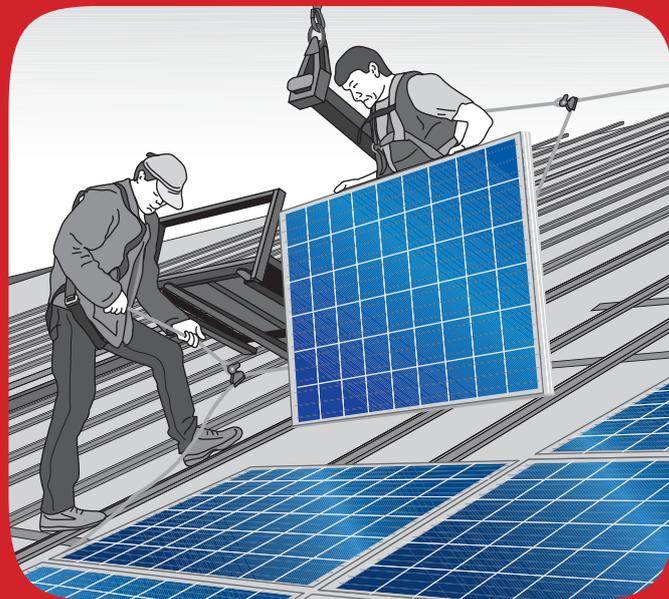


POSE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Préparation
d'un chantier



INTRODUCTION

Aujourd'hui, les chantiers de mise en œuvre d'énergies renouvelables se multiplient, en particulier ceux concernant la pose de panneaux photovoltaïques.

Parallèlement à cet essor, les préventeurs constatent une recrudescence des accidents du travail liés à ces chantiers ainsi que de graves problèmes de maintenance ou de sécurité sur les installations. Si le domaine photovoltaïque concentre et cumule des compétences communes à plusieurs métiers (électricité, couverture, bardage, travail en hauteur, désamiantage, etc.), il nécessite aussi un savoir spécifique. En outre, les réglementations et les normes en ces domaines sont nombreuses et évoluent en permanence.

Cet ouvrage n'a pas pour vocation d'être exhaustif en matière de réglementation, notamment en ce qui concerne les habilitations électriques car les textes sont en cours de réactualisation. Il met surtout l'accent sur la nécessité d'une réflexion préalable au chantier et sur l'analyse des risques. Nous espérons ainsi convaincre le lecteur qu'un ouvrage réfléchi diminue le risque d'accidents du travail aussi bien en phase de construction qu'en phase de maintenance et que la rentabilité d'exploitation n'en est que meilleure.

Ce guide s'adresse à tous les acteurs de la construction (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, coordonnateurs SPS, collectivités et entreprises).

SOMMAIRE



INTRODUCTION

1 - CONTEXTE

Principe de l'énergie photovoltaïque	4
Situation de la France	4
Approche pour le maître d'ouvrage	5
Installations non conformes et risques d'accident	5
Accidentologie du Poitou-Charentes	6

2 - CONCEPTION DE L'OUVRAGE

Analyse des risques liés à l'interférence entre les activités	7
Critères de choix des équipements et des partenaires	8
Obligations réglementaires	12

Gestion documentaire liée au projet	15
Processus de maintenance	16
Gestion des sinistres et des secours	18

3 - ANALYSE DES RISQUES CHANTIERS ET SOLUTIONS

Risques à effets immédiats	19
Risques à effets différés	21

4 - AXES D'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ

Méthodes d'intervention	22
Autres propositions	22

CONCLUSION

23

1

CONTEXTE

PRINCIPE DE L'ÉNERGIE PHOTOVOLTAÏQUE

Le terme « photovoltaïque » désigne le processus qui consiste à transformer la lumière solaire en électricité. Le principe de cette énergie a été découvert au 19^e siècle par un physicien français, Antoine Henri Becquerel. Au fil des années, de nombreux savants, dont Albert Einstein, ont poursuivi les recherches.

Une cellule photovoltaïque se compose de semi-conducteurs à base de silicium. Par effet photoélectrique, elle transforme l'énergie solaire en courant électrique continu. Aujourd'hui, la qualité des capteurs permet d'atteindre un rendement d'environ 20 %.

Les applications sont multiples: propulsion d'engins ou création d'énergie dans des domaines variés (aérospatiale, automobile, bateaux, équipements urbains, habitat, petit électronique, etc.).

Dans l'habitat, le courant continu est converti en courant alternatif par des onduleurs pour alimenter une installation autonome et/ou renvoyer l'énergie produite sur le réseau (Fig. 1).

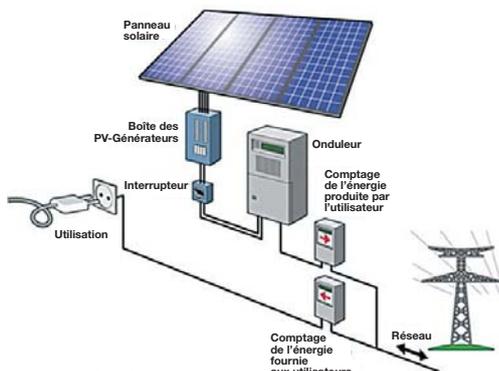


Fig. 1 - Schéma d'installation

SITUATION DE LA FRANCE

Depuis quelques années, la France développe ses équipements photovoltaïques. Même si sa production est modeste (0,01 % de son énergie produite), elle se place au 7^e rang mondial en termes d'énergie photovoltaïque produite.

Au 30 juin 2010, le parc photovoltaïque atteignait 511 MW, soit une croissance de 69 % par rapport au 31 décembre 2009¹.

Les diverses incitations gouvernementales viennent conforter un marché en plein essor mais très dépendant du prix de rachat de l'énergie électrique. Les aides financières influencent parfois les techniques de pose en favorisant l'intégration des panneaux à l'ouvrage.

L'ensoleillement français se prête particulièrement bien à l'installation de ces équipements. Un logiciel de la Communauté européenne permet d'évaluer les potentiels de production. La région PACA a les mêmes capacités de production que des villes du sud de l'Europe (Séville, Malte) avec environ 1 500 kWh/kWc/an tandis que sur une ligne Chamonix/La Rochelle, on peut espérer produire 1 100 kWh/kWc/an. Il est donc logique que l'essentiel du parc photovoltaïque se concentre dans le Sud de la France et sur la façade atlantique².

1 - Source MEEDM. Bulletin n° 149, septembre 2010.

2 - Source MEEDM (Tableau régional du bulletin n° 149) et carte de France du rapport Enerplan « chiffre marché 2009 ».

APPROCHE POUR LE MAÎTRE D'OUVRAGE

Le parc photovoltaïque installé en toiture s'articule autour de trois grands types d'installations :

- les habitats individuels dont la production est inférieure à 3 kWc (Fig. 2),
- les bâtiments collectifs dont la production est inférieure à 100 kWc,
- les bâtiments industriels ou tertiaires dont la production est supérieure à 250 kWc.

Les maîtres d'ouvrage trouvent, à travers la revente de l'énergie électrique ainsi produite, un revenu complémentaire à leur activité de base de type agricole ou industrielle. Cependant, transformer son bâtiment ou sa maison individuelle en outil de production d'énergie comporte de très fortes contraintes. Un panneau photovoltaïque n'est pas un simple équipement qui se greffe sur la toiture, c'est une nouvelle fonctionnalité aussi importante que celle d'origine (habitat, agriculture, usine). La cohabitation des deux peut vite devenir problématique ou conflictuelle d'où la nécessité d'une réflexion approfondie sur le long terme pour parer à tout dysfonctionnement grave et atteindre les objectifs de rentabilité souhaités.



Fig. 2 - Habitat individuel équipé de panneaux photovoltaïques

INSTALLATIONS NON CONFORMES ET RISQUES D'ACCIDENT

Une installation photovoltaïque réussie prend en compte de nombreuses compétences : techniques photovoltaïques, électricité, couverture, étanchéité, toitures fragiles, désamiantage, évaluation des structures. On comprend donc aisément la difficulté d'installer un équipement photovoltaïque performant et compatible avec le bâtiment initial. Les premiers constats du CONSUEL (Comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité) montrent une forte proportion d'installations non conformes avec, pour 8 % des installations contrôlées :

- 45 % des installations non conformes en 2008,
- 37 % des installations non conformes en 2009.

Les risques relevés sont l'électrification et l'incendie. Les installations non conformes concernent principalement les habitats individuels dont la production est inférieure à 3 kWc, donc plutôt ceux des particuliers. Les motifs avancés sont le manque de qualification et de compétence des installateurs, le défaut de conception et de contrôle des travaux.

Lors de l'installation, le principal risque est la chute de hauteur. Les accidents se produisent surtout lors de la pose des plaques en fibres-ciment ou des panneaux sur des maisons individuelles. Cette recrudescence de chutes s'explique par le changement de cadre de travail imposé à des corps d'états secondaires (plombiers, électriciens) travaillant habituellement au sol et intervenant aujourd'hui sur les toits. Le fait d'évoluer en hauteur avec des équipements lourds et volumineux accroît le risque pour le salarié. Une rapide

analyse montre que les tâches de pose de panneaux photovoltaïques concentrent les facteurs de risques d'une manière inhabituelle pour les métiers du bâtiment. Nous pouvons aussi avancer que la maintenance des ouvrages récemment construits pourrait avoir des effets accidentogènes dans les prochaines années.

ACCIDENTOLOGIE DU POITOU-CHARENTES

Les accidents du travail relevés en 2008 dans la région Poitou-Charentes montrent un accroissement très net des chutes à travers des plaques de toitures fragiles lors d'interventions préparatoires à l'installation de panneaux photovoltaïques (Fig. 3). On y a dénombré au moins quatre accidents graves ou mortels de chutes de hauteur identifiés comme étant en lien avec des opérations de ce type.



Fig. 3 - Situation de chute

La sinistralité sur les ouvrages suit aussi ce mouvement avec deux incendies répertoriés sur le Poitou-Charentes pendant l'été 2010. Les secours subissent en cascade les effets de ces désordres et on peut déplorer l'électrocution d'un pompier en Allemagne en 2009.

Ce contexte montre qu'il y a un vrai besoin :

- d'examiner les diverses problématiques en jeu,
- d'ébaucher des axes de réflexion pour la conception des ouvrages,
- de proposer une organisation de chantier spécifique à ce type de travaux.

2

CONCEPTION DE L'OUVRAGE

Le retour sur investissement d'un projet photovoltaïque ne survient qu'après plusieurs années. La conception du projet revêt donc une importance capitale. Elle doit prendre en compte la qualité des produits, la qualité de la mise en place et les coûts d'entretien afin de limiter les incidents lors de la construction et lors de la production.

Elle intègre également l'établissement d'un certain nombre de documents réglementaires (cf. page 15).

ANALYSE DES RISQUES LIÉS À L'INTERFÉRENCE ENTRE LES ACTIVITÉS

Les retours d'expérience montrent que la cohabitation entre la fonction habituelle de l'ouvrage (activité agricole, industrielle, etc.) et la fonction photovoltaïque pose un certain nombre de questions relatives aux risques d'interférence entre les activités. Par exemple :

L'activité habituelle génère-t-elle :

- des projections (pierre, terre, eau, vers les parois de l'ouvrage et le plafond, etc.) ?
- des atmosphères spécifiques (corrosives, explosives, poussières occultantes, etc.) ?
- des circulations spécifiques d'engins (ponts roulants, engins de grande hauteur) ?

L'activité photovoltaïque provoque-t-elle :

- une reprise des structures pour supporter les poids des équipements ?
- un accroissement de température sous les panneaux ?
- une mise en œuvre de passerelles, d'échelles à crinolines ?
- l'aménagement de passages intérieurs ou de voies de circulations pour nacelles ?

Le maître d'ouvrage doit prévoir ces interférences et fournir des solutions organisationnelles, techniques et humaines adaptées, sachant qu'il risque de voir s'allonger la période de retour sur investissement.

CRITÈRES DE CHOIX DES ÉQUIPEMENTS ET DES PARTENAIRES

L'organisation du chantier, la structure d'installation et le choix des équipements font partie d'une réflexion préalable. Le choix de partenaires compétents et qualifiés entre également en ligne de compte. Les bonnes questions à se poser sont détaillées en pages suivantes.

Capteurs (cf. page 10)

Caractéristiques physiques des capteurs :

- Silicium monocristallin : les capteurs offrent une bonne performance énergétique (rendements de l'ordre de 20 %) mais leur prix est élevé.
- Silicium multicristallin : réalisés avec des composantes électroniques recyclées, les capteurs ont un coût plus faible mais des performances énergétiques réduites (rendement de l'ordre de 16 %) (Fig. 4).
- Silicium amorphe, couche mince à base d'absorbeur (CDTE ou CIGS). Ces cellules sont souples et suivent les formes les plus variées pour assurer une intégration parfaite au support. Ces capteurs présentent une meilleure performance en présence de lumières faibles mais un rendement global moins élevé (environ 5 à 7 %).

Modalités de pose des capteurs :

- Surimposition (Fig. 5) : les capteurs sont posés sur une toiture (bac acier, par exemple) par l'intermédiaire d'accessoires de fixation (rails, etc.).
- Intégration (Fig. 6) : la toiture est déposée et les cellules photovoltaïques assurent l'étanchéité par un système de rail et de tuilage.



Fig. 4 - Cellules photovoltaïques en silicium multicristallin



Fig. 5 - Pose en surimposition



Fig. 6 - Pose en intégration

Motifs architecturaux des capteurs:

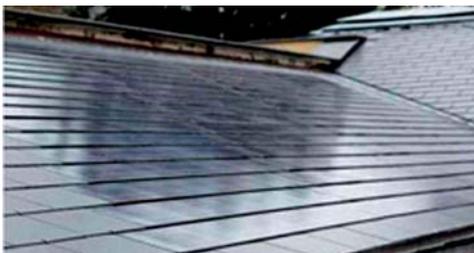


Fig. 7 - Ardoises



Fig. 8 - Tuiles canal

Accessoires et équipements (cf. page 10)

Les accessoires électriques complètent l'installation et s'ajoutent au cahier des charges.

Structure (cf. page 11)

La structure initiale n'a pas forcément été prévue pour recevoir le surpoids des équipements photovoltaïques. Un calcul de structure peut se révéler nécessaire à la bonne réalisation des travaux et au choix des méthodes de pose.

Chantier (cf. page 11)

Le chantier nécessite des emplacements disponibles pour stocker les matériaux et engins à l'écart de l'activité habituelle.

Partenaires (cf. page 11)

CAPTEURS

- Les capteurs affichent-ils et respectent-ils les critères de la normalisation en vigueur ?
- Les composantes présentent-elles les qualités requises pour la durée de vie de l'ouvrage ?
- La capacité autonettoyante est-elle réelle et nécessite-t-elle une pente minimum ?
- Doit-on nettoyer les capteurs ? À quelle périodicité ? Quelle perte de production doit-on envisager en cas contraire ?
- La protection galvanique résiste-t-elle au climat et aux ambiances locales ?
- Le conditionnement assure-t-il une protection efficace ?
- Les capteurs, suivant les supports sur lesquels ils reposent, peuvent-ils recevoir les charges d'un opérateur de maintenance ?

ACCESSOIRES ET ÉQUIPEMENTS

- Les câbles résistent-ils à la chaleur des pics de production et aux atmosphères spécifiques ?
- La connectique résiste-t-elle à l'eau et à la poussière (IP 55 ou plus) ?
- Les onduleurs : Le positionnement choisi permet-il un accès aisé, de plain-pied ? Leur durée de vie est-elle compatible avec le projet ?
- Les batteries éventuellement mises en œuvre disposent-elles de bacs de rétention ?
- Le Génie civil : Les réseaux et postes à créer s'incorporent-ils dans l'existant ? Ces locaux sont-ils accessibles avec des véhicules ? Les locaux sont-ils ventilés pour évacuer les chaleurs produites ?
- La signalétique : prévenir par des signalétiques réglementaires tous les équipements et câbles sous tension.

STRUCTURE

- Le projet influe-t-il sur la gestion des ERPS (modification des désenfumages, par exemple) ?
- La présence de plaques amiante-ciment impose-t-elle des travaux préparatoires spécifiques ?
- La sous-face de toiture permet-elle un accès à la nacelle en tout point de l'ouvrage ?

CHANTIER

- Les conséquences d'un désamiantage sont-elles compatibles avec l'activité du site ?

PARTENAIRES

- Quelles qualifications sont requises pour les partenaires de l'opération ?
- Faut-il incorporer des clauses dans le marché en vue d'établir un référentiel prévention ?
- Comment évalue-t-on les compétences des maîtres d'œuvre et des coordonnateurs SPS ?

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES

La mise en œuvre d'un système photovoltaïque couvrant plusieurs domaines est soumise à de nombreuses réglementations et normalisations. Il appartient au maître d'ouvrage, aidé de son maître d'œuvre et de son coordonnateur SPS, de s'y conformer et de les appliquer.

Code de la construction et de l'habitat

Il faut s'y référer en ce qui concerne les ERP (Établissements recevant du public).

Code de l'environnement

Il classe les établissements à risques pour l'environnement ICPE (suivant leur activité ou les substances utilisées, livre V du Code de l'environnement) ou Seveso (arrêté du 10/05/2000).

Code du travail

Règles ATEX sur les atmosphères explosives

- Art. R.4227-43 à 54 du Code du travail.
- Arrêté du 08/07/2003 sur la protection des travailleurs en zones explosives.
- Arrêté du 28/07/2003 sur les conditions d'installation des équipements électriques en zones explosives.

Signalétique

- Arrêté du 08/07/2003 complétant l'arrêté du 04/11/93 sur la signalisation des risques.

Coordination SPS des ouvrages neufs

- Décret 94-1159 du 24/12/1994.
- Décret 2003-68 du 24/03/2003.
- Arrêté des travaux à risques du 23/02/2003.

Coordination SPS en sites occupés

- Décret 92-158 du 20/02/1992.
- Arrêté des travaux à risques du 19/03/1993.

Électricité

Le personnel doit être formé aux risques électriques et bénéficier d'un titre d'habilitation adapté aux types de travaux réalisés (suivant les arrêtés d'application du décret du 30/08/2010).

Le travail à proximité de réseaux nécessite des formalités notamment une demande de renseignements auprès des services concessionnaires, DICT (Déclaration d'intention de commencement de travaux). Une intervention ne peut s'organiser que si le risque électrique est écarté (coupure des réseaux, gainage, etc.).

- Décrets 88-1056 du 14/11/1988, 95-608 du 06/05/1995, 2001-532 du 20/06/2001 en cours de remplacement par les décrets :
 - 2010-1018 du 30/08/2010 fixant les modalités de prévention des risques électriques dans les lieux de travail.
 - 2010-1017 du 30/08/2010 fixant les obligations des maîtres d'ouvrage.
 - 2010-1016 du 30/08/2010 fixant les obligations des employeurs.
 - Ainsi que les arrêtés spécifiques à venir.

Amiante

L'intervention sur les matériaux amiantés, non friables, non dégradés nécessite :

- une formation des salariés, la mise en place d'un parcours médical,
- la rédaction d'un plan de retrait,
- la mise en œuvre de protections individuelles et collectives spécifiques,
- l'organisation d'une filière d'élimination des déchets,
- des mesures de nettoyage du site,
- l'interdiction de certains salariés à ce type de travaux (CDD, intérimaires, salariés mineurs).

- Décret 2006-761 du 30/06/2006.
- Arrêté du 22/02/2007.
- Arrêté du 22/12/2009.

Travaux en hauteur

- Le travail et la circulation sur les toitures fragiles est interdite (Art. R.4534-88 du Code du travail).
- Le travail doit s'opérer sur des plans de travail sécurisés, la priorité doit être donnée aux protections collectives (Art. R.4323-58 et R.4323-62 du Code du travail) (Fig. 9).
- Le travail avec des EPI antichute nécessite une formation des utilisateurs, la définition des points d'ancrage par l'employeur et un matériel normalisé (décret EPI 2008-1156) (Fig. 10).
- Il est interdit de réaliser des travaux temporaires en hauteur lorsque les conditions météorologiques ou liées à



Fig. 9 et 10 - Dépannage sur toiture

l'environnement du poste de travail sont susceptibles de compromettre la santé et la sécurité des travailleurs (Art. R.4323-68 du Code du travail).

Les échafaudages ne peuvent être montés, démontés ou sensiblement modifiés que sous la direction d'une personne compétente et par des travailleurs qui ont reçu une formation adéquate et spécifique aux opérations envisagées, dont le contenu est précisé aux articles R.4141-13 et R.4141-17 (Art. R.4323-69 du Code du travail).

- Décret 2004-924 du 01/09/2004.

Matériel

Les monte-matériaux et autres engins de manutention doivent faire l'objet de vérifications notamment d'une vérification périodique semestrielle et d'une adéquation au site.

- Arrêté du 21/12/2004 sur les vérifications périodiques.

Les conducteurs d'engins doivent bénéficier d'une formation à la conduite d'engins de type CACES et disposer d'une autorisation de conduite.

Les échafaudages font l'objet d'un examen d'adéquation, de montage, d'installation et de conservation (arrêté du 21/12/2004).

Le port de charges est à restreindre le plus possible. Une formation est dispensée en cas de manutentions manuelles.

Équipements de protection individuelle

Les équipements de protection individuelle sont fournis en fonction de l'analyse des risques et maintenus en état par le chef d'entreprise qui veille à leur port effectif.

Les harnais sont vérifiés annuellement.

Formation des salariés

L'application des obligations réglementaires énoncées ci-dessus passe par :

- des formations adaptées à chaque situation (EPI, environnement du chantier, etc.),
- une passation des consignes issues du PP SPS ou du plan de prévention,
- le contrôle de l'application des consignes.

Normes

UTE C15-712 - Installations photovoltaïques.

UTE C15-105 - Détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection. Méthodes pratiques.

UTE C32-502 - Guide pour les câbles utilisés pour les systèmes photovoltaïques.

UTE C57-300 - Paramètres descriptifs d'un système photovoltaïque.

UTE C57-310 - Transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique.

CEI 6123 - Guide de sécurité pour les systèmes PV raccordés au réseau montés sur les bâtiments.

CEI 60364-7-712 - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Alimentations photovoltaïques et solaires.

NF EN 61173 - Protection contre les surtensions des systèmes photovoltaïques de production d'énergie.

Documentation

Spécifications techniques relatives à la protection des biens et des personnes, dans les installations photovoltaïques reliées au réseau. Syndicat des énergies renouvelables, Soler, ADEME.

Pose et maintenance des panneaux photovoltaïques et solaires. ED 137, fiche technique INRS.

GESTION DOCUMENTAIRE LIÉE AU PROJET

Le Code du travail prévoit un certain nombre de documents lors de la préparation de ces chantiers.

Une déclaration préalable auprès des services de l'inspection du travail, de la CARSAT et de l'OPPBTB est nécessaire pour les chantiers de plus de 500 hommes-jour.

Une demande de renseignements doit être rédigée par le maître d'ouvrage et envoyée aux gestionnaires de réseaux pour signaler un chantier et la zone concernée.

En cas de dépose d'amiante, le maître d'ouvrage doit faire analyser l'état de conservation des matériaux amiantés de couverture afin de définir si les entreprises doivent être qualifiées et amender le **Document technique amiante (DTA)** en cas d'intervention sur les faux plafonds. Ce DTA sera fourni à l'entreprise chargée des travaux.

Le Plan de prévention permet de régler les problèmes de co-activité entre l'entreprise utilisatrice (client) et l'(les) entreprise(s) extérieure(s) sur un site en activité, ainsi que leur propre co-activité.

Le Plan général de coordination (PGC) est réalisé en phases conception et réalisation. Il synthétise l'ensemble des contraintes à prendre en compte par tous les acteurs, de mettre en commun les moyens et d'en assurer la gestion (stockage, levage, circulation, protections collectives, locaux, hygiène, réseaux).

Le Dossier des interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) consigne toutes les méthodologies de maintenance et d'entretien avant réalisation.

Le Dossier de maintenance des lieux de travail (DMLT) consigne les différentes périodicités de maintenance à mettre en œuvre et les équipements concernés.



Fig. 11 - Exemple de passerelle mobile d'entretien

Le protocole de secours fixe les dispositions nécessaires à une intervention rapide, efficace et sans risques cumulés. Il est établi avec les services de secours.

La conception de l'ouvrage a pour objet d'anticiper toutes les situations liées à l'ouvrage, définir les modalités, éviter les risques pour les salariés, les occupants et les services de secours, et prévenir les sinistres sur les infrastructures.

Cette phase garantit :

- une adéquation optimisée entre le bâtiment d'origine et l'installation photovoltaïque,
- un cahier des charges précis des matériels et investissements connexes,
- un choix pertinent de partenaires liés à l'ouvrage,
- une réalisation maîtrisée,
- une gestion pérenne du patrimoine bâti.

PROCESSUS DE MAINTENANCE

Prévoir les processus de maintenance, c'est examiner tous les postes de travail, leur emplacement ainsi que les moyens de protection pour y accéder et y travailler.

ZONE 1

La toiture, pour la maintenance des capteurs

Les opérations de maintenance consistent à :

- nettoyer les vitrages pour redonner aux capteurs leur capacité optimale de production,
- réparer les défaillances éventuelles des composants,
- échanger des panneaux défaillants.

En suivant la logique des principes généraux de prévention, le nettoyage peut être effectué par un robot de nettoyage ou des rampes de nettoyage intégrées. Les opérations de réparation vont cependant nécessiter une présence humaine sur le toit. La circulation sur matériaux fragiles est interdite du fait de la fragilité de ces matériaux : les capteurs doivent donc, si l'on veut y circuler, reprendre des charges suffisantes. Les panneaux sont rendus glissants, surtout par temps hivernal, à cause de tous les dépôts atmosphériques qui peuvent s'y accumuler progressivement. Nous conseillons d'organiser des circulations antidérapantes entre les rangées de panneaux photovoltaïques (Fig. 12) ; le déplacement sur toiture se réalisera à l'abri de garde-corps ou, en cas d'impossibilité, à l'aide de lignes de vie permanentes installées sur l'ouvrage, sur lesquelles le salarié accrochera son

équipement antichute (harnais et longe). L'accès vertical doit aussi faire l'objet d'un soin particulier : intégration d'escaliers internes ou d'échelles à crinoline externes (Fig. 13).

Sur les habitations, les équipements de sécurité collectifs sont difficilement envisageables. On peut alors recourir à des points d'ancrage permanents permettant un accrochage effectif à tout moment du déplacement ou du passage entre les divers postes de travail. Cette disposition demande aux opérateurs une vigilance accrue, une parfaite maîtrise des matériels antichute, une habitude aux gênes occasionnées par l'utilisation du harnais et des longes (emploi de sac à dos pour les outils, etc.).

Les travaux de maintenance se réalisent quasi toujours sous tension puisque le capteur produit de l'électricité dès lors qu'il est exposé à la lumière. Les risques de choc électrique, même mineurs, existent soit en manipulant la connectique défaillante



Fig. 12 - Chemins de circulation

d'un panneau, soit en rentrant en contact avec une pièce métallique (gouttière ou châssis) mise accidentellement à un des potentiels. L'opportunité d'intervenir avec des parois occultantes reste à expérimenter in situ pour assurer une sécurité sans faille aux opérateurs. Les opérateurs intervenant sur le réseau doivent bénéficier d'une formation spécifique et d'une habilitation correspondant à leur compétence et au domaine électrique rencontré.

ZONE 2

La sous-face, pour la maintenance des réseaux en courant continu

Les interventions sur courant continu ont lieu généralement en sous-face des toitures. Elles consistent en des opérations de câblage et de connectique qui ne sont pas sans danger pour les opérateurs électriciens. La normalisation prévoit une connectique à broche inversée n'autorisant pas le contact simultané des deux bornes et des câbles résistant à des chaleurs élevées. Cependant, la chaleur habituellement générée par les panneaux en sous-face (environ 70° C) peut entraîner un vieillissement des

gaines : des défauts apparaissent sur les connectiques et sur les conducteurs.

Les opérateurs interviennent toujours sous tension sauf lors d'un travail nocturne ou sous la protection de parois occultantes garantissant une sécurité totale des opérateurs. Le personnel chargé des travaux devra donc recevoir une formation spécifique et posséder une habilitation électrique¹ correspondant aux domaines de tension rencontrés ; il devra également disposer des équipements nécessaires (vérificateur d'absence de tension, équipement de protection individuelle « travaux sous tension »).

L'accès des zones situées sous toiture (Fig. 14) se fait au moyen d'une PEMP ou de coursives (sur les grands ouvrages).

Les habitations individuelles présentent le plus souvent des combles perdus difficiles d'accès. Le risque de chute à travers les matériaux isolants étant particulièrement important, l'accès doit



Fig. 13 - Échelle à crinoline externe



Fig. 14 - Maintenance de la sous-face

1 - Les textes réglementaires traitant des habilitations électriques sont en cours d'actualisation.

être matérialisé et comporter un chemin de circulation reposant sur les éléments de charpente.

REMARQUE: La perception du phénomène électrique par l'opérateur change radicalement. Habituellement, l'appareil à réparer doit être isolé de sa source d'énergie avant intervention, alors que l'équipement photovoltaïque produit sa propre énergie vers un réseau qui l'absorbe. L'électricien se trouve dans une situation inhabituelle vis-à-vis du risque électrique et doit être spécialement formé à cette modification fondamentale de son environnement de travail.

ZONE 3

Les locaux techniques, pour la maintenance des accessoires

Cette zone représente le centre nerveux de l'installation et la charnière entre les courants continu et alternatif. On y place généralement les onduleurs, les compteurs et le tableau général basse tension. Les interventions dans cette zone (Fig. 15) présentent des risques électriques majeurs. Les accessoires doivent pouvoir être mis hors tension et consignés. On conseille d'assujettir l'ouverture du local aux organes de coupure situés sur les réseaux amont et aval du local. L'habilitation « Chargé de consignation » est obligatoire pour effectuer cette procédure.



Fig. 15 - Maintenance des locaux

GESTION DES SINISTRES ET DES SECOURS

Le bâtiment doit pouvoir être secouru dans un temps compatible avec la valeur des matières du site (équipements à haute valeur ajoutée, animaux, ERP) mais aussi en fonction des risques propres à l'activité de ce même site (activité classée à risques ICPE, SEVESO ou autre).

Nous conseillons de consulter les assurances et les services de secours pour le choix et l'emplacement des équipements mis en œuvre.

Les zones d'accès pompiers (voiries, aire de retournement, zone pour extinction) doivent être décidées avec les services de secours dès la conception de l'ouvrage. En prévision d'une intervention des pompiers, les propriétaires de maisons individuelles devraient signaler la présence de capteurs photovoltaïques.

3

ANALYSE DES RISQUES CHANTIERS ET SOLUTIONS

La conception d'ouvrage menée par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur SPS assure la quasi-totalité de l'organisation du chantier. L'entrepreneur complétera ce travail en analysant ses risques propres. Il s'agit pour lui de repenser le chantier dans son ensemble, de synthétiser les différentes obligations réglementaires (cf. page 12) et de prévoir des solutions techniques d'intervention.

Pour analyser les risques liés à son activité, l'entrepreneur peut utiliser le logiciel d'analyse des risques, MAEVA-BTP (OPPBTB©), dédié aux professions du BTP. Les modes opératoires découlant de cette analyse s'intègrent dans le PP SPS (Plan particulier de sécurité et de protection de la santé). Les dispositions retenues pour la protection des salariés pendant le déroulement de l'opération sont appliquées de manière effective. Cette réflexion ne doit pas se limiter au poste de travail de production chantier, mais doit explorer les différentes fonctionnalités de l'entreprise (approvisionnement, stockage, manutentions, accès, évacuation des déchets, transport) y compris les fonctions transverses (service étude et devis, services commerciaux) dont le personnel se trouve fortement exposé au risque de chutes de hauteur en dehors de la phase de réalisation du chantier, notamment en situation de « travailleur isolé » (cas du métreur qui intervient pour des relevés de cotes, par exemple).

RISQUES À EFFETS IMMÉDIATS

Chute de hauteur à l'extérieur de l'ouvrage

Les chutes peuvent survenir lors de l'accès à l'échelle, suite à une glissade sur le toit vers le vide, ou encore par la manipulation des pièces et lors de tâches de finition en bordure du vide.

Il est nécessaire d'installer des protections collectives en bas de pente (Fig. 16) et des escaliers qui sécurisent les accès (Fig. 17). Si cette installation n'est pas possible, les intervenants doivent porter les harnais de sécurité.



Fig. 16 - Protections collectives en bas de pente



Fig. 17 - Accès par escalier

Chute de hauteur à l'intérieur de l'ouvrage

La chute à l'intérieur de l'ouvrage peut survenir lors de la rupture des panneaux photovoltaïques, des plaques en fibres-ciment ou en matériau fragile/vieillissant (ondulées transparentes recouvertes ou peintes), lors des déposes de couverture.

Les chemins de circulation (Fig. 18) évitent de prendre appui sur la couverture. Les filets en sous-face limitent les effets d'une chute (Fig. 19).



Fig. 18 - Chemins de circulation



Fig. 19 - Filets en sous-face

Contact avec les réseaux électriques aériens nus

Les réseaux électriques haute et basse tension sont à des hauteurs très variables, difficilement appréciables pour les opérateurs surtout depuis les toitures. Les contacts avec les réseaux aériens nus 20 KV sont la première source d'accidents mortels, toutefois les lignes BT présentent le même risque pour l'opérateur. Ces lignes sont omniprésentes en ville.

Chute d'objets

Les panneaux sont glissants, lourds et encombrants. Une chute peut donc survenir à toutes les étapes de l'approvisionnement et de la pose. L'emploi de ventouses et de monte-matériaux peut pallier ces risques.

Risque électrique et brûlures

Le capteur va produire de l'énergie dès son exposition à la lumière. Les risques de contacts électriques sont possibles surtout avec

des matériels de moindre qualité en termes d'isolement et de connectique. Ce contact peut causer des chocs électriques et être à l'origine de chutes de hauteur ou de brûlures. La circulation sur les capteurs exposés au soleil peut, elle aussi, générer des brûlures aux pieds des opérateurs.

La mise en service des réseaux continus et alternatifs présente un accroissement des risques d'électrisation à cause de la production permanente des capteurs.

Coupures

Les manutentions répétées de panneaux ainsi que la découpe, en toiture, de matériaux utilisés pour l'étanchéité (zinc) peuvent causer des coupures.

RISQUES À EFFETS DIFFÉRÉS

Manutentions

Le manque de méthodologie entraîne une sollicitation excessive de l'organisme et, à moyen et long termes, le personnel de chantier peut souffrir de troubles musculo-squelettiques, ou TMS. La multiplication des TMS peut vite devenir gênante pour l'organisation du chantier et pour l'entreprise. L'activité peut être paralysée tout en occasionnant une surcharge de travail et de stress pour le personnel restant en activité.

Amiante

La pose de panneaux occasionne souvent la dépose de matériaux amiantés en faux plafond ou en toiture dite fragile. Les salariés peuvent être exposés à des fibres, même s'ils n'ont pas participé

à la dépose des matériaux, quand ceux-ci ont été retirés sans le soin requis pour ce type de chantiers. Le chef d'entreprise intervenante (pour les chantiers < 500 hommes-jours ou chez les particuliers) doit s'assurer que tout risque est écarté après l'opération de retrait de matériaux contenant de l'amiante.

4

AXES D'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ

MÉTHODES D'INTERVENTION

La pose de panneaux photovoltaïques concerne trois grands types d'installations (habitations individuelles, bâtiments collectifs, bâtiments industriels ou tertiaires), nous proposons donc des méthodes d'intervention adaptées à chacun de ces chantiers.



Fig. 20 - Échafaudage et monte-matériaux pour les habitations individuelles



Fig. 21 - Installation industrielle neuve à l'aide de train de pose



Fig. 22 - Installation industrielle en réhabilitation à l'aide de PEMP

AUTRES PROPOSITIONS

L'activité photovoltaïque est en plein essor et évolue en permanence. Cependant, la connaissance des chantiers et des risques nous permet de proposer des solutions pratiques :

1. Placer une paroi occultante mobile sur le matériel mis à disposition.

En effet, les panneaux photovoltaïques fonctionnent dès qu'ils sont exposés à la lumière (ce qui est le cas lorsque le matériel est sorti de son emballage). Cette solution permettrait aux installateurs de poser les panneaux avant qu'ils ne produisent de l'énergie.

2. Utiliser un robot de lavage (Fig. 23), installer des passerelles de maintenance permanentes ou aménager des circulations piétonnes antidérapantes incorporées entre les rangées de panneaux.



Fig. 23 - Robot de lavage

Ces propositions ont pour objectif de faciliter la maintenance des ouvrages, tout en diminuant les interventions en toiture.



CONCLUSION

À travers ce guide, nous espérons que les acteurs de la filière auront compris l'importance d'une réflexion préalable à l'installation de panneaux photovoltaïques.

Les enjeux de la préparation du chantier sont multiples :

- **Humains.** Il faut éviter les risques pour les personnes qui travaillent sur le chantier, maintiennent l'ouvrage et habitent les lieux. Les entrepreneurs doivent prendre le temps d'élaborer un cahier des charges précis et exhaustif, sans céder à l'urgence.
- **Économiques.** La conception du projet doit s'assurer de la bonne cohabitation entre l'activité énergétique et l'activité d'origine. La rentabilité du projet en dépend.
- **Écologiques.** La protection de l'environnement et les principes du développement durable sont à l'origine de l'installation des panneaux photovoltaïques et doivent être pris en compte.

SUR LE MÊME SUJET



Une fiche

Cette fiche a été créée en coédition INRS, OPPBTP et le réseau Assurance Maladie - Risques Professionnels.

Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques, 1^{re} édition, décembre 2010.

En téléchargement gratuit sur www.oppbtp.fr et sur www.inrs.fr

Notre offre formations

Prévenir les risques liés à l'installation ou la maintenance d'équipements solaires sur toiture, Réf. 3701 – 1 jour

www.oppbtp.fr/formation/formation_professionnelle_continue



Projet suivi et soutenu
par la DIRECCTE Poitou-Charentes.

Conception & réalisation :  **mustang** 01 47 97 42 11

Illustrations : OPPBTP avec l'aimable autorisation de SERBOT Swiss Innovation pour la photo de son robot de lavage.
Achévé d'imprimer sur les presses de Graphicentre en avril 2011.

Parallèlement à l'essor des installations photovoltaïques, les préventeurs constatent une recrudescence des accidents du travail liés à ces chantiers ainsi que de graves problèmes de maintenance ou de sécurité sur les ouvrages. Ce guide a pour vocation de sensibiliser à cette problématique l'ensemble des acteurs de la construction (collectivités, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, coordonnateurs SPS et entreprises). Il met surtout l'accent sur la nécessité d'une réflexion préalable au chantier. Il insiste sur l'analyse des risques pour garantir la sécurité des personnes lors de l'exécution des travaux et de la maintenance, et celle des occupants.



Réf.: G3 G 01 11

ISBN: 978-2-7354-0415-5

Prix: 8 €

Édition et dépôt légal: 2^e édition, avril 2011

25 avenue du Général Leclerc - 92660 Boulogne-Billancourt Cedex

Tél.: 01 46 09 27 00 - www.oppbtp.fr

