrait être nécessaire selon les exigences propres au parc.

Exigences réglementaires	· Norme CSA Z195-M1984, *Chaussures de protection,* français 12/84, anglais 3/86, article 12.5(1) · Norme CSA Z462, *Sécurité électrique au travail* · D'autres normes pertinentes figurent à l'annexe B, *Lois fédérales et provinciales*
Compétences fondamentales	· Comprendre les politiques et les procédures de l'entreprise · Comprendre l'effet des dangers électriques sur les tissus organiques · Identifier les dangers électriques typiques des installations de l'entreprise · Déterminer et comprendre le niveau de danger (choc et arc électriques et explosion) · Limiter le risque par la position corporelle · Inspecter et utiliser correctement l'équipement de test de tension, et en comprendre les indications

	· Placer l'appareillage et les circuits électriques dans un état sécuritaire · Choisir, utiliser, inspecter et entretenir l'EPI · Connaître les techniques d'évaluation des risques · Connaître les distances à maintenir autour de l'appareillage · Déterminer et comprendre les périmètres d'accès limité et restreint · Déterminer le périmètre de protection contre les éclats d'arcs · Installer les barrières protectrices et la signalisation · Exploiter l'appareillage d'un réseau électrique sous haute tension, comme les interrupteurs et les disjoncteurs · Inspecter l'appareillage d'un réseau électrique pour évaluer son état de maintenance

15 Sécurité électrique pour les superviseurs

La formation en sécurité électrique pour les superviseurs est plus poussée que celle destinée aux techniciens et aux autres travailleurs, car les superviseurs doivent garantir la sécurité de leur équipe. Ce programme d'une journée est entièrement théorique et donné sous forme de présentation. Son contenu est orienté par des exercices pratiques et les interventions des participants. Il se concentre sur les connaissances dont les superviseurs ont besoin pour assurer la sécurité du lieu de travail.

15.1 Niveau 3 – Sécurité électrique – Superviseurs

Exigences réglementaires	· Norme CSA Z195-M1984, *Chaussures de protection,* français 12/84, anglais 3/86, article 12.5(1) · Norme CSA Z462, *Sécurité électrique au travail* · D'autres normes applicables figurent à l'annexe B, *Lois fédérales et provinciales*
Compétences fondamentales	· Comprendre le rôle du superviseur dans le programme de sécurité électrique · Comprendre le permis de travail sous tension et la hiérarchie des méthodes de maîtrise du risque · Comprendre le programme de l'EPI et les rôles et responsabilités du superviseur, notamment l'inspection et le choix de l'EPI, la formation sur l'EPI et l'utilisation de l'EPI par les employés · Réaliser et analyser les évaluations des risques · Comprendre la différence entre le personnel qualifié et non qualifié ainsi que les responsabilités de chacun · Comprendre la base des procédures de cadenassage et d'étiquetage ainsi que les exigences de vérification annuelle · Comprendre le rôle du superviseur dans l'application du programme de sécurité électrique (p. ex. mener et consigner les inspections) · Comprendre la responsabilité du superviseur dans l'élaboration de procédures de sauvetage de base · Comprendre la structure du réseau de sécurité des installations de l'organisation · Comprendre les procédures simples et complexes de cadenassage et d'étiquetage · Connaître les distances à maintenir autour de l'appareillage · Comprendre la base de la théorie sous-tendant l'analyse du danger d'éclat d'arc

15.2 Démonstration supplémentaire des connaissances et des compétences

Jusqu'à ce que les employés qualifiés aient démontré leur maîtrise des pratiques de travail requises, il faut les considérer comme des employés en formation en cours d'emploi et veiller à ce qu'une personne qualifiée les supervise directement en tout temps. En effet, conformément à la définition de « personne qualifiée », l'employé doit avoir démontré qu'il peut effectuer sa tâche de façon sécuritaire, selon son niveau de formation.

Il faut consigner les séances de formation pratique suivies dans le cadre des programmes de formation pour satisfaire aux exigences de formation de la norme CSA Z462.

Annexe B

16 Lois fédérales et provinciales

Les lois sont susceptibles de changer. Les superviseurs devraient consulter la plus récente version des documents réglementaires applicables à l'endroit où le travail est exécuté. Les normes ne sont pas des lois, mais elles peuvent être incorporées ou mentionnées, en tout ou en partie, dans des lois ou des règlements, ce qui en fait des exigences juridiques. Les documents de référence énumérés ci-dessous donnent une idée du type d'exigences pertinentes qui existent, mais cette liste ne doit pas être considérée comme exhaustive ou à jour. Il convient de consulter directement ces lois et règlements, comme toute autre loi applicable, pour connaître les exigences exactes.

Lieu	Grand sommaire des règlements sur la santé et la sécurité au travail
Canada	*Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail,* DORS/86-304, paragraphe 8.4(2) Norme CSA Z195-M1984, *Chaussures de protection,* français 12/84, anglais 3/86, article 12.5(1)
Alberta	*Occupational Health and Safety Act 2009* de l'Alberta, paragraphes 232(1), 233(2) et 804(1)
Colombie-Britannique	*Occupational Health and Safety Regulations (296/97)* de la Colombie-Britannique, paragraphe 8.11(3), alinéa 8.14(2)b) et paragraphes 8.22(3) et 19.10(3)
Manitoba	*Règlement sur la sécurité et la santé au travail (c. W210 de la C.P.L.M.)* du Manitoba, partie 1, alinéa 6.10(1)b), paragraphe 6.14(2), alinéa 38.14(2)f) et paragraphe 38.14(4)
Nouveau-Brunswick	*Règlement du Nouveau-Brunswick 91-191 pris en vertu de la Loi sur l'hygiène et la sécurité au travail (D.C. 91-1035),* partie I, paragraphe 289(1), article 288 et alinéa 294(2)a)
Terre-Neuve-et-Labrador	*Regulation 5/12 under the Occupational Health and Safety Act (O.C. 2012-005)* de Terre-Neuve et Labrador, partie I, paragraphes 80(3) et 82(1), et alinéas 484(2)b) et 490(2)c)
Nouvelle-Écosse	*Occupational Safety General Regulations made under Section 82 of the Occupational Health and Safety Act, S.N.S. 1996, c. 7.*, paragraphes 123(1) et (2), et 124(2)
Territoires du Nord-Ouest	*Règlement sur la santé et la sécurité au travail,* paragraphes 94(2) et 98(3), et sous-alinéa 460(8)a)(iii)
Nunavut	*Codification administrative du Règlement général sur la sécurité,* paragraphe 44(1)
Ontario	*Règlement sur les établissements industriels en vertu de la Loi sur la santé et la sécurité au travail,* paragraphes 42.1(2) et 42.1(3)
Île-du-Prince-Édouard	*Occupational Health and Safety Act General Regulations,* paragraphes 36.5(2), (3), (4) et (5), article 36.10 et alinéa 36.17(a)
Québec	*Règlement sur la santé et la sécurité au travail,* paragraphe 344(2)
Saskatchewan	*The Occupational Health and Safety Regulations* under the *Occupational Health and Safety Act,* paragraphes 91(3), 94(3) et 97(2), et sous-alinéa 465(5)a)(iii)
Yukon	*Règlement sur la santé au travail* en vertu de la *Loi sur la santé et la sécurité au travail* du Yukon, alinéa 1.13(c), article 1.14, alinéa 1.18(a), article 1.22, et alinéas 9.07(3)a) et 9.09(2)c)

Annexe C

17 Formulaire d'analyse préliminaire

Le formulaire d'analyse préliminaire présenté ici n'est qu'une suggestion. Chaque parc éolien peut élaborer ses propres formulaires, selon ses besoins. Le plus important est de veiller à ce que les formulaires couvrent tous les dangers attendus des tâches typiquement menées. Des formulaires particuliers pourraient être requis pour les tâches spéciales qui dépassent la portée de cet exemple.

Il faut remplir un formulaire d'analyse prioritaire avant le début de toute tâche présentant un danger et l'utiliser pendant la réunion d'information. Ce formulaire signale aux travailleurs les dangers et les risques susceptibles d'être présents, et renforce la culture de sécurité.

Pre - Task Analysis

Project Name: **Project #:** **Date:**

Location: **Submitted By:**

The PTA will be completed daily by the crew leader for all major tasks. Employees involved in the tasks will sign the PTA. At the end of the task, turn this form in to the ICU Medical project manager. Deviations from known safe work practices or procedures require work to be stopped immediately.

Task / Activity Description:			
AHA #:	Employees trained on the AHA? ☐Yes ☐No	Does task require special training? ☐Yes ☐No If Yes, note in certifications below, or Other:	
Communication plans: In place? ☐Yes ☐No	Communication Method(s):	**Emergency Number:**	
DAP - Designated Assembly Points	**Primary**	**Secondary**	
Safety Equipment:	Safety shower & Eyewash location(s):	First Aid Kit Location(s):	**AED Location & #:**
Wind: Direction: Speed: mph/knots	**Weather** conditions:	Temperature: °F	Weather acceptable for task? ☐Yes ☐No
Nearest Hospital:		**Nearby Occupational Health Clinic:**	
Contaminants of Concern:		EHS Department involved in planning this job? ☐Yes ☐No ☐N/A	
Air Monitoring Equipment: ☐H2S Monitor ☐4-Gas ☐Other: ☐N/A		Calibration/Bump Test Date:	

Standard PPE is Required: safety-toed footwear w/6" upper & defined heel, shirt w/ 4" sleeve, long pants, safety glasses w/ side shields, hardhat and ARC clothing

Additional job/task specific PPE required? ☐Yes ☐No If Yes, indicate below	**Environmental PPE:** ☐ Level D (Std.) ☐ Level D(modified) ☐ Level C ☐ Level B ☐ Level A	
Fall Protection	☐Full Body Harness ☐SA Lanyard ☐SR Lanyard ☐Roof clamps ☐Life Lines ☐Guardrails ☐Barricades ☐Hole Covers	☐Other
Eye/Head/Face	☐Mono goggles ☐Full face shield ☐Chemical goggles ☐Welding/Cutting lenses ☐Welding hood	☐Other
Respirator	**Air:** ☐SCBA ☐Supplied **APR:** ☐Full Face ☐½ face ☐Hood **Cartridges:** ☐Particulate ☐HEPA ☐Chemical ☐Combination Cartridge	☐Other
Foot	☐Rubber boots ☐Chemical Boots ☐Ice cleats ☐Metatarsal guards ☐EH Rated	☐Other
Hand(Gloves)	☐Leather general ☐Chemical Resistant ☐Cut resistant ☐Gripping ☐Driving ☐Welding ☐Cryogenic ☐Heat Resistant ☐Electrical	☐Other
Special Clothing	☐Coveralls ☐Chemical Resistant ☐FRC Welding ☐ARC Electric ☐FRC Fire ☐Reflective Vest ☐Cooling Vest ☐Wind Resistant ☐Raincoat	☐Other

Daily inspections completed - ☐Yes ☐No	**Utilities Contacted (One Call)** ☐Yes ☐No **Date:**	**Utility contact (Name)**	**Utilities Located** ☐Yes ☐No

Permits/Plans/Procedures/Programs - Required and IN-PLACE: ☐Yes ☐No; Check as appropriate — **Name of competent person(s):**

☐Excavation/Trenching	☐LOTO	☐Confined Space Entry	☐Cranes/Critical Lifts	☐Abatement- Asbestos	☐System Testing	☐Lead Abatement
☐Hot Work	☐Steel Erection	☐Geo Drilling/Pushing	☐Materials Storage/Handling	☐Heat/Cold Stress	☐Line Breaking/Hot Tapping	☐High Voltage Electrical
☐Fall Protection	☐Scaffolds	☐Signs/Barricades	☐Railway/Blue Flag/De-railer	☐Demolition	☐Housekeeping	☐Blasting/Explosives
☐Decontamination	☐	☐Hazardous Waste	☐Other (Specify)			

Employee Certification's Required: ☐Yes ☐No	☐Crane Operator ☐Rigging ☐Signalman	☐Scaffold Erection ☐Confined Space Entry ☐Fall Protection	☐Mobile Equipment Operator ☐Forklift Operator ☐Powder Actuated Tool User	☐High Voltage ☐LOTO ☐Welding & Cutting	☐Lead or Asbestos ☐HAZWOPER ☐Radiation	☐Safeland/gulf ☐CPR/First Aid

List all hazards associated with this task! (Refer to the AHA and include the daily activities.)	Involved crew members participation report all incidents/accidents, near misses and property damage		SAFETY ASSIGNMENT POST TASK ASSESSMENT
	Sign in at start of shift	Sign out at end of shift	1 Was anyone injured or did an unplanned incident occur today? ☐ Yes ☐ No If yes; Explain.
			2 Was the injury or incident reported to the EHS department? ☐ Yes ☐ No ☐ N/A If no; Explain.
			3 What problems did you have with today's work assignment?
			4 What can be done tomorrow to improve performance?
Actions taken to eliminate/control hazards?			5 Number of TSOs completed:
			Example Potential Hazards
			Electrical shock/burn · **Noise** · **Radiation- Ionizing/Non-ionizing** · **Overhead work/Dropped materials** · **Falls** · **Poor work position** · **Repetitive motion** · **Lifting: manual/mechanical** · **Confined space** · **Rough/Sharp material** · **Slippery/Uneven surfaces** · **Excavations/Trenches** · **Compressed Air/Gases** · **Weather conditions** · **Moving machinery Pinch points** · **Hot surfaces** · **Flammable/combustible Chemicals (SDS)** · **Asbestos, Lead, Silica** · **Flying particles** · **Poor lighting** · **Mobile Traffic** · **Welding fume/arc** · **Heat/Cold Stress** · **Pressurized systems** · **Ladders/Scaffolds/Stairs** · **Power/Hand tools**
Crew Leader's Signature **Date**	**Manager Signature** **Date**		**RETURN TO EHS DEPARTMENT** **Received By** **Date**

Annexe D

18 Exemple de permis de travail sous tension

Le permis de travail sous tension, dont un exemple est donné ici, doit être utilisé lorsqu'un travailleur s'apprête à réaliser une tâche et que l'appareillage ou le circuit ne peut pas être mis hors tension. Habituellement, ce permis est propre à une tâche et sert à évaluer les dangers de choc électrique et d'éclats d'arcs, à déterminer les périmètres de protection contre les chocs électriques et les éclats d'arcs, à choisir l'EPI requis et à obtenir l'autorisation pour effectuer le travail sous tension. Il garantit ainsi que les personnes non qualifiées n'effectuent aucune tâche qu'elles ne devraient pas faire.

Cet exemple est la figure J.1 de l'annexe informative J de la norme CSA Z462-18, et est le permis requis par l'article 4.3.2.3.2.

ENERGIZED ELECTRICAL WORK PERMIT

PART I: TO BE COMPLETED BY THE REQUESTER

Job/work order number: _____

(1) Description of circuit/equipment/job location: _____

_____

(2) Description of work to be done: _____

_____

(3) Justification for why the circuit/equipment cannot be de-energized or the work deferred until the next scheduled outage:

_____

_____

_____ _____

Requester/Title Date

PART II: TO BE COMPLETED BY THE ELECTRICALLY QUALIFIED PERSONS DOING THE WORK

Check when complete

(1) Detailed description of the job procedures to be used in performing the above-detailed work: _____ ☐

_____

_____

(2) Description of the safe work practices to be employed: _____ ☐

(3) Results of the shock risk assessment:

(a) Limited approach boundary _____ ☐

(b) Restricted approach boundary _____ ☐

(c) Necessary shock personal and other protective equipment to safely perform the assigned task _____ ☐

_____ ☐

(4) Results of the arc flash risk assessment:

(a) Available incident energy at the working distance or arc flash PPE category _____ ☐

(b) Arc flash boundary _____ ☐

(c) Necessary arc flash personal and other protective equipment to safely perform the assigned task ___ ☐

_____ ☐

(5) Means employed to restrict the access of unqualified persons to the work area: _____ ☐

_____

(6) Evidence of completion of a job briefing, including discussion of any job-related hazards: _____ ☐

_____

(7) Do you agree the above described work can be done safely? ☐ Yes ☐ No (If no, return to requester)

_____ _____

Electrically qualified person(s) Date

_____ _____

Electrically qualified person(s) Date

PART III: APPROVAL(S) TO PERFORM THE WORK WHILE ELECTRICALLY ENERGIZED

_____ _____

Manufacturing manager Maintenance/engineering manager

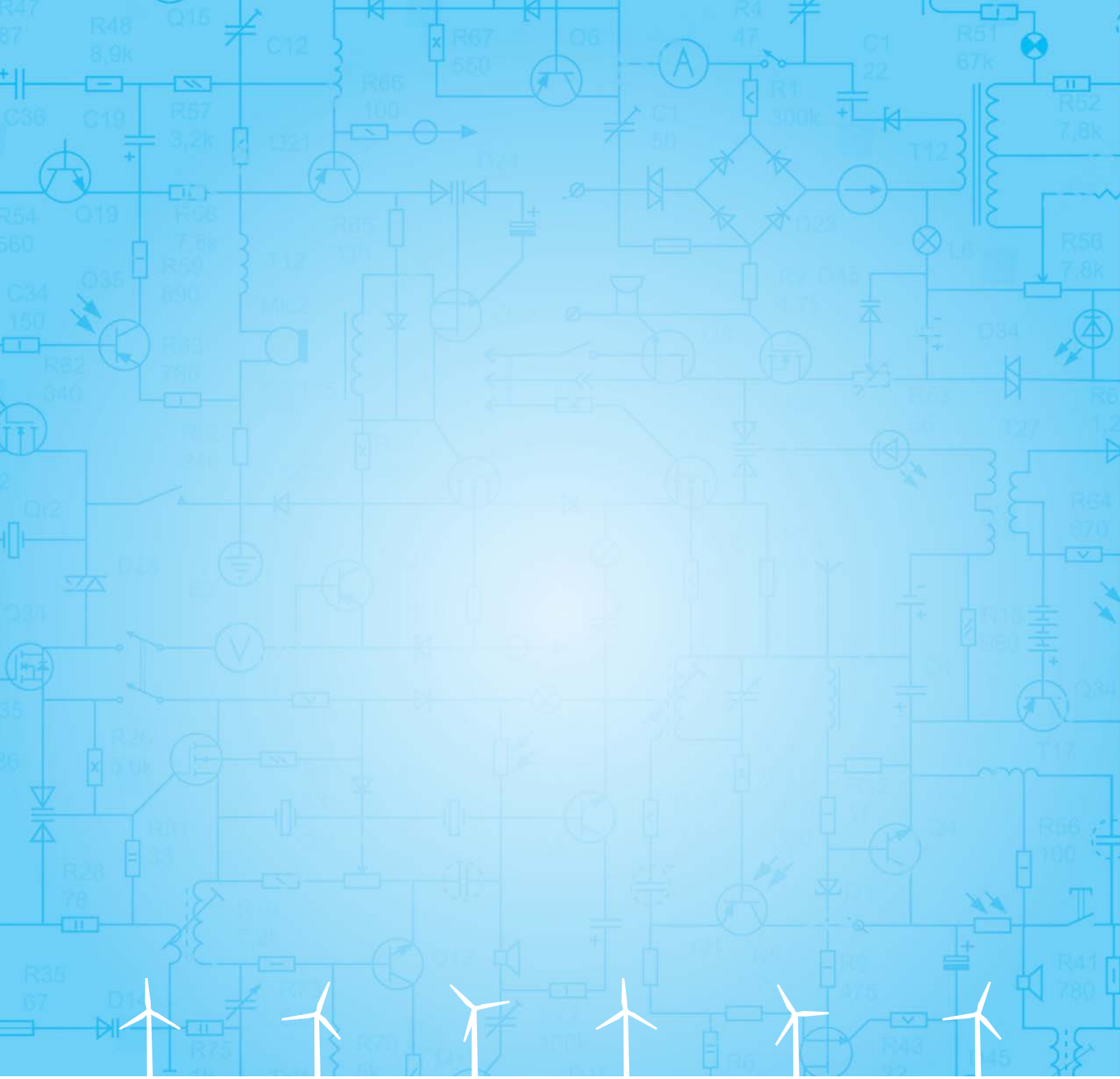
_____ _____

General manager Electrically knowledgeable person

_____ _____

Safety manager Date

Note: Once the work is complete, forward this form to the site safety department for review and retention



canwea

CANADIAN WIND ENERGY ASSOCIATION | ASSOCIATION CANADIENNE DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

www.canwea.ca/fr