

L'entreprise du bâtiment
au centre de l'acte de construire

**CRÉONS ENSEMBLE
LES MÉTIERS DE DEMAIN**

Guide Systèmes photovoltaïques sur toiture-terrasse

À destination des
acteurs du bâtiment

NEUF
RÉNOVATION



Groupement des métiers du photovoltaïque de la Fédération Française du Bâtiment

La France s'est engagée dans une période de transition énergétique et a fixé des objectifs ambitieux pour le développement des énergies renouvelables. La loi de programmation pour la transition énergétique prévoit que la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale s'élèvera à 23 % en 2020, puis 40 % en 2030.

Le bâtiment est au cœur des enjeux énergétiques de demain : ce dernier représente 40 % de l'énergie totale consommée, devant les secteurs du transport et de l'industrie. Le développement durable ne peut donc s'envisager sereinement sans une forte composante de maîtrise de l'énergie et de production d'énergie renouvelable au niveau du bâti.

Plusieurs mondes devront nécessairement cohabiter : celui du bâtiment, celui de l'énergie et celui du numérique. Techniques innovantes de l'industrie et techniques traditionnelles du bâtiment doivent coexister. Les bâtiments de demain seront plus performants, moins énergivores et autonomes sur le plan énergétique.

Parmi les solutions existantes, l'installation de systèmes photovoltaïques sur toiture-terrasse valorise l'enveloppe du bâtiment et constitue un des leviers accélérant la performance énergétique des bâtiments. Le renforcement de la réglementation thermique combiné au développement des énergies renouvelables annonce une croissance de ces solutions d'avenir.

Le présent document vise à accompagner le développement de ces procédés innovants.

Rédigé par le Groupement des métiers du photovoltaïque de la Fédération Française du Bâtiment (GMPV-FFB), ce guide technique décrit l'ensemble des règles de référence pour la réalisation d'installations photovoltaïques sur toiture-terrasse.

Issu du retour d'expérience des professionnels du bâtiment, ce guide vise à compléter la documentation technique existante sur cette activité, récente par rapport aux métiers traditionnels de la construction.

Il convient de s'assurer que le développement du photovoltaïque dans le bâtiment soit raisonné et respectueux des règles de l'art de nos professions.



Jean Damían
Président
du GMPV-FFB

RÉDACTION DU DOCUMENT

Chef de file pour la rédaction du guide

- CSFE (Chambre syndicale française de l'étanchéité)

Animateur du groupe de travail

- M. Duthé (AXE ÉTANCHÉITÉ)

Ont participé à la rédaction du document :

- M. Baratin (SLAMM-BERGEROUX)
- M. Koch (AXA)
- M. Billaud (HUMEAU SARL)
- M. Leray (DOME SOLAR)
- Mme Boussert (CSFE)
- M. Marill (FACE ÉNERGIES)
- M. Bonnet (SIKA)
- M. Otero (DERBIGUM)
- M. Bouniard (SMAC)
- M. Perret du Cray (RENOLIT)
- M. Chevalier (SITEK)
- M. Perrissoud (SIPLAST ICOPAL SAS)
- M. Damian (SOLARDIS)
- Mme Pitel (DANI ALU)
- M. Da Silva (ROCKWOOL)
- Mme Rance (GMPV-FFB)
- M. Decoodt (ETANDEX)
- Mme Regnier (CTB)
- M. Desgouilles (SOPREMA SAS)
- Mme Rocchiccioli (CTB)
- M. Fiaccabrino (GMPV-FFB)
- M. Roudaut (FIRESTONE)
- M. Fulcrand (SOLARDIS)
- M. Royer (SMAC) †
- M. Guistinati (EC SOLAR)
- M. Vermandel (MEPLE)
- M. Khadhraoui (CYCLEOS)

Le groupe de travail tient à remercier tout particulièrement Mme Emon, de la direction juridique et fiscale (DJF) de la Fédération Française du Bâtiment (FFB), pour la rédaction du chapitre relatif aux responsabilités/assurances.

TABLE DES MATIÈRES

■ 1. AVANT-PROPOS	7
■ 2. OBJECTIF / DOMAINE D'APPLICATION	8
■ 3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	8
3.1. Bâtiment	8
3.2. Électricité	10
■ 4. DÉFINITIONS	11
■ 5. LES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES SUR TOITURE-TERRASSE	13
5.1. Modules souples	13
5.2. Systèmes assurant partiellement ou totalement l'étanchéité de la toiture	13
5.3. Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure porteuse	13
5.4. Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de l'élément porteur	13
5.5. Systèmes liaisonnés à l'étanchéité	13
5.6. Systèmes lestés	15
■ 6. LES COMPÉTENCES LIÉES À L'INSTALLATION DE SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES SUR TOITURE-TERRASSE	15
6.1. Services proposés	15
6.2. Compétences techniques	16
■ 7. LA QUALIFICATION DES ENTREPRISES ET LA FORMATION DES INTERVENANTS	17
7.1. Les différentes qualifications	17
7.2. Des intervenants formés et habilités	19
■ 8. LA SÉCURITÉ SUR CHANTIER	19
8.1. Matériel	19
8.1.1. Sécurité en phase travaux	19
8.1.2. Sécurité durant l'exploitation	20
8.2. Formation et habilitation du personnel	20

■ 9. LES RESPONSABILITÉS / LES ASSURANCES	21
9.1. Responsabilités applicables aux dommages affectant les travaux après leur réception	21
9.1.1. La responsabilité décennale	21
9.1.2. La responsabilité contractuelle de droit commun	22
9.1.3. La question de la réalisation des travaux par un ou plusieurs intervenants	24
9.2. Responsabilité applicable aux dommages autres que les travaux objet du marché	24
9.3. Quelles assurances, pour quels risques ?	25
9.3.1. Rappel des règles générales d'assurance	25
9.3.2. Focus sur l'assurance décennale obligatoire	26
9.3.3. Le propriétaire, l'exploitant ou le concessionnaire de l'installation photovoltaïque peut également souscrire certaines assurances	28
9.3.4. L'entreprise peut également proposer une garantie spécifique au bénéfice de son client	29
■ 10. ORGANISATION DES MARCHÉS DE TRAVAUX	29
■ 11. LES DÉMARCHES ADMINISTRATIVES	30
■ 12. LA CONCEPTION D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE-TERRASSE	31
12.1. Principales exigences liées aux ouvrages sous-jacents (élément porteur, isolant, revêtement d'étanchéité) au système photovoltaïque	31
12.1.1. Procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples	31
12.1.2. Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure	32
12.1.3. Systèmes lestés	33
12.1.4. Autres systèmes	35
12.2. Choix du système	35
12.2.1. Modules photovoltaïques	36
12.2.2. Système de montage	36

12.3. Calepinage	37
12.3.1. Dispositions liées à la production électrique	37
12.3.2. Dispositions liées au complexe d'étanchéité	37
12.3.3. Dispositions spécifiques dans le cas des modules souples	39
12.4. Partie électrique	39
12.5. Évaluation du productible	40
■ 13. LA MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE-TERRASSE	41
13.1. Mise en œuvre non traditionnelle de systèmes sous évaluations techniques	41
13.2. Mise en œuvre traditionnelle de systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure porteuse	41
13.2.1. Cas de l'élément porteur en maçonnerie	41
13.2.2. Cas de l'élément porteur en tôles d'acier nervurées ou en bois et panneaux dérivés du bois	42
13.3. Mise en œuvre traditionnelle de systèmes sur protection lourde dure	43
13.3.1. Systèmes posés sur une protection d'étanchéité en béton coulée en place sur couche de désolidarisation	43
13.3.2. Systèmes installés sur un ou plusieurs massifs rapportés sur le complexe d'étanchéité	45
13.4. Mise en œuvre de la partie électrique de l'installation photovoltaïque	46
■ 14. LA MAINTENANCE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE-TERRASSE	47
■ 15. LA COLLECTE ET LE RECYCLAGE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	49
■ ANNEXE : MÉTHODOLOGIE POUR LA RÉALISATION DES TRAVAUX DANS LE CAS DE LA RÉFECTION	51

1. AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment, le GMPV-FFB (Groupement des métiers du photovoltaïque de la Fédération Française du Bâtiment) a élaboré un guide abordant les différentes étapes dans la réalisation d'une installation photovoltaïque sur toiture-terrasse : la conception, la mise en œuvre et la maintenance. Ces étapes s'inscrivent dans le domaine réglementé du bâtiment. Les entreprises des métiers traditionnels du bâtiment sont formées, qualifiées et disposent d'une assurance obligatoire de responsabilité civile décennale pour les travaux réalisés. Elles font appel à des compagnons justifiant de compétences métiers et formés aux spécificités du photovoltaïque.

Les fonctions traditionnelles de la toiture-terrasse demeurent. Les procédés disposent d'une évaluation technique (ATec, Pass Innovation, ATEx, ETN...) et sont mis en œuvre dans le respect des règles de l'art de la construction. Le système photovoltaïque doit respecter l'étanchéité de la toiture, sa résistance mécanique, son isolation ainsi que toutes les fonctions qui lui sont associées.

Les principes défendus par le GMPV-FFB, tels que savoir-faire, engagements, contrôles, responsabilités, assurabilité, doivent permettre de garantir un ouvrage solide et étanche, dont la performance est éprouvée et mesurée dans le temps. La sécurité des biens et des personnes est en jeu : il convient de maîtriser les risques de sinistralité.

Le GMPV-FFB regroupe notamment sept unions et syndicats représentant les métiers traditionnels aptes à aborder de façon transversale les spécificités des installations photovoltaïques dans le bâtiment :

- l'étanchéité (CSFE) ;
- l'électricité (FFIE) ;
- le génie climatique (UECF) ;
- la couverture (UNCP) ;
- la métallerie (Union des métalliers) ;
- le verre (FFPV) ;
- les façades et activités associées (SNFA).

Les entreprises de ce groupement interviennent lors de la conception, de l'installation et de la maintenance des systèmes photovoltaïques. Expertes, elles conseillent en amont le maître d'ouvrage et orientent le choix des produits adaptés.

Le GMPV-FFB encourage le déploiement de matériaux de construction multifonctionnels, combinant production d'énergie et fonction traditionnelle du bâtiment, et ce, de façon responsable et respectueuse des règles de l'art.

CSFE : Chambre syndicale française de l'étanchéité

FFIE : Fédération française des entreprises de génie électrique et énergétique

UECF : Union des entreprises de génie climatique et énergétique

UNCP : Union nationale de la couverture plomberie

FFPV : Fédération française des professionnels du verre

SNFA : Syndicat national de la construction des fenêtres, façades et activités associées

Les professionnels du GMPV-FFB sont ainsi appelés à être les acteurs des métiers de demain en maîtrisant de nouvelles compétences multimétiers, transversales et en participant activement au développement raisonné et cohérent du photovoltaïque dans l'enveloppe du bâtiment.

Le GMPV-FFB place avant tout l'entreprise du bâtiment au centre de l'acte de construire et de rénover.

2. OBJECTIF / DOMAINE D'APPLICATION

Ce document constitue un guide destiné à accompagner les acteurs de la construction, notamment les entreprises du bâtiment, dans la réalisation d'une installation photovoltaïque sur toiture-terrasse avec étanchéité.

Toutefois, ce guide ne saurait être exhaustif ou se substituer à une évaluation technique de la satisfaction aux exigences réglementaires ainsi que de l'aptitude à l'emploi et de la durabilité des divers systèmes photovoltaïques proposés sur le marché. Cette évaluation est par conséquent à réaliser au cas par cas pour chaque système dans le cadre d'avis techniques (abréviation couramment utilisée : ATec) ou d'autres évaluations techniques par tierce partie (Pass Innovation, ATEx, ETN...), documents qui prévalent sur ce guide pour ce à quoi ils s'appliquent.

À la date de publication de ce document, divers travaux sont en cours dans ce domaine en pleine évolution. Nous attirons par conséquent l'attention des lecteurs sur l'importance de suivre par ailleurs les modifications du corpus documentaire existant (par exemple, les normes portant sur la partie électrique) ou l'introduction de nouvelles prescriptions (par exemple sur le thème de l'incendie).

Ce guide n'a pas vocation à se substituer aux notices de montage, qui doivent par ailleurs préciser les conditions générales et spécifiques de mise en œuvre de chaque système photovoltaïque.

Le présent guide ne vise que les installations photovoltaïques destinées à être mises en œuvre, en bâtiments neufs ou existants, en climats de plaine et de montagne.

Il ne s'applique pas aux travaux effectués dans les DOM.

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

3.1. Bâtiment

- **NF DTU 13.3** : Dallages – Conception, calcul et exécution – Partie 2 : cahier des clauses techniques des dallages à usage autre qu'industriel ou assimilé.
- **NF DTU 20.12** : Maçonnerie des toitures et d'étanchéité – Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.
- **NF DTU 43.1** : Travaux de bâtiment – Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine.

- **NF DTU 43.3** : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des toitures en tôles d’acier nervurées avec revêtement d’étanchéité.
- **NF DTU 43.4** : Travaux de bâtiment – Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d’étanchéité.
- **NF DTU 43.5** : Travaux de bâtiment – Réfection des ouvrages d’étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées.
- **NF DTU 43.11** : Travaux de bâtiment – Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de montagne.
- **NF E 85-015 (avril 2008)** : Éléments d’installations industrielles – Moyens d’accès permanents – escaliers, échelles à marches et garde-corps.
- **NF P 06-001 (juin 1986)** : Bases de calcul des constructions – Charges d’exploitation des bâtiments.
- **NF EN 13501-5** : Classement au feu des produits et éléments de construction – Partie 5 : classement utilisant des données d’essais au feu des toitures exposées à un feu extérieur.
- **NF EN 1991-1-3/NA** : Annexe nationale à l’Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-3 : Actions générales – Charges de neige.
- **NF EN 1991-1-4/NA** : Annexe nationale à l’Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent.
- **NF P 78-116** : Verre dans la construction – Modules photovoltaïques incorporés au bâti – Dimensionnement en toiture.
- **NF EN 1998-1** : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.
- **Guide technique UEAtc** pour l’agrément des systèmes isolants supports d’étanchéité pour toitures plates et inclinées (février 1993 – cahier CSTB 2662).
- **Recommandations professionnelles de la CSFE** : Mise en œuvre de procédés d’étanchéité photovoltaïques avec modules souples (juin 2009).
- **Recommandations professionnelles de la CSFE** : Mise en œuvre traditionnelle de capteurs solaires rapportés sur revêtement d’étanchéité en toiture-terrasse (février 2011).
- **Loi 91-1414** du 31 décembre 1991 (J.O. du 7 janvier 1992) modifiant le Code du travail et le Code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité du travail.
- **Loi 93-1418** du 31 décembre 1993 (J.O. du 1^{er} janvier 1994) modifiant les dispositions du Code du travail applicables aux opérations de bâtiment et de génie civil en vue d’assurer la sécurité et de protéger la santé des travailleurs et portant transposition de la directive du Conseil des communautés européennes n° 92-57 en date du 24 juin 1992.
- **Décret 2004-924** du 1^{er} septembre 2004 (J.O. du 3 septembre 2004) relatif à l’utilisation des équipements de travail mis à disposition pour des travaux temporaires en hauteur et modifiant le Code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d’État) et le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965

3.2. Électricité

- **NF C 15-100** : Installations électriques à basse tension.
- **NF C 14-100** : Installations de branchement à basse tension.
- **NF C 18-510** : Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique – Prévention du risque électrique.
- **NF C 17-102** : Protection contre la foudre – Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d’amorçage.
- **DIN VDE 0126-1-1** : Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension.
- **NF EN 61730-1** : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1 : exigences pour la construction.
- **NF EN 61730-2** : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2 : exigences pour les essais.
- **NF EN 61215** : Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation.
- **NF EN 61646** : Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation.
- **NF EN 50521** : Connecteurs pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais.
- **NF EN 50380** : Spécifications particulières et informations sur les plaques de constructeur pour les modules photovoltaïques.
- **Guide UTE C 15-712-1** : Installations photovoltaïques sans stockage et raccordées au réseau public de distribution.
- **Guide UTE C 15-712-2** : Installations photovoltaïques autonomes non raccordées au réseau public de distribution avec stockage par batterie.
- **Guide UTE C 61-740-52** : Principes de choix et d’application – Parafoudres connectés aux installations photovoltaïques.
- **Guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250 kVA »** édité dans les cahiers pratiques de l’association Promotelec.

4. DÉFINITIONS

Maître d'ouvrage

C'est le « client », personne physique ou morale, pour le compte de qui les travaux sont exécutés. Il choisit le maître d'œuvre (parfois sur concours), convient avec lui d'un avant-projet puis d'un projet et des solutions techniques proposées et lui confie la coordination et le suivi des travaux, dont il assure le paiement sur situation et mémoire en suivant un échéancier convenu.

Maître d'œuvre

Celui qui est chargé de la conception et des études, puis du suivi des travaux et de la coordination pour le compte de son client (maître d'ouvrage).

Cellule photovoltaïque

Dispositif photovoltaïque de base pouvant générer de l'électricité en courant continu lorsqu'il est soumis au rayonnement solaire.

Module photovoltaïque

Terme générique désignant un assemblage (cadré ou non) de cellules photovoltaïques interconnectées, complètement protégées de l'environnement. Il peut s'agir d'un module rigide ou d'un module souple (appelé aussi « film photovoltaïque »).

Chaîne photovoltaïque

Circuit constitué par des modules photovoltaïques connectés en série (généralement désigné par le terme « string »).

Système de montage

Ensemble d'éléments permettant le supportage et la mise en œuvre des modules photovoltaïques en association avec le bâtiment.

Système photovoltaïque

Ensemble composé d'un ou de plusieurs modules photovoltaïques et de leur système de montage.

Installation photovoltaïque

Ensemble constitué du système photovoltaïque ainsi que de tous les équipements mécaniques et électriques nécessaires au bon fonctionnement et à la sécurité de l'unité de production d'énergie électrique.

Côté DC

Désigne la partie du circuit électrique dans laquelle circule un courant continu, c'est-à-dire entre les modules photovoltaïques et l'onduleur. DC, direct current, signifie « courant continu ».

Côté AC

Désigne la partie du circuit électrique dans laquelle circule un courant alternatif, c'est-à-dire en aval de l'onduleur jusqu'au réseau électrique. AC, alternative current, signifie « courant alternatif ».

Évaluation technique

Elle fournit aux acteurs de la construction un avis scientifique sur le comportement prévisible des ouvrages réalisés à l'aide des procédés concernés. Elle porte sur le couple « système de montage – modules photovoltaïques ». Il existe plusieurs types d'évaluations techniques correspondant aux systèmes photovoltaïques : avis technique, Pass'Innovation, ATEx, ETN...

Structure porteuse

Élément de la construction sur lequel sont directement fixés les éléments porteurs.

Élément porteur

Partie supérieure de la toiture fixée sur la structure porteuse, support direct du pare-vapeur et/ou des panneaux isolants non porteurs s'ils existent, ou du revêtement d'étanchéité.

5. LES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES SUR TOITURE-TERRASSE

5.1. Modules souples

Assemblage comprenant un système d'étanchéité (monocouche, bicouche) et des films photovoltaïques liaisonnés de manière irréversible à cette étanchéité. Cet assemblage de composants manufacturés, qu'il soit réalisé en usine ou sur chantier, assure les fonctions de clos et couvert du bâtiment.

5.2. Systèmes assurant partiellement ou totalement l'étanchéité de la toiture

Systèmes complets de toiture avec étanchéité intégrant des modules photovoltaïques rigides. Les modules photovoltaïques et leur structure porteuse (par exemple, profils aluminium) constituent un assemblage étanche raccordé au système d'étanchéité de toiture.

Dans ces systèmes, la membrane d'étanchéité est interrompue en sous-face des modules photovoltaïques, qui constituent à cet endroit l'étanchéité de la toiture.

5.3. Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure porteuse

Systèmes constitués de modules photovoltaïques rigides fixés sur une ossature support liaisonnée directement à la structure porteuse, dans les conditions définies dans les NF DTU de la série 43 pour la fixation des équipements techniques. (Cf. définition de la structure porteuse au § 4 « Définitions ».)

5.4. Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de l'élément porteur

Systèmes constitués de modules photovoltaïques rigides fixés directement à l'élément porteur. (Cf. définition de l'élément porteur au § 4 « Définitions ».)

5.5. Systèmes liaisonnés à l'étanchéité

Systèmes constitués de modules photovoltaïques rigides fixés sur une ossature support (par exemple, réseau de rails métalliques), liaisonnée par l'intermédiaire d'un dispositif de fixation au complexe d'étanchéité de la toiture. La liaison de ce dispositif de fixation au complexe d'étanchéité peut se faire, par exemple, par des bandes de pontage soudées à l'étanchéité, des plots thermosoudés sur l'étanchéité, etc.



*Système assurant
partiellement ou totalement
l'étanchéité de la toiture*
© GMPV-FFB - Dani Alu



Modules souples
© GMPV-FFB - SNA



*Système fixé sur dispositifs
solidaires de la structure porteuse*
© GMPV-FFB - SMAC



*Système fixé sur dispositifs solidaires
de la structure porteuse*
© GMPV-FFB - Siplast



Système liaisonné à l'étanchéité
© GMPV-FFB - Renolit



Système liaisonné à l'étanchéité
© GMPV-FFB - Dome Solar

5.6. Systèmes lestés

Systèmes constitués de modules photovoltaïques rigides fixés sur une ossature support indépendante de la toiture (posée librement sur la toiture-terrasse). L'ensemble ossature – modules photovoltaïques comporte un système de lestage assurant sa stabilité vis-à-vis des charges de vent.

Le lestage peut être assuré par des plaques de pierre ou de béton fixées sur la face arrière d'un système de montage en ossature métallique, par un remplissage en gravillons ou en dalles de bacs en polyéthylène sur lesquels sont fixés les panneaux, etc.

6. LES COMPÉTENCES LIÉES À L'INSTALLATION DE SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES SUR TOITURE-TERRASSE

L'entreprise de bâtiment a un rôle économique, de conseil, d'études techniques, de réalisation des travaux et de maintenance. L'installation de systèmes photovoltaïques sur toiture-terrasse requiert des compétences techniques dans les domaines de l'étanchéité et de l'électricité, complétées par des connaissances spécifiques au photovoltaïque sur les plans technique, réglementaire et administratif.

6.1. Services proposés

L'entreprise de bâtiment chargée de la mise en œuvre de l'installation photovoltaïque intervient souvent dès le début du projet. Ses rôles peuvent être multiples et l'aspect relationnel est souvent développé. Outre la mise en œuvre de l'installation photovoltaïque, voici les services qu'elle peut notamment proposer :

- conseiller le client sur les produits, sur le positionnement des systèmes et donner les informations techniques utiles aux choix du client ;
- réaliser le dimensionnement de l'installation et proposer ainsi au client une solution technique et esthétique adaptée. Lorsqu'il s'agit d'une installation en autoconsommation, prendre en considération la consommation des différents équipements électriques afin de définir la puissance nécessaire et éventuellement un système de stockage associé ;
- réaliser une étude de faisabilité économique et renseigner le client sur les dispositifs d'aide existants ;
- produire un devis en fonction de la puissance et du type d'installation désirés ;

- effectuer les démarches administratives liées à l'installation lorsqu'elle est mandatée par le client pour ce faire, en particulier les démarches liées à la production d'électricité photovoltaïque. L'entreprise peut effectuer le suivi du dossier : démarches d'urbanisme, de raccordement et d'obligation d'achat. Ces étapes nécessitent une bonne connaissance de la réglementation et sont déterminantes pour permettre la bonne réalisation du projet ;
- après la mise en œuvre du système photovoltaïque, assurer l'entretien et la maintenance de l'installation sur sa durée de vie afin de la sécuriser et de la maintenir performante en termes de production. Un service externalisé réalisé par une autre entreprise compétente peut être proposé.

6.2. Compétences techniques

L'entreprise de bâtiment détient les compétences techniques nécessaires pour assurer le choix approprié des matériaux et la bonne mise en œuvre du système photovoltaïque. Elle se situe au centre de l'acte de construire.

Les travaux d'installation de systèmes photovoltaïques sur toiture-terrasse peuvent être réalisés par une unique entreprise disposant de l'ensemble des compétences techniques nécessaires, ou par plusieurs entreprises dont les compétences techniques se complètent.

- **Choix, calepinage, mise en œuvre et maintenance du système photovoltaïque :** l'entreprise réalisant ces travaux est compétente dans le domaine de l'étanchéité des toitures-terrasses. Elle maîtrise la mise en œuvre des complexes d'étanchéité (isolant thermique et membrane d'étanchéité) dans le respect des DTU (documents techniques unifiés) et des DTA (documents techniques d'application). Elle connaît et applique les évaluations techniques des systèmes photovoltaïques mis en œuvre et respecte les domaines d'emploi des différents produits utilisés. Elle est notamment amenée à vérifier les supports, mettre en œuvre les isolants et complexes d'étanchéité en partie courante, et traiter les points singuliers tels que les relevés, les pénétrations et les ouvrants de toiture. Les connaissances de l'entreprise sont complétées par la maîtrise des spécificités du photovoltaïque : technologies des modules photovoltaïques, systèmes de montage, impact des ombres portées, danger dû à la présence de courant continu...
- **Conception, mise en œuvre et maintenance de la partie électrique du système photovoltaïque :** l'entreprise réalisant ces travaux est compétente dans le domaine de l'électricité. Elle dimensionne et met en œuvre l'installation photovoltaïque dans le respect des normes (notamment la norme NF C 15-100 « Installations électriques à basse tension ») et des guides techniques spécifiques au photovoltaïque publiés par l'UTE, notamment C 15-712-1 et C 15-712-2. Elle sait dimensionner et installer, dans les conditions requises, les matériels électriques nécessaires à l'injection de l'électricité produite sur le réseau ainsi que les dispositifs de sécurité nécessaires, tels que les liaisons

équipotentiels, les interrupteurs-sectionneurs, les dispositifs de protection contre les surintensités et contre les surtensions, ou encore les organes de coupure d'urgence. Les intervenants disposent de toutes les habilitations électriques nécessaires aux opérations réalisées.

7. LA QUALIFICATION DES ENTREPRISES ET LA FORMATION DES INTERVENANTS

Pour la réalisation d'installations photovoltaïques sur toiture-terrasse, l'obtention d'une qualification dédiée à l'activité photovoltaïque et délivrée par un organisme accrédité par le Cofrac constitue un gage de la compétence de l'entreprise. Cela s'applique également aux entreprises sous-traitantes, le cas échéant.

7.1. Les différentes qualifications

Il existe plusieurs qualifications permettant de valoriser les compétences des entreprises ayant une activité photovoltaïque. Ces qualifications sont délivrées par des organismes accrédités par le Cofrac et respectant la charte RGE (Reconnu garant de l'environnement).

Ces qualifications s'attachent notamment :

- à la régularité de la situation administrative et juridique de l'entreprise ;
- aux moyens matériels et financiers dont elle dispose ;
- aux moyens humains et aux compétences techniques dont elle dispose.

L'entreprise respecte un seuil de sous-traitance fixé par le référentiel de qualification.

Les qualifications s'obtiennent sur la base de l'étude d'un dossier associé à des références d'installations photovoltaïques. Par la suite, un contrôle de réalisation permet de vérifier la bonne exécution des travaux dans le respect des règles de l'art.

Remarque : les qualifications présentées ci-dessous sont en vigueur à la date de publication de ce guide. Des évolutions pourront modifier la structure de ces qualifications à l'avenir.

■ Qualibat série 81

Ces qualifications sont délivrées par l'organisme Qualibat.

Elles sont catégorisées selon les méthodologies d'installation :

- 811 : Modules photovoltaïques intégrés ;
- 812 : Modules photovoltaïques surimposés ou de substitution ;
- 813 : Modules photovoltaïques souples.

Tous les segments de puissance sont concernés, chaque catégorie se composant de trois qualifications (< 9 kVA ; entre 9 et 250 kVA ; et supérieure à 250 kVA), sauf pour la catégorie 813 (modules photovoltaïques souples), qui ne comporte qu'une qualification (toutes puissances confondues).

- L'installation de systèmes photovoltaïques par modules rigides liaisonnés à une toiture-terrasse entrera dans la catégorie 811.
- L'installation de systèmes photovoltaïques par modules rigides lestés sur une toiture-terrasse entrera dans la catégorie 812.
- L'installation de systèmes photovoltaïques par modules souples sur une toiture-terrasse entrera dans la catégorie 813.

Ces qualifications se destinent aux entreprises de bâtiment capables de gérer dans sa globalité l'installation des systèmes mis en œuvre : étude de faisabilité, conception, mise en œuvre conforme aux spécifications, respect des règles de sécurité et mise en service. Les entreprises effectuent la fourniture et la pose du système photovoltaïque.

■ Qualifelec « Installations électriques, mention SPV »

Cette qualification est délivrée par l'organisme Qualifelec.

La qualification « Installations électriques » concerne l'étude, la conception et la réalisation d'installations et d'équipements électriques dans tous les locaux et emplacements de tous usages, ainsi que leur maintenance et leur entretien.

La mention SPV (Solaire photovoltaïque) est indissociable d'une qualification « Installations électriques » et s'adresse donc aux installateurs électriciens.

■ QualiPV

Ces qualifications sont délivrées par l'association Qualit'EnR.

Elles concernent les installations photovoltaïques mises en œuvre sur habitat individuel.

Il existe deux types de qualifications :

- QualiPV module Bât (qui s'attache à la partie constructive en priorité)

Pour obtenir cette qualification, l'entreprise doit notamment posséder les compétences requises dans l'un des métiers traditionnels du bâtiment listés dans le référentiel QualiPV (tels que le domaine de l'étanchéité) ou disposer d'une qualification professionnelle dans ce domaine ;

- QualiPV module Elec (qui s'attache à la partie électrique en priorité)

Pour obtenir cette qualification, l'entreprise doit notamment posséder les compétences requises en électricité ou bien disposer d'une qualification professionnelle dans le métier de l'électricité.

Le professionnel qualifié s'engage à respecter la charte QualiPV.

7.2. Des intervenants formés et habilités

Au-delà de la qualification des entreprises, la formation des intervenants est également essentielle à la réalisation d'installations photovoltaïques de qualité. Il existe plusieurs types de formations à destination des compagnons :

- des formations sur les spécificités des installations photovoltaïques raccordées au réseau, notamment sur les points singuliers de mise en œuvre et sur la sécurité électrique des installations (exemples : formations QualiPV Bât ou Elec) ;
- des formations spécifiques aux procédés mis en œuvre, proposées par les fabricants de systèmes photovoltaïques et les fabricants de membranes d'étanchéité. Celles-ci peuvent être effectuées directement sur le chantier ;
- des formations et habilitations adaptées aux types de travaux réalisés, telles que décrites au § 8.2 « Formation et habilitation du personnel ».

8. LA SÉCURITÉ SUR CHANTIER

8.1. Matériel

8.1.1. Sécurité en phase travaux

La mise en œuvre d'une installation photovoltaïque en hauteur impose de se conformer au décret n° 2004-924 du 1^{er} septembre 2004 relatif à l'utilisation des équipements de travail mis à disposition pour des travaux temporaires en hauteur et à toutes autres dispositions du Code du travail.

Les dispositions de sécurité sont conformes aux préconisations de la fiche pratique de sécurité ED137 « Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques » et aux recommandations de la CNAM « Pose, maintenance et dépose des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques en sécurité ».

Les équipements de protection collective sont à privilégier systématiquement par rapport aux des équipements de protection individuelle.

L'entreprise pourra notamment utiliser les matériels suivants :

- protections collectives (exemples : garde-corps, filets, échafaudage) ;
- protections individuelles (exemples : ligne de vie, harnais de sécurité, longe, casque, chaussures de sécurité, gants isolants, écran facial) ;
- moyens d'accès temporaires ou permanents (exemples : échelle mobile, échelle à crinoline, échafaudage) ;
- matériel de manutention (exemples : palan, grue, nacelle, échelle élévatrice) ;

- outils appropriés (exemples : outils isolants, outillage portatif, vérificateur de tension) ;
- barrières de signalisation ;
- extincteurs, etc.

L'entreprise prévoit, dans l'établissement de son projet, les matériels nécessaires à la bonne marche des installations et de leurs équipements, à leur conduite aisée, à leur contrôle et à leur sécurité. Elle indique également, dans le PPSPS (plan particulier de sécurité et de protection de la santé), l'ensemble des mesures destinées à prévenir les risques découlant de l'interférence ou de la succession des activités des différents intervenants sur le chantier.

8.1.2. Sécurité durant l'exploitation

Les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre doivent prévoir, à la conception d'un bâtiment (neuf ou rénovation), les dispositifs nécessaires à la prévention des risques de chute concernant toute personne susceptible d'intervenir ultérieurement sur le bâtiment. C'est le cas des opérations de maintenance de systèmes photovoltaïques sur toiture-terrasse. Ces dispositifs doivent être en priorité des moyens de protection collective, conformément à la loi 91-1414 du 31 décembre 1991. La mise en place de garde-corps suivant la norme NF E 85-015 est essentielle. De plus, dans le cadre de travaux neufs, les garde-corps autoportants sont proscrits. Dans le cadre de travaux de réfection, les garde-corps autoportants ne sont utilisés que lorsque l'utilisation de garde-corps fixés à la structure est techniquement impossible.

Le DIUO (dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage) indique les matériels de sécurité visant à faciliter toute intervention ultérieure sur l'installation photovoltaïque.

8.2. Formation et habilitation du personnel

Le personnel intervenant lors de la mise en œuvre des modules photovoltaïques doit être formé et habilité pour les travaux réalisés.

Les toitures avec étanchéité munies d'une installation photovoltaïque produisent de l'électricité en courant continu, et ce, sans possibilité d'arrêt total. La tension en sortie d'une chaîne de modules photovoltaïques reliés en série peut rapidement devenir dangereuse (choc électrique potentiellement mortel à partir de 60 V en courant continu, ce niveau de tension pouvant être atteint dès la mise en série de deux modules photovoltaïques). Pour se protéger des risques électriques, le personnel amené à intervenir sur ces toitures doit respecter les mesures de sécurité définies au paragraphe 8.1.1 « Sécurité en phase travaux ».

En application de la réglementation, les intervenants effectuant le raccordement des modules et la mise en œuvre des équipements électriques doivent disposer de l'habilitation électrique concernée, selon la norme NF C 18-510 (habilitation symbole BP ou habilitation symbole BR « photovoltaïque »). Une dispense d'habilitation électrique n'est autorisée

que pour certaines opérations spécifiquement décrites dans la norme NF C 18-510 (notamment l'interconnexion de modules à l'aide de connecteurs débrochables conformes à la norme NF EN 50521 sur une chaîne de tension à vide inférieure ou égale à 60 V en courant continu). Les intervenants non habilités à effectuer les raccordements électriques ou à travailler à proximité de pièces nues sous tension ne doivent pas être amenés à effectuer des opérations de raccordement ou à pénétrer dans les zones de travail pouvant présenter un danger. En cours de chantier, des signalisations mises en place par le personnel électricien indiquent à tout intervenant extérieur le danger lié à la zone de travail.

Les intervenants ne doivent pas couper ou percer les modules photovoltaïques, ni déconnecter les connecteurs rapides au niveau des modules lorsque l'installation produit du courant. Toute intervention sur les connecteurs, pour un remplacement de module par exemple, doit être réalisée par un électricien spécialisé selon les normes en vigueur.

9. LES RESPONSABILITÉS / LES ASSURANCES

9.1. Responsabilités applicables aux dommages affectant les travaux après leur réception

9.1.1. La responsabilité décennale

Le professionnel lié directement au maître d'ouvrage, qui participe à la construction, d'un ouvrage immobilier, doit une garantie décennale à son client pour ses travaux. Cette garantie décennale ne peut être mise en jeu que si les dommages affectant l'ouvrage après sa réception :

- compromettent la « solidité » de l'ouvrage (dans sa fonction construction, qui comprend la viabilité, les fondations, l'ossature, le clos et le couvert) ;
- rendent l'ouvrage « impropre à sa destination » :
 - soit qu'ils affectent un des éléments de la fonction construction,
 - soit qu'ils affectent un élément d'équipement (dissociable ou indissociable) ;
- ou compromettent la « solidité » d'un élément d'équipement indissociable de l'ouvrage.

Dans ce contexte, il n'est pas possible de décréter *a priori* le délai de garantie applicable à tel ou tel corps d'état ou partie d'ouvrage à réaliser. L'ouvrage construit s'apprécie dans sa globalité. En atteste la réception de cet ouvrage, qui est unique. C'est l'importance des désordres potentiels pouvant survenir *a posteriori* et leurs conséquences par rapport à des notions de solidité ou d'utilisation de l'ouvrage qui doivent être pris en compte.

Ce qui revient à considérer que toute partie ou tout équipement d'un ouvrage neuf, dissociable (c'est-à-dire que l'on peut retirer sans altération du support) ou non, dès lors qu'il

peut être affecté d'un vice qui rendrait l'ensemble de l'ouvrage impropre à sa destination, est potentiellement soumis à une garantie décennale (la question du défaut de solidité ne suscitant pas débat).

Par ailleurs, sont soumis aux mêmes règles les travaux réalisés sur des ouvrages existants qui constituent par eux-mêmes une opération de construction ou participent aux fonctions essentielles de la construction (ossature, clos ou couvert), tels que la réfection de l'étanchéité ou le remplacement de la couverture, en intégrant un système photovoltaïque.

En résumé, la garantie décennale est due par le professionnel titulaire d'un marché passé directement avec le maître d'ouvrage et comportant la réalisation de travaux d'installation photovoltaïque sur toiture-terrasse :

- dans le cadre de la construction d'un ouvrage neuf, quel que soit le type d'élément qu'il installe ;
- sur un ouvrage existant (quelle que soit son ancienneté), dès lors que ses travaux (en y ajoutant ceux des autres intervenants dans le cadre du même chantier) participent à la fonction construction de l'immeuble, et constituent alors des travaux de construction d'un ouvrage.

À noter que l'action au titre du régime décennal contre les constructeurs ne bénéficie qu'au maître d'ouvrage qui a la qualité de propriétaire du bien, et aux propriétaires successifs de ce bien, pendant 10 ans à compter de la réception de l'ouvrage.

9.1.2. La responsabilité contractuelle de droit commun

Le maître d'ouvrage n'est pas le propriétaire de l'ouvrage sur lequel le professionnel intervient

Si le client est locataire de l'ouvrage, alors il ne peut agir contre le constructeur sur le fondement de la responsabilité décennale, sauf à disposer d'un pouvoir du propriétaire lui déléguant expressément cette action. À défaut, c'est le droit commun des contrats qui s'applique ; *idem* dans le cadre d'un crédit-bail.

Un bail emphytéotique confère à son titulaire les mêmes droits que le propriétaire et, à ce titre, l'action décennale contre les constructeurs.

Il est donc important de connaître la qualité du maître d'ouvrage pour le compte duquel les travaux sont réalisés afin de bien appréhender le régime juridique applicable.

Installation d'éléments d'équipement en surimposition sur un ouvrage existant

Depuis 2003, la Cour de cassation considère que les « éléments d'équipement dissociables adjoints à un ouvrage existant » ne constituent pas des travaux de construction au sens de l'article 1792 du Code civil. Dès lors, ils ne relèvent pas du régime décennal, mais du droit commun des contrats ou de la vente, suivant le type de contrat passé avec le client.

Ainsi en est-il d'une chaudière, d'une installation de chauffage ; même constituée d'un groupe extérieur fixé sur une façade de la maison et de trois consoles posées dans les pièces, ou encore de volets roulants ou d'un portail coulissant...

Si un système photovoltaïque est installé en surimposition sur un immeuble existant sans que la réfection d'étanchéité soit prévue, il ne s'agit pas de travaux de construction bénéficiant d'une garantie décennale.

ATTENTION

Ne pas refaire l'étanchéité au moment où l'on décide d'installer les équipements photovoltaïques risque d'entraîner des surcoûts importants pour le maître d'ouvrage, au cas où cette étanchéité devrait être ultérieurement refaite, à cause de fuites, du vieillissement, etc., puisqu'il lui faudra supporter les coûts de démontage et remontage de l'installation photovoltaïque.

C'est pourquoi, dans l'intérêt du maître d'ouvrage, ce guide prévoit dans tous les cas la réfection systématique d'étanchéité sur ouvrage existant, précisée au § 12 « La conception d'une installation photovoltaïque sur toiture-terrasse ».

Pour les défauts de production d'énergie (vendue)

Que ce soient des travaux réalisés dans le cadre d'un ouvrage neuf ou sur un ouvrage existant, le défaut de production d'énergie, surtout quand elle est vendue, n'entre pas dans le cadre de la fonction construction soumise à responsabilité décennale. Le principe est que la compensation d'un défaut de production (vendue), en tant que telle, ne relève pas du régime décennal, puisqu'il ne s'agit pas de réparer un dommage matériel affectant l'ouvrage. L'indemnisation relève des règles du droit commun.

Si l'origine du défaut de production est à rechercher dans un vice de l'appareil de production installé, et si la responsabilité de l'installateur peut être engagée, elle peut inclure la compensation du défaut de production d'énergie, sauf si les parties en ont décidé autrement dans le contrat.

Si l'installateur s'est engagé par contrat avec son client sur la production d'une certaine quantité d'énergie, il sera tenu au titre de ce seul engagement contractuel.

Si le défaut est extérieur au produit lui-même, par exemple foudre, grêle, tempête, l'installateur pourra éventuellement s'exonérer.

La question des conditions d'entretien des installations est essentielle. L'entretien concourt au maintien en bon état des installations et au maintien de leurs performances. Au titre de son obligation de conseil liée aux travaux, le professionnel doit le rappeler au client. Cette obligation de conseil n'est pas remplie lorsque le professionnel remet au client une proposition de contrat d'entretien. Seuls les conseils donnés dans le cadre du contrat de construction sont efficaces. La remise d'une fiche d'entretien spécifique et adaptée aux travaux réalisés est essentielle. Pour des questions de preuve, l'entreprise doit garder la trace du contenu du conseil donné et de sa remise au client. Mieux vaut donc un écrit remis contre signature au client.

9.1.3. La question de la réalisation des travaux par un ou plusieurs intervenants

Tout professionnel qui intervient sur le chantier avant d'autres court le risque de voir ses travaux abîmés par un intervenant suivant. Et ce risque est plus ou moins élevé en fonction du type de travaux et de l'imbrication des travaux entre eux.

Peu de risques, par exemple, pour le lot fondation, qui intervient en premier et laisse ensuite la construction se réaliser ; plus de risques, en revanche, pour le lot revêtements de sol industriels, lorsque, dans le planning du chantier, on demande à l'entrepreneur de réaliser le sol très tôt pour permettre une meilleure circulation des engins dans le chantier.

Et certainement encore plus de risques lorsqu'un professionnel « équipe » le lot précédent, comme c'est le cas lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre une installation photovoltaïque sur une étanchéité. La moindre fausse manœuvre ou erreur peut venir affecter la fonction étanchéité.

De même, celui qui intervient après doit nécessairement avoir une bonne connaissance des règles techniques du lot précédent pour pouvoir en respecter la pérennité et apprécier la qualité du support sur lequel vont porter ses propres travaux.

Mais en tout état de cause, le choix du maître d'ouvrage de confier des travaux aussi imbriqués à deux professionnels différents, alors qu'il attend un « résultat global », est une source de litiges potentiels et la gestion des sinistres risque, en pratique, de s'avérer longue et coûteuse.

Confier l'ensemble des travaux à une seule entreprise présente, pour le maître d'ouvrage, l'avantage d'un seul interlocuteur qui va maîtriser toutes les sujétions techniques, qui va choisir le produit le mieux adapté à la situation et prendre les précautions nécessaires lors de chaque étape des travaux. Elle assume seule les risques vis-à-vis du maître d'ouvrage (dommages avant réception, responsabilité civile et responsabilité décennale), ce qui facilite également les relations de l'après-vente (cf. § 10 « Organisation des marchés de travaux »).

9.2. Responsabilité applicable aux dommages autres que les travaux objet du marché

Avant ou après réception des travaux, l'action en responsabilité pour des dommages causés aux tiers, autres que ceux affectant les travaux que l'entreprise a réalisés, relève du régime de la responsabilité délictuelle, visée aux articles 1382 et suivants du Code civil.

Ainsi, s'agissant de travaux consistant en l'installation de modules photovoltaïques en surimposition sur une toiture, le fait de provoquer un dégât des eaux dans l'ouvrage existant sur lequel le professionnel intervient relève de ce régime de responsabilité, avant comme après réception des travaux.

9.3. Quelles assurances, pour quels risques ?

9.3.1. Rappel des règles générales d'assurance

Le contrat d'assurance est un contrat de bonne foi. Cela signifie qu'il est établi sur la base des « déclarations » de l'entreprise à l'assureur. Dès le départ, l'entreprise doit répondre sincèrement et par écrit aux questions que pose l'assureur dans un questionnaire qu'il doit lui remettre. Ce sont ces réponses qui servent à l'établissement du contrat. Il est très important de garder une copie de ce document (et au minimum pendant 10 ans après la fin du contrat).

À ce titre, la description des « activités » est essentielle. Toute ou partie d'activité qui ne serait pas déclarée ne serait pas assurée. Il convient de mentionner au minimum que l'activité photovoltaïque est couverte, mais peuvent également être déclarées les activités couverture, étanchéité, électricité ou autre en fonction des activités de l'entreprise. Il est important de noter par exemple qu'une activité « étanchéité » et/ou « couverture » n'est pas adéquate ni suffisante à elle seule pour englober l'activité photovoltaïque : le terme « photovoltaïque » doit donc apparaître précisément sur les conditions particulières, l'attestation et/ou l'avenant spécifique au contrat. Voir également avec l'assureur si une liste des procédés est nécessaire pour mieux appréhender le champ de la garantie.

Si l'entreprise développe une activité spécifique d'entretien et/ou de maintenance, elle doit être assurée pour cette activité et pouvoir produire l'attestation d'assurance (responsabilité civile) correspondant à cette activité.

Ensuite, en cours de contrat, l'entreprise devra déclarer à l'assureur toute « modification » qui rendrait caduques les réponses aux questions posées lors de la mise en place du contrat. À défaut de cette déclaration, elle risque de ne pas être couverte totalement, voire pas du tout, au moment du sinistre.

Il est important de veiller à ce que les montants de garantie (montant avec plafond par sinistre et par an) soient suffisants, notamment sur les postes « dommages matériels » et « dommages immatériels » (par exemple : pertes financières).

En dehors de l'assurance décennale obligatoire, l'assureur couvrant la responsabilité du professionnel responsable pourra opposer à la victime les franchises prévues par ce contrat.

On l'a vu, le régime juridique de responsabilité applicable dépend du contexte de la construction (ouvrage neuf ou immeuble existant) du client, du type et de l'importance des travaux réalisés (cf. §§ 9.1 et 9.2), de la période où le sinistre est découvert : avant ou après réception, etc.

Le type de garantie d'assurance mobilisable dépend des dommages et de la détermination du régime de responsabilité applicable :

- **assurance des dommages affectant ces travaux avant leur réception** : effondrement, tempête, grêle, attentat, incendie, etc. Cette assurance de dommages est facultative ;
- **assurance des dommages causés aux tiers** (dont, et y compris, le maître d'ouvrage), du fait d'erreurs, de fautes, de négligences, etc. commises par l'entreprise ou ses salariés, pendant ou après les travaux. Cette assurance de responsabilité générale ne couvrira que les dommages causés aux tiers, à l'exclusion des dommages affectant l'installation

elle-même, ou des manques de production par rapport aux engagements contractuels de l'entreprise envers son client, qui vont au-delà de ce que la loi prévoit ;

- **assurance de responsabilité décennale** : elle n'est obligatoire que pour les ouvrages qui y sont soumis (cf. article L. 243-1-1 du Code des assurances). Elle s'accompagne de garanties complémentaires telles celles des dommages aux existants, des dommages immatériels ou de la garantie de bon fonctionnement ;
- **assurance des dommages et des travaux qui ne relèvent pas du régime décennal**, relevant de la responsabilité contractuelle de droit commun. C'est dans ce cadre que des **garanties plus spécifiques pour la production d'énergie** peuvent exister. Ce type d'assurance est facultatif. Tous les assureurs ne les proposent pas. Interrogez-les et faites jouer la concurrence !

9.3.2. Focus sur l'assurance décennale obligatoire

Même si toutes les conditions sont réunies pour permettre l'application de la responsabilité décennale, encore faut-il que la loi ait rendu l'assurance décennale obligatoire pour les ouvrages sur lesquels l'entreprise intervient.

Cette assurance obligatoire garantit le paiement des travaux de réparation de l'ouvrage du fait des dommages de nature décennale qui l'affectent, pendant les 10 ans qui suivent la réception de cet ouvrage, dès lors que cette responsabilité est imputable au constructeur assuré.

Lorsqu'ils participent à la réalisation d'un ouvrage relevant de l'obligation d'assurance décennale en vertu de l'article L. 243-1-1⁽¹⁾ du Code des assurances, seuls les constructeurs directement liés au maître d'ouvrage, propriétaire de l'ouvrage, sont obligés de souscrire cette assurance. Il convient donc de se reporter, chaque fois que nécessaire, à cet article ⁽¹⁾.

Les points de vigilance : si vous sortez du cadre, une extension de garantie est nécessaire

Les travaux de rénovation énergétique répondent aux mêmes critères d'activités et de risques que les autres travaux et ils sont garantis selon les mêmes principes, s'ils ont été correctement déclarés à l'assureur. Il faut néanmoins que l'entreprise soit vigilante dans certaines situations et qu'elle se reporte aux conditions particulières de son contrat :

(1) Article L. 243-1-1 du Code des assurances - « I.- Ne sont pas soumis aux obligations d'assurance édictées par les articles L. 241-1, L. 241-2, et L. 242-1 les ouvrages maritimes, lacustres, fluviaux, les ouvrages d'infrastructures routières, portuaires, aéroportuaires, héliportuaires, ferroviaires, les ouvrages de traitement de résidus urbains, de déchets industriels et d'effluents, ainsi que les éléments d'équipement de l'un ou l'autre de ces ouvrages.

Les voiries, les ouvrages piétonniers, les parcs de stationnement, les réseaux divers, les canalisations, les lignes ou câbles et leurs supports, les ouvrages de transport, de production, de stockage et de distribution d'énergie, les ouvrages de stockage et de traitement de solides en vrac, de fluides et liquides, les ouvrages de télécommunications, les ouvrages sportifs non couverts, ainsi que leurs éléments d'équipement, sont également exclus des obligations d'assurance mentionnées au premier alinéa, sauf si l'ouvrage ou l'élément d'équipement est accessoire à un ouvrage soumis à ces obligations d'assurance.

II.- Ces obligations d'assurance ne sont pas applicables aux ouvrages existants avant l'ouverture du chantier, à l'exception de ceux qui, totalement incorporés dans l'ouvrage neuf, en deviennent techniquement indivisibles. »

- **Activités assurées :**

Vérifier la définition des activités dans le contrat d'assurance. Elles doivent correspondre aux travaux réellement exécutés par l'entreprise.

- **Matériaux et procédés mis en œuvre :**

Utiliser des procédés et produits de construction de technique courante au sens de votre contrat d'assurance.

Ne pas hésiter à interroger votre assureur pour confirmer que la garantie vous est acquise pour l'ensemble des produits et procédés mis en œuvre.

- **Quel est le coût maximal du chantier fixé par l'assureur à l'entreprise pour ses interventions ?**

L'assureur décennal peut conditionner l'application de sa garantie au fait que l'entreprise n'intervienne pas sur des chantiers dont le coût est supérieur à un montant donné. Cette limite est indiquée dans les conditions particulières du contrat et sur les attestations d'assurance décennale. Avant de soumissionner à un marché de travaux, il convient toujours de vérifier cette limite. Dans le cas où cette limite serait trop faible par rapport à un chantier donné, il conviendra de négocier avec l'assureur un avenant spécifique d'extension.

- **Pour quel montant de garantie « décennale » devez-vous être assuré ?**

C'est la loi qui détermine le montant de garantie « décennale » auquel vous êtes tenu. Ce montant varie suivant le type d'ouvrage en fonction de son usage :

- pour les ouvrages d'habitation, l'entreprise doit être garantie pour le coût des travaux de réparation des dommages matériels de nature décennale causés à l'ouvrage (par exemple : reprise de la toiture, reconstruction de l'ouvrage, etc.). L'attestation d'assurance ne doit donc comporter aucun montant de garantie, mais recopier obligatoirement cette phrase ;
- pour les ouvrages autres que d'habitation, le montant de la garantie ne peut être inférieur au coût total de la construction déclaré par le maître d'ouvrage (montant définitif de l'ensemble des travaux afférents à la réalisation de l'opération de construction) dans la limite de 150 millions d'euros ⁽¹⁾. Au-delà, il n'y a plus d'obligation d'assurance.

Ainsi, le montant de la garantie décennale obligatoire est sans rapport avec le montant de votre marché. Un petit marché peut entraîner un désordre d'une grande ampleur.

(1) Le coût total de la construction s'entend du montant définitif des dépenses de l'ensemble des travaux afférents à la réalisation de l'opération de construction, toutes révisions, honoraires, taxes et s'il y a lieu travaux supplémentaires compris. Ce coût intègre la valeur de reconstruction des existants totalement incorporés dans l'ouvrage neuf et qui en deviennent techniquement indivisibles au sens du II de l'article L. 243-1-1 du Code des assurances.

Exemple

Un entrepreneur intervient sur un chantier autre que d'habitation, d'un coût total de 1 million d'euros. Son marché est de 10 000 euros. Le maître d'ouvrage est en droit d'exiger de l'entrepreneur qu'il lui fournisse une attestation d'assurance comportant un montant de garantie au minimum de 1 millions d'euros, même si son propre marché est largement inférieur.

• En cas de sous-traitance :

- vérifier les conditions posées par votre assureur en cas de sous-traitance de travaux à une autre entreprise ;
- obtenir et vérifier les attestations d'assurance des sous-traitants, qui doivent fournir à l'entreprise une attestation de garantie RC et décennale les couvrant dans des conditions identiques à celles de l'entreprise titulaire du marché (activité, liste des procédés et champ d'application du contrat). C'est le contrat de sous-traitance qui fixe les règles entre l'entrepreneur principal et son sous-traitant (possibilité de recourir au contrat type de sous-traitance élaboré par les organisations professionnelles).

• Vis-à-vis des fournisseurs :

- Ils doivent transmettre à l'entreprise une attestation de garantie RC professionnelle couvrant le produit ou procédé fourni, comportant un montant de garantie suffisant pour couvrir les recours et l'éventualité d'un sinistre sériel.

9.3.3. Le propriétaire, l'exploitant ou le concessionnaire de l'installation photovoltaïque peut également souscrire certaines assurances

Il est fortement conseillé de souscrire ces assurances :

- une assurance multirisque locaux, couvrant sa responsabilité civile, dont l'objet est de garantir les conséquences financières des dommages causés à toute personne au cours de l'exploitation de la centrale et les dommages aux biens, en portant une attention particulière au sort de l'installation photovoltaïque ;
- une assurance perte de production couvrant les dommages pouvant affecter le système photovoltaïque, une fois installé. Cette assurance de dommages mentionne une liste d'événements couverts, tels que tempête, bris de vitre, grêle, foudre, etc. Elle peut également couvrir la perte de production résultant directement du dommage affectant le système, si le contrat le prévoit. L'assureur reste ensuite libre de se retourner contre un tiers au contrat d'assurance s'il est responsable des dommages. L'assureur conditionne généralement la délivrance de cette assurance à l'existence d'un contrat de maintenance accompagnant les travaux.

9.3.4. L'entreprise peut également proposer une garantie spécifique au bénéfice de son client

Le coût de cette garantie peut être intégré au prix des travaux, ou y être ajouté.

La FFB (Fédération Française du Bâtiment) a souhaité que les mutuelles du BTP proches de la profession créent un contrat spécifique « de production d'énergie photovoltaïque ».

- Cette garantie est souscrite par l'entreprise.
- Elle bénéficie au maître d'ouvrage ou à l'exploitant de l'installation photovoltaïque.
- C'est une garantie, dont la prime est payée en une seule fois au moment des travaux, pour toute la durée de la garantie et qui couvre les dommages suivants résultant de :
 - erreur de conception ;
 - vice de matériaux ;
 - mise en œuvre défectueuse.
- Les panneaux sont garantis pendant 10 ans ;
- les onduleurs pendant 5 ans ;
- avec une garantie de pertes de recette.

Les conditions et limites sont fixées par le contrat d'assurance. Un contrat d'entretien/maintenance peut être nécessaire pour mettre en place ce type de garantie.

N'hésitez pas à interroger votre assureur pour savoir s'il peut mettre en place toutes les assurances permettant de répondre à vos besoins !

10. ORGANISATION DES MARCHÉS DE TRAVAUX

Les marchés de travaux organisés avec fourniture et pose sont parfaitement adaptés au cas des installations photovoltaïques mises en œuvre sur bâtiment. On entend par fourniture et pose celle des modules photovoltaïques, du système de montage, des matériaux assurant le clos et le couvert, et de l'ensemble des équipements électriques nécessaires à la transmission et à la conversion du courant électrique en toute sécurité.

L'entreprise de bâtiment est titulaire du marché de travaux. Elle gère dans sa globalité l'installation des systèmes mis en œuvre : conception, mise en œuvre conforme aux spécifications, respect des règles de sécurité, mise en service, et maintenance si elle propose ce service. Elle respecte un plafond de sous-traitance fixé par les organismes de qualification agréés par le Cofrac (exemple : Qualibat, Qualifelec, Qualit'EnR...).

L'entreprise de bâtiment peut disposer en propre de toutes les compétences et de tout le matériel nécessaire à la bonne réalisation de l'installation, ou sous-traiter une partie des travaux dans la limite du seuil de sous-traitance précité. Elle peut aussi être le mandataire d'un groupement momentané d'entreprises, en exécutant une partie du marché.

Le marché de travaux incluant l'installation photovoltaïque fait normalement partie d'un lot unique concernant l'ouvrage traditionnel associé à l'installation photovoltaïque, celui de la « toiture avec étanchéité intégrant une installation photovoltaïque » (cf. § 9.1.3 « La question de la réalisation des travaux par un ou plusieurs intervenants »).

Le lot unique permet de tenir compte, dans l'étude technique et la réalisation des travaux, de l'ensemble des aspects relatifs à l'association mécanique des modules photovoltaïques avec l'ouvrage et le bâtiment.

Lorsque l'installation photovoltaïque ne concerne qu'une portion non significative de l'ouvrage, il est cependant admis d'attribuer le lot concernant l'ouvrage traditionnel et le lot photovoltaïque à deux titulaires différents.

11. LES DÉMARCHES ADMINISTRATIVES

Une bonne connaissance et un bon suivi des démarches administratives peuvent avoir une importance cruciale pour la réussite d'un projet d'installation photovoltaïque sur toiture-terrasse.

Au cours de l'élaboration du projet, plusieurs types de démarches sont à distinguer :

- **les démarches d'urbanisme (mairie, ABF – architectes des bâtiments de France...).** Il s'agit d'obtenir les autorisations d'implantation de la part des différentes autorités administratives ;
- **les démarches de financement (banques...).** Une installation peut nécessiter une attestation de fonds propres ou une offre de prêt bancaire, que le maître d'ouvrage pourra négocier avec son banquier ;
- **les démarches de raccordement, le cas échéant (ERDF ou régies locales...).** Le premier document à envoyer est la demande de raccordement. Le gestionnaire de réseau établit ensuite un devis de raccordement (ou PTF : proposition technique et financière), qui est suivi, après acceptation, d'un contrat de raccordement, d'un contrat d'accès et d'un contrat d'exploitation. Des acomptes sont demandés au cours de ces démarches. Une attestation de conformité du CONSUEL et une attestation d'assurance responsabilité civile sont également exigées pour que le raccordement soit effectué.
- **les démarches liées au contrat d'achat, le cas échéant (EDF AOA – Agence obligation d'achat solaire, ou autre acheteur).** Il s'agit principalement de signer le contrat d'achat émis par l'acheteur après la mise en service de l'installation. Puis, tout au long du contrat d'achat, le producteur établira des factures qui lui seront réglées par l'acheteur, et dont le montant correspondra à l'énergie produite par l'installation durant un intervalle de temps défini dans le contrat.

Les démarches les plus longues sont généralement celles liées au raccordement de l'installation au réseau. Il faut prévoir plusieurs mois entre le début d'un projet et la signature du contrat d'achat correspondant.

12. LA CONCEPTION D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE-TERRASSE

La conception de l'installation tient compte des contraintes de l'ouvrage auquel elle est liée et doit respecter les référentiels relatifs à cet ouvrage.

La conception de l'installation photovoltaïque respecte les dispositions de l'évaluation technique (avis technique, Pass'Innovation, ATEx, ETN...) du système photovoltaïque dans sa globalité, incluant le support et le domaine d'emploi qui y est précisé.

En particulier, chaque élément de l'installation – modules, système de montage, complexe d'étanchéité, élément porteur – doit résister aux charges liées à la neige, ainsi qu'aux effets du vent définis en fonction de la région de vent, de la catégorie de terrain, de la configuration du bâtiment, de la hauteur au-dessus du sol, etc.

Si l'installation photovoltaïque est destinée à être mise en œuvre sur un ERP (établissement recevant du public), la conception de l'installation respecte les avis de la CCS (Commission centrale de sécurité) du 5 novembre 2009 et du 7 février 2013.

ATTENTION

Dans le cas de travaux de réfection ou de mise en œuvre ultérieure sur une toiture existante, une étude préalable, réalisée conformément au NF DTU 43.5, doit permettre de vérifier l'aptitude de l'existant à recevoir le système photovoltaïque selon les dispositions listées ci-après (la performance mécanique de l'isolant doit notamment être adaptée).

Dans tous les cas, un nouveau revêtement d'étanchéité est à prévoir pour assurer une durée de vie au moins égale à celle de la centrale photovoltaïque.

Un logigramme en annexe au présent document récapitule les dispositions à prévoir en cas de projet d'installation sur toiture existante.

12.1. Principales exigences liées aux ouvrages sous-jacents (élément porteur, isolant, revêtement d'étanchéité) au système photovoltaïque

12.1.1. Procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples

Les exigences portant sur les éléments sous-jacents à ces systèmes sont définies précisément au sein d'évaluations techniques spécifiques, portant sur les systèmes photovoltaïques dans leur globalité.

Les exigences suivantes sont à respecter :

- **Éléments porteurs**

Les concepteurs des procédés indiquent, dans leurs documents techniques, les éléments porteurs et supports compatibles, avec la pente minimale admissible. Celle-ci ne peut

évidemment pas être inférieure à la pente minimale exigée par les éléments porteurs et supports et définie dans les DTU de la série 43.

La pente maximale admissible est également indiquée.

• Isolation thermique

– *Sur ouvrages neufs :*

Les supports isolants non porteurs admis sont de classe C à 80 °C (compressibilité selon guide UEAtc), Les panneaux supports en isolant polystyrène expansé de classe B à 80 °C sont également admis.

– *Sur ouvrages existants :*

Sur un ancien revêtement d'étanchéité conservé dans le cadre des dispositions définies par le DTU 43.5, il y a lieu de remettre un écran support de classe C à 80 °C et apte à recevoir un revêtement d'étanchéité, si l'isolant existant ne respecte pas les conditions de l'alinéa ci-dessus.

Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

• Revêtement d'étanchéité

Les performances ci-après sont à atteindre par le revêtement d'étanchéité, que ce soit pour les complexes avant assemblage du film photovoltaïque ou pour les zones qui ne reçoivent pas de film photovoltaïque.

Pour les systèmes adhérents au support, les performances minimales du revêtement d'étanchéité sont de niveau F4I4T4, par référence au cahier du CSTB n° 2358 (classement FIT).

Nota 1 : *Un classement T2 est admis en toiture de pente maximale 10 % et au-delà de 10 % de pente avec des fixations mécaniques en tête des lés d'étanchéité photovoltaïque. Pour les systèmes fixés mécaniquement, pour lesquels ce classement ne s'applique pas, les performances minimales relatives au poinçonnement statique et dynamique seront L4 et D2 par référence à ce même cahier, ce qui correspond au niveau I4.*

Nota 2 : *Des exigences spécifiques pourront être définies dans le cadre de l'évaluation technique du procédé considéré.*

12.1.2. Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure porteuse

• Éléments porteurs

Les éléments porteurs sont les supports maçonnés, en tôles d'acier nervurées, en bois ou panneaux dérivés du bois définis dans les NF DTU de la série 43.

– *Pente admise :*

Ces systèmes admettent des pentes supérieures à 5 %, bien qu'ils soient mis en œuvre sur des toitures considérées comme techniques au sens des NF DTU de la série 43.

– *Charges prises en compte :*

Il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 en

travaux de réfection, et selon les NF DTU 43.1, 43.3, 43.4 et 43.11 en travaux neufs, notamment en prenant bien en compte les charges rapportées permanentes liées aux équipements de production d'énergie. Il est rappelé également que la destination en toiture technique implique la prise en compte d'une charge d'entretien majorée (150 daN/m²), selon la norme NF P 06-001.

• Isolation thermique

– *Sur ouvrages neufs* :

Les supports isolants non porteurs admis sont :

- de classe C (compressibilité selon guide UEAtc) minimale à 80 °C avec étanchéité apparente ;
- de classe C (compressibilité selon guide UEAtc) minimale à 60 °C avec étanchéité sous protection lourde.

– *Sur ouvrages existants* :

Il y a lieu de refaire un nouveau revêtement d'étanchéité. L'interposition d'un écran support de classe C minimale à 80 °C est nécessaire si les conditions des alinéas ci-dessus ne sont pas remplies. Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le NF DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

• Revêtement d'étanchéité

Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'un avis technique ou document technique d'application.

Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité.

12.1.3. Systèmes lestés

Trois types de solutions sont possibles :

1/ Systèmes posés sur protection lourde dure selon les recommandations professionnelles n° 3 de la CSFE

• Éléments porteurs

En maçonnerie, conformément aux spécifications du NF DTU 20.12.

• Isolation thermique

– *Sur ouvrages neufs* :

Sont admis les isolants thermiques supports d'étanchéité ou pour pose inversée, utilisables en toitures techniques, sous protection lourde par dalle béton.

– *Sur ouvrages existants* :

Il y a lieu de refaire un nouveau revêtement d'étanchéité. L'interposition d'un écran support de classe C minimale est nécessaire si les conditions de l'alinéa ci-dessus ne sont pas remplies. Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec applica-

tion des dispositions définies par le NF DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

- **Revêtement d'étanchéité sous protection lourde dure**

Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'avis technique ou document technique d'application.

Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité.

2/ Systèmes mis en œuvre sur des massifs rapportés sur le complexe d'étanchéité (uniquement dans le cas de l'élément porteur maçonné)

La mise en œuvre respecte les dispositions du NF DTU 43.1.

- **Isolation thermique**

- *Sur ouvrages neufs :*

Sont admis les isolants thermiques supports d'étanchéité de classe C à 80 °C ou pour pose inversée, utilisables en toitures techniques.

- *Sur ouvrages existants :*

Il y a lieu de refaire un nouveau revêtement d'étanchéité. L'interposition d'un écran support de classe C minimale est nécessaire si les conditions de l'alinéa ci-dessus ne sont pas remplies. Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le NF DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

- **Revêtement d'étanchéité**

Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'avis technique ou document technique d'application.

Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité.

3/ Systèmes posés directement sur l'étanchéité apparente soumis à évaluation technique spécifique et envisageables pour tous types d'éléments porteurs

Les exigences portant sur les éléments sous-jacents à ces systèmes sont définies précisément au sein d'évaluations techniques spécifiques, portant sur les systèmes photovoltaïques dans leur globalité.

Les exigences suivantes sont à respecter :

- **Structure, éléments porteurs**

Dimensionnement en fonction des charges rapportées ; pour l'élément porteur, il convient de tenir compte des charges de neige concentrées et des zones d'accumulation créées par les modules inclinés.

• Isolation thermique

– Sur ouvrages neufs :

Les supports isolants non porteurs sont de classe C à 80 °C (compressibilité selon guide UEAtc). Les panneaux supports en isolant polystyrène expansé de classe B à 80 °C sont également admis.

De plus, il convient de dimensionner l'isolant en fonction de la pression appliquée par le système, en particulier celle due au lestage, etc.

– Sur ouvrages existants :

Sur un ancien revêtement d'étanchéité conservé dans le cadre des dispositions définies par le DTU 43.5, il y a lieu de remettre un écran support de classe C et apte à recevoir un revêtement d'étanchéité, si l'isolant existant ne respecte pas les conditions de l'alinéa ci-dessus.

Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

• Revêtement d'étanchéité

Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'un avis technique ou document technique d'application.

Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité.

De plus, le complexe doit être renforcé pour résister aux efforts de poinçonnement (15).

Nota : Des exigences spécifiques pourront être définies dans le cadre de l'évaluation technique du procédé considéré.

12.1.4. Autres systèmes

• Sont visés :

- les systèmes assurant partiellement ou totalement l'étanchéité de la toiture (cf. § 5.2) ;
- les systèmes fixés sur dispositifs solidaires de l'élément porteur (cf. § 5.4) ;
- les systèmes liaisonnés à l'étanchéité (cf. § 5.5).

Les exigences portant sur les éléments sous-jacents à ces systèmes sont définies au sein d'évaluations techniques spécifiques, portant sur les systèmes photovoltaïques dans leur globalité, incluant le support (élément porteur, isolant, complexe d'étanchéité) et le domaine d'emploi associé.

12.2. Choix du système

Il est fortement conseillé à l'entreprise qui réalise l'installation photovoltaïque de choisir et de fournir les produits qu'elle installe (cf. § 10. « Organisation des marchés de travaux »).

12.2.1. Modules photovoltaïques

Il convient de choisir des modules photovoltaïques respectant les critères de qualité suivants :

- les modules photovoltaïques sont conformes aux normes NF EN 61730-1 « Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1 : exigences pour la construction » et NF EN 61730-2 « Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2 : exigences pour les essais » ;
- ils comportent le marquage exigé par la norme NF EN 50380 « Spécifications particulières et informations sur les plaques de constructeur pour les modules photovoltaïques » ;
- les modules rigides à base de silicium cristallin disposent d'une attestation de conformité à la norme NF EN 61215 « Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation » ;
- les modules en couches minces disposent d'une attestation de conformité à la norme NF EN 61646 « Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation » ;
- la tension maximale admissible par les modules photovoltaïques est compatible avec les niveaux de tension prévus dans le cadre de l'installation photovoltaïque.

Il convient de privilégier le choix de modules photovoltaïques disposant d'une marque visant à renforcer les essais mécaniques et électriques effectués sur les modules, et/ou à renforcer la qualité de fabrication des modules par la mise en place d'audits qualité réguliers des processus de fabrication.

Les modules photovoltaïques sont conformes aux dispositions esthétiques et fonctionnelles définis par la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage. Ils sont notamment compatibles avec le système de montage choisi, permettant de respecter ces dispositions.

12.2.2. Système de montage

Il convient de choisir un système photovoltaïque respectant les critères de qualité suivants :

- le système photovoltaïque bénéficie d'une évaluation technique de type : avis technique (ATec), Pass'Innovation Vert, enquête de technique nouvelle (ETN), appréciation technique d'expérimentation (ATEX) ;
- le système photovoltaïque est compatible avec les caractéristiques de l'ouvrage support, notamment :
 - élément porteur : maçonnerie, béton cellulaire, bois, tôles d'acier nervurées,
 - isolant support d'étanchéité ou en pose inversée (classe de compressibilité...),
 - complexe d'étanchéité,
 - pente de la toiture-terrasse,
 - charges admissibles ;

- le système photovoltaïque est compatible avec les conditions spécifiques du site d'implantation, notamment :
 - zone climatique (région de vent, zone de neige),
 - zone de sismicité,
 - climat de plaine ou de montagne,
 - atmosphères extérieure et intérieure,
 - destination du bâtiment,
 - hauteur du bâtiment ;
- le système photovoltaïque respecte les fonctions traditionnelles de la toiture avec étanchéité.

Le système photovoltaïque est choisi sur la base des critères ci-dessus et en fonction des dispositions esthétiques et fonctionnelles précisées par le maître d'ouvrage.

12.3. Calepinage

12.3.1. Dispositions liées à la production électrique

Une étude optimise le calepinage de l'installation en fonction de la production électrique attendue et de l'utilisation souhaitée (vente d'électricité, autoconsommation...).

L'orientation et l'inclinaison de l'installation photovoltaïque sont optimisées dans la mesure des possibilités techniques et des exigences du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre.

Les masques, c'est-à-dire les ombres portées par un obstacle proche comme lointain, sont évités dans la mesure du possible. La proximité de l'installation avec des obstacles tels que des équipements techniques ou de la végétation induisant des ombres portées est à éviter. Si celle-ci est inévitable, un relevé de masques est effectué avant toute étude, afin de déterminer l'impact de l'ombrage sur la production électrique de l'installation photovoltaïque. L'installation est conçue de manière à ce que les modules photovoltaïques ne se masquent pas mutuellement, en particulier dans le cas d'une installation en *sheds*.

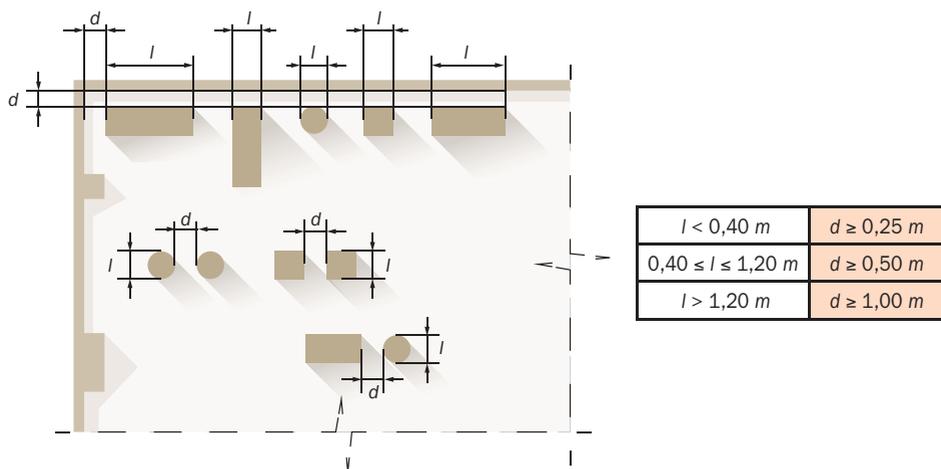
Le dimensionnement électrique de l'installation prend lui aussi en compte les éventuels masques. En effet, un ombrage sur un module ou une partie de module affecte la production électrique de tous les modules raccordés en série sur la même chaîne. Si un masque est inévitable, l'installation sera conçue de telle sorte que ce masque influe sur un minimum de chaînes de modules. Des technologies existantes et à venir permettent de s'affranchir de cette problématique.

12.3.2. Dispositions liées au complexe d'étanchéité

Les exigences de réalisation, d'entretien et de réfection des ouvrages d'étanchéité nécessitent, pour l'implantation des modules, le respect des dispositions suivantes selon le type d'élément porteur :

• **Élément porteur en maçonnerie avec massifs (voir NF DTU 43.1 et 43.11)**

La distance minimale entre ouvrages émergents voisins, définie dans le NF DTU 20.12, doit être respectée. Elle est rappelée dans la figure ci-dessous en fonction de la dimension en vis-à-vis entre massifs supports du système.

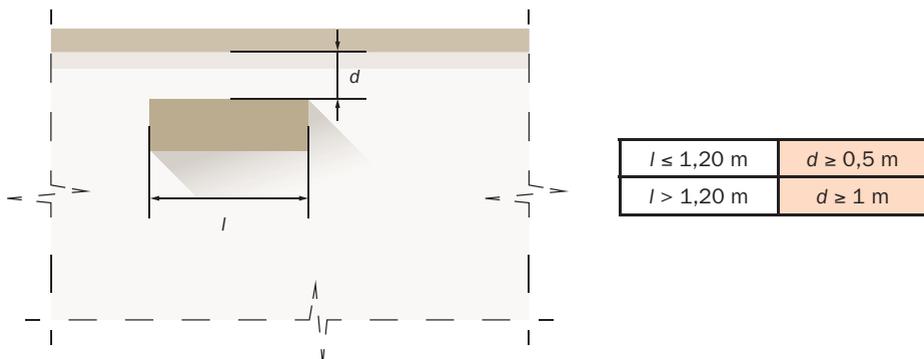


Exemple d'implantation d'équipements en fonction de leurs longueurs

• **Élément porteur en tôles d'acier nervurées ou en bois ou panneaux à base de bois avec dispositifs solidaires de la structure porteuse (voir NF DTU 43.3 et 43.4)**

Deux cas sont à envisager :

- la longueur de l'équipement, mesurée parallèlement à l'émergence voisine, est $\leq 1,20 \text{ m}$: l'équipement doit être à plus de $0,50 \text{ m}$ de l'émergence et de l'entrée d'eaux pluviales ;
- cette longueur est supérieure à $1,20 \text{ m}$: l'équipement doit être à plus de 1 m de l'émergence et de l'entrée d'eaux pluviales.



Exemple d'implantation d'équipement en fonction de sa longueur

• Autres cas

Il convient de se reporter aux dispositions retenues dans l'évaluation technique spécifique.

Les modules ou films photovoltaïques ne seront pas installés sur les zones identifiées ci-après :

- sur une distance minimale de 0,50 m en périphérie de toitures et ouvrages émergents tels que lanterneaux, cheminées ;
- sur une distance de 1 m en périphérie d'équipements divers tels que climatiseurs ;
- sur une distance minimale en noue, de part et d'autre du fil d'eau et au pourtour des évacuations d'eaux pluviales, de manière à éviter toute stagnation d'eau sur les modules.

Les zones techniques sont éloignées d'au moins 2 m des zones photovoltaïques ;

Pour faciliter l'entretien, accéder aux lanterneaux, exutoires de fumées, dispositions de ventilation mécanique contrôlée, antennes, enseignes, etc., les toitures photovoltaïques, par nature inaccessibles, peuvent comporter des chemins de circulation (selon les documents particuliers du marché).

Les chemins de circulation ont une largeur minimale de 0,50 m.

12.3.3. Dispositions spécifiques dans le cas des modules souples

Certaines parties de la toiture sont dépourvues de films photovoltaïques pour les raisons principales suivantes :

- rendre impossible les stagnations d'eau sur les cellules ;
- rendre possible l'accès aux équipements techniques et aux ouvrages particuliers tels que relevés, évacuations d'eaux pluviales, etc. ;
- présence de zones avec ombres portées, donc partiellement efficaces ;
- présence d'émergences dont l'implantation est réalisée selon les NF DTU de la série 43.

12.4. Partie électrique

Il convient de faire le choix d'équipements électriques respectant les critères de qualité suivants :

- les équipements électriques sont choisis dans le respect de la norme NF C 15-100 et du guide UTE C 15-712-1 dans le cas d'une installation raccordée au réseau ou UTE C 15-712-2 dans le cas d'une installation autonome ;
- les connecteurs sont conformes à la norme NF 50521. Ils ne sont pas débouchables sans outils. Dans le cas contraire, les vibrations et la mise en tension des câbles pourraient les déconnecter et par la suite provoquer un arc électrique occasionnant un départ de feu. Tous les connecteurs DC utilisés sont du même fabricant, de la même marque et du même modèle ;
- l'onduleur respecte la norme DIN VDE 026-1-1 afin d'assurer la fonction de protection de découplage en cas de panne du réseau électrique. Sa fréquence de découplage est conforme à la documentation technique de référence du gestionnaire de réseau public.

La partie électrique de l'installation photovoltaïque est conçue dans le respect de la norme NF C 15-100 et du guide UTE C 15-712-1 dans le cas d'une installation raccordée au réseau ou UTE C 15-712-2 dans le cas d'une installation autonome.

Les câbles sont dimensionnés conformément aux guides précités de manière à pouvoir supporter sans dégradation le courant électrique amené à les traverser.

Le cheminement des canalisations électriques de la partie DC de l'installation est conçu de manière à proscrire les boucles d'induction, tout en cherchant à réduire les longueurs de câble.

Les modalités de passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment sont prévues en fonction des contraintes spécifiées par le maître d'œuvre.

Pour le dimensionnement de l'onduleur, il est préconisé de respecter les dispositions suivantes :

- un rendement élevé de l'onduleur sur la plage de tension d'entrée correspondant au fonctionnement usuel de l'installation est à privilégier ;
- l'installation de l'onduleur est prévue dans un local suffisamment ventilé et tempéré, ou à l'extérieur ;
- sa plage de tension d'entrée et sa tension optimale de fonctionnement sont adaptées aux caractéristiques électriques du système photovoltaïque.

Lorsqu'un local technique est prévu, celui-ci est suffisamment ventilé et isolé des pièces de vie. Il ne pourra contenir de matériels ou équipements présentant un danger immédiat pour les appareils électriques en présence (produits inflammables, atmosphère corrosive ou poussiéreuse...).

Les matériels installés à l'extérieur possèdent le degré de protection minimum IP44. Leur degré de protection contre les impacts mécaniques est au moins IK07.

12.5. Évaluation du productible

Le calcul de la production électrique est réalisé à l'aide d'un logiciel adapté, et prend en compte au minimum la localisation géographique, l'orientation et l'inclinaison du système photovoltaïque, les masques, la ventilation du système et le rendement de l'onduleur.

13. LA MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE-TERRASSE

La mise en œuvre de l'installation photovoltaïque tient compte des contraintes de l'ouvrage auquel elle est liée et respecte les référentiels relatifs à cet ouvrage.

La mise en œuvre de l'installation est conforme au synoptique et au calepinage prévus dans le dossier d'exécution.

13.1. Mise en œuvre non traditionnelle de systèmes sous évaluations techniques

Sont concernés les modules souples (cf. § 5.1), les systèmes assurant partiellement ou totalement l'étanchéité (cf. § 5.2), les systèmes liaisonnés à l'élément porteur (cf. § 5.4), les systèmes liaisonnés à l'étanchéité (cf. § 5.5) et les systèmes lestés sur étanchéité avec dispositifs autres que dallage et massifs rapportés (cf. §§ 5.6 et 12.1.3).

La mise en œuvre du système photovoltaïque respecte les dispositions prévues dans le cadre de l'évaluation technique (ATec, Pass'Innovation, ATEc, ETN...) dans sa globalité, incluant le support, ainsi que les préconisations du fabricant.

La mise en œuvre est précédée, si nécessaire, d'une adaptation du support afin que le domaine d'emploi du système soit parfaitement respecté.

La procédure de montage du système photovoltaïque doit permettre aux intervenants d'éviter de marcher directement sur les modules ou les films photovoltaïques.

13.2. Mise en œuvre traditionnelle de systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure porteuse

13.2.1. Cas de l'élément porteur en maçonnerie

La mise en œuvre de tels systèmes s'effectue conformément aux dispositions du NF DTU 43.1 relatives aux toitures techniques, l'équipement est posé sur un ou plusieurs massifs émergents en maçonnerie ou sur des potelets métalliques, solidaires de l'élément porteur.

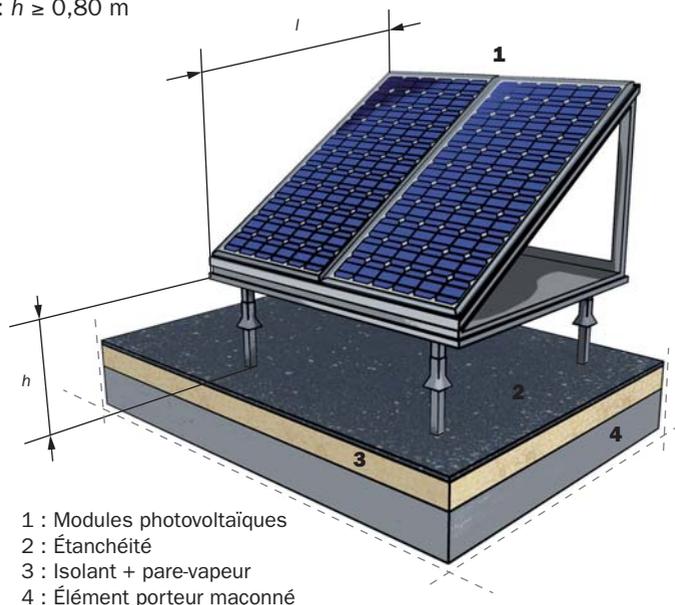
Chaque massif est conforme, en ce qui concerne les reliefs, aux dispositions du NF DTU 20.12. L'étanchéité du dessus de ce massif émergent est assurée par l'installateur de l'équipement rapporté.

Dans le cas de potelets métalliques liaisonnés à l'élément porteur en maçonnerie, l'étanchéité du dessus des potelets est assurée par l'installateur de l'équipement rapporté.

Afin de pouvoir effectuer les opérations d'entretien de la toiture et les éventuelles réparations, il est nécessaire de prévoir une hauteur minimale h entre le bas de l'équipement

et la protection du revêtement d'étanchéité des parties courantes. Cette hauteur est fonction de la largeur l d'encombrement horizontal de l'équipement :

- si $l \leq 1,20$ m : $h \geq 0,40$ m en climat de plaine (en climat de montagne, voir tableau 23 du NF DTU 43.11 P1-1)
- si $l > 1,20$ m : $h \geq 0,80$ m



Hauteur minimale libre sous le système photovoltaïque

Nota : Dans le cas de systèmes photovoltaïques disposés en rangées, si deux rangées sont espacées de moins de 0,80 m, elle sont considérées comme une seule rangée d'équipements.

13.2.2. Cas de l'élément porteur en tôles d'acier nervurées ou en bois et panneaux dérivés du bois

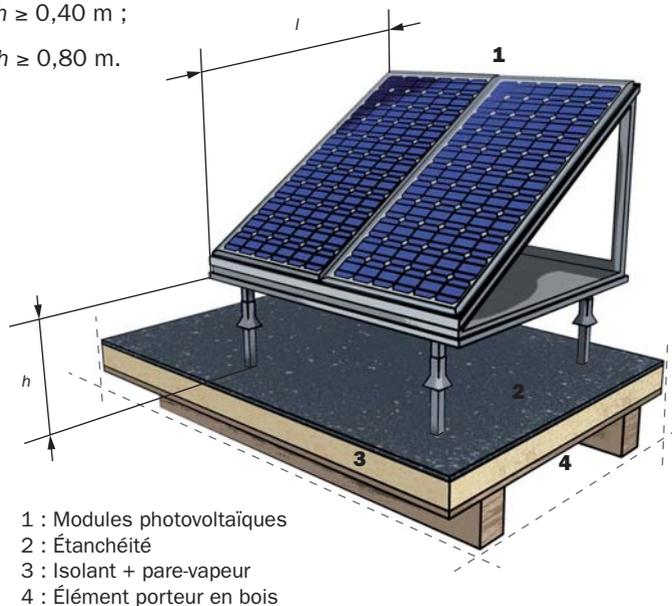
La mise en œuvre de tels systèmes se fait conformément aux dispositions relatives aux toitures techniques définies dans les NF DTU 43.3 et 43.4, c'est-à-dire exclusivement sur dispositifs (potelets et chandelles) reportant directement les charges de ces équipements sur l'ossature, et non sur la tôle d'acier nervurée ou sur l'élément porteur bois.

L'implantation de ces équipements doit permettre la réalisation et l'entretien courant des ouvrages d'étanchéité et, en particulier, des relevés et des entrées d'eaux pluviales ainsi que les éventuelles réfections.

Il est donc nécessaire de prévoir une hauteur minimale h entre le bas des équipements et la protection du revêtement d'étanchéité des parties courantes.

Cette hauteur est fonction de la largeur l d'encombrement horizontal de ces équipements :

- si $l \leq 1,20$ m : $h \geq 0,40$ m ;
- si $l > 1,20$ m : $h \geq 0,80$ m.



Hauteur minimale libre sous le système photovoltaïque

Nota : Dans le cas de systèmes photovoltaïques disposés en rangées, si deux rangées sont espacées de moins de 0,80 m, elle sont considérées comme une seule rangée d'équipements.

13.3. Mise en œuvre traditionnelle de systèmes sur protection lourde dure

13.3.1. Systèmes posés sur une protection d'étanchéite en béton coulée en place sur couche de désolidarisation

La pente nulle est admise.

L'autoprotection d'un revêtement d'étanchéité seul ou la mise en œuvre de dalles en béton préfabriquées ou en pierre naturelle posées à sec sur couche de désolidarisation ne peuvent constituer un mode de protection adapté pour recevoir directement les systèmes photovoltaïques.

Ceux-ci nécessitent en effet une répartition des charges, et les opérations d'entretien peuvent être gênées par le grand nombre de joints ou par une éventuelle désorganisation des dalles. De plus, il est rappelé que les systèmes photovoltaïques peuvent occuper la quasi-totalité de la surface d'une toiture.

En conséquence, une protection lourde dure est requise. La protection lourde dure mise en œuvre est un dallage en béton armé coulé en place, sur couche de désolidarisation.

Note : Ce type de protection peut présenter des fissures et des concrétions calcaires. Ces dernières peuvent entraîner une réduction du diamètre des entrées d'eaux pluviales, qui toutefois ne remet pas en cause le bon fonctionnement des ouvrages dès lors que les opérations d'entretien sont réalisées.

• Couche de désolidarisation

La couche de désolidarisation est constituée de l'ensemble des trois éléments suivants :

- un non-tissé, posé à recouvrement de 0,10 m environ ;
- un lit de granulats de 0,03 m d'épaisseur minimale ;
- un non-tissé, posé à recouvrement de 0,10 m environ.

• Dallage en béton armé

Il est réalisé selon les prescriptions du NF DTU 43.1 – A1 – § 6.6.3.4.2.

Cas général :

- toiture-terrasse sans isolation thermique ;
- toiture-terrasse avec isolation thermique dont l'isolant a une résistance thermique inférieure à $2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- toiture-terrasse de surface inférieure à 500 m^2 , avec isolation thermique dont l'isolant a une résistance thermique supérieure ou égale à $2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Les dispositions de la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) ne s'appliquent pas.

L'épaisseur minimale du dallage est de 0,06 m.

Le béton est dosé à 350 kg de ciment par mètre cube de béton.

L'armature est au minimum un treillis soudé 150×150 , $\varnothing 4$ mm ou de section équivalente.

Le dallage est fractionné par des joints de largeur minimale 0,02 m :

- en partie courante tous les 4 à 5 m dans les deux sens ;
- en bordure des reliefs et des émergences.

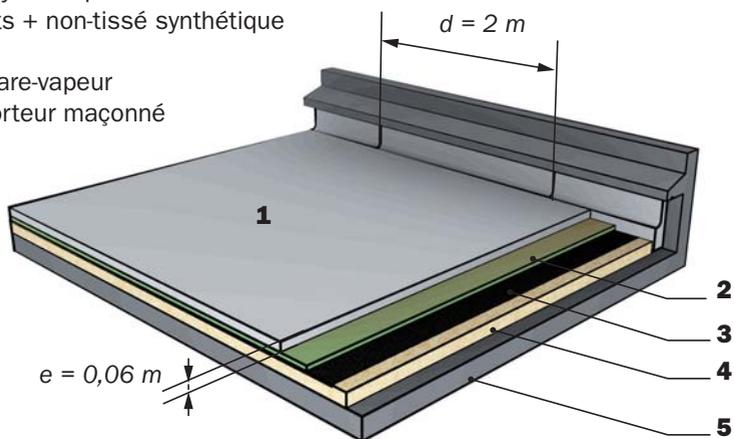
Les joints intéressent toute l'épaisseur du dallage ; les armatures sont interrompues au droit des joints.

Les joints sont garnis d'un produit ou dispositif imputrescible et apte aux déformations alternées.

Les tolérances admises sont les suivantes :

- planéité :
 - flèche maximale de 0,010 m sous la règle de 2 m ;
 - flèche maximale de 0,003 m sous la règle de 0,20 m ;
 - épaisseur moyenne au moins égale à l'épaisseur nominale ;
 - épaisseur en tout point : au moins égale à l'épaisseur nominale moins 0,010 m ;
 - désaffleurement au droit des joints : 0,004 m.

- 1 : Dallage en béton armé
- 2 : Non-tissé synthétique + couches de granulats + non-tissé synthétique
- 3 : Étanchéité
- 4 : Isolant + pare-vapeur
- 5 : Élément porteur maçonné



Protection d'étanchéité par dallage en béton armé

Cas particulier de terrasse de surface supérieure à 500 m² avec isolant support d'étanchéité de résistance thermique supérieure ou égale à 2 m².K/W :

Dans ce cas, le dimensionnement (épaisseur, ferrailage, fractionnement dans l'épaisseur du dallage, etc.) n'est plus forfaitaire, mais déterminé conformément à la norme NF P 11-213-2 (NF DTU 13.3 partie 2), en prenant en compte les valeurs « Rcs – ds » indiquées dans le document technique d'application de l'isolant thermique support d'étanchéité.

13.3.2. Systèmes installés sur un ou plusieurs massifs rapportés sur le complexe d'étanchéité

Attention : Il y a lieu, au préalable, de respecter les dispositions du § 12.1.3.

Les systèmes sont solidarisés à un ou plusieurs massifs en béton posés sur le revêtement d'étanchéité.

Chaque massif est transportable et l'équipement démontable sans recours à des engins de levage. L'implantation des massifs ne doit pas gêner l'écoulement des eaux de pluie.

Chaque massif repose sur un matériau de désolidarisation en polystyrène extrudé. Il est dimensionné de la façon suivante :

- sa plus petite dimension d'appui n'est pas inférieure à 0,40 m ;
- la pression au niveau du revêtement est limitée dans les conditions définies dans le NF DTU 43.1 – Partie 1-1 – § 9 1.

13.4. Mise en œuvre de la partie électrique de l'installation photovoltaïque

La mise en œuvre de la partie électrique de l'installation photovoltaïque doit être réalisée en conformité avec le guide UTE C 15-712-1 dans le cas d'une installation raccordée au réseau ou UTE C 15-712-2 dans le cas d'une installation autonome.

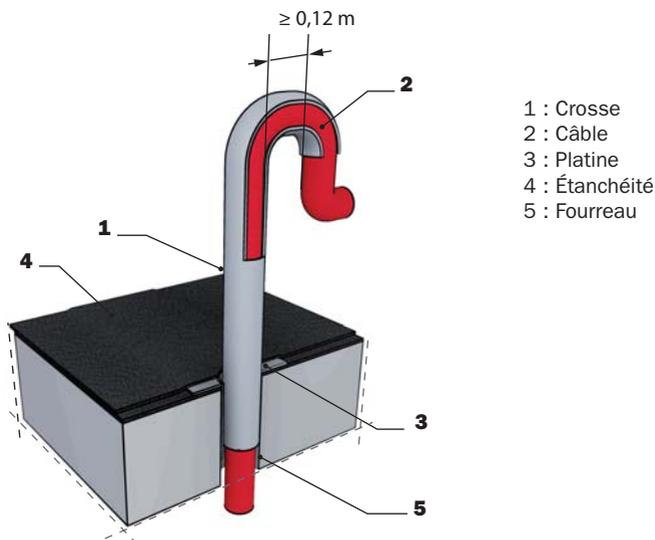
Lorsque cela est nécessaire, les connecteurs de la partie DC sont assemblés à l'aide d'un outillage adapté, tel qu'une pince à sertir. Les connecteurs fournis avec les modules photovoltaïques ne doivent pas être remplacés.

Les principaux composants de l'installation photovoltaïque, et en particulier l'onduleur ainsi que les boîtes de jonction et canalisations de la partie DC, sont signalisés par un marquage conforme au guide UTE C 15-712-1 dans le cas d'une installation raccordée au réseau ou UTE C 15-712-2 dans le cas d'une installation autonome.

Les câbles sont fixés à la structure porteuse ou acheminés grâce à des guides de dimensions adaptées, de manière à éviter toute action mécanique induisant une dégradation ou une stagnation d'eau au niveau des câbles et connecteurs. Les câbles sont protégés des bords anguleux.

Les connecteurs ne doivent pas reposer directement sur l'étanchéité : des chemins de câble doivent être prévus.

Les passages de câbles vers l'intérieur du bâtiment sont réalisés par le biais de crosses et platines, conformément aux dispositions décrites dans les NF DTU concernés.



Exemple de raccordement à l'étanchéité de traversée de câbles sur toiture avec élément porteur en maçonnerie

D'autres types de solutions facilitant le passage de câbles sont possibles.

Les équipements électriques, et en particulier les onduleurs, sont fixés sur des supports adaptés à leur poids. Les distances minimales entre onduleurs ou équipements électriques, telles que spécifiées dans les notices des constructeurs, sont respectées.

14. LA MAINTENANCE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE-TERRASSE

La durabilité de l'installation photovoltaïque ne peut être pleinement satisfaite que si l'installation photovoltaïque est entretenue, et son usage normal.

Une installation photovoltaïque est une centrale de production électrique qui doit faire l'objet d'un entretien et d'une maintenance préventive régulière. L'entretien et la maintenance sont à la charge du maître d'ouvrage à compter de la réception des travaux. Il est préconisé de réaliser les opérations associées à cette maintenance au minimum une fois par an. La fréquence de ces opérations doit être adaptée aux conditions d'implantation de l'installation photovoltaïque : par exemple, une atmosphère particulièrement agressive ou poussiéreuse incitera à un entretien et une maintenance accrue.

Ces opérations, par leur technicité et le danger inhérent à la manipulation de l'installation photovoltaïque, seront effectuées par des intervenants formés. Les dispositions décrites dans le § 8 « La sécurité sur chantier » du présent document seront respectées.

Ce type de toiture est considéré comme technique au sens des DTU de la série 43. Il est donc interdit au personnel non qualifié d'y circuler, *a fortiori* sur les zones photovoltaïques. Ainsi, afin de ne pas dégrader la performance de production électrique, aucune circulation d'un quelconque engin de manutention n'est autorisée, de même que la circulation à pied. L'accessibilité aux équipements techniques (situés hors zone photovoltaïque) nécessitant un entretien se fait par des chemins de circulation spécialement conçus.

Au droit des accès et en toiture pour les opérations d'entretien, une signalétique doit être mise en place de manière visible. Elle mentionnera par exemple : « Toiture produisant de l'électricité (risque de choc électrique) – interdiction d'y circuler (hors chemin de circulation) – DANGER ».

Afin que l'entretien indispensable des ouvrages puisse être effectué, le maître d'ouvrage doit prévoir un ou plusieurs points d'eau de débit suffisant (pression maximale de 2,5 bars / 0,25 MPa), disponibles au niveau de la terrasse et maintenus en état de fonctionnement pendant la durée de vie de l'ouvrage (sauf période hivernale, où l'installation devra être purgée). Tout point de la terrasse devra être situé à moins de 50 mètres d'un point d'eau.

Les modalités pratiques d'entretien des toitures avec étanchéité sont indiquées dans les DTU de la série 43 et complétées par des actions spécifiques aux procédés d'étanchéité photovoltaïque.

Les visites d'entretien et de maintenance pourront notamment comporter les opérations suivantes :

- **Entretien de la toiture avec étanchéité :**

- vérification et nettoyage régulier des orifices d'évacuation des eaux pluviales ;
- nettoyage des débris et objets divers encombrant la toiture ;
- nettoyage de la toiture, sans endommager le revêtement de l'étanchéité (enlèvement des mousses, des limons, des herbes, des branchages et végétations en général).

- **Vérification visuelle au niveau du système photovoltaïque :**

- état des modules photovoltaïques (éventuelles décolorations, dégradations, traces, salissures...) ;
- absence de nouveaux masques et ombres portées (végétation, équipements techniques, nouveaux bâtiments...) ;
- état du système de montage et des fixations / du liaisonnement des films photovoltaïques ;
- état visuel des câbles, des connexions (resserrage si besoin) et des boîtiers de raccordement ;
- vérification des liaisons équipotentielles.

- **Vérification des équipements électriques (dans le local onduleur si existant) :**

- vérification et dépoussiérage des tableaux électriques, resserrage des bornes ;
- contrôle des fusibles, disjoncteurs, parafoudres, boîtes de jonction ;
- vérification de l'état de l'onduleur et de son support ;
- vérification de la bonne ventilation du local onduleur ;
- vérification du bon usage du local onduleur (exemples : absence de produits inflammables, atmosphère corrosive ou poussiéreuse), sinon consignation ;
- vérification du fonctionnement de chaque onduleur avec consignation de la production instantanée et de la production cumulée ainsi que de la date et de l'heure du contrôle.

- **Compteurs d'injection :**

- consignation de la valeur de la production.

- **Opérations supplémentaires :**

- nettoyage des modules photovoltaïques selon les recommandations du fabricant ;
- vérification de l'installation par caméra thermique (exemples : modules, boîtes de raccordement, câblages, connectiques, appareils électriques) effectuée par du personnel compétent.

- **Ce qui ne doit pas être fait :**

- nettoyer la toiture avec un appareil hydraulique de haute pression ;
- utiliser la toiture comme lieu de stockage de matériaux et matériels divers ;

- perforer les relevés d'étanchéité pour le passage de câbles et gaines diverses ;
- arroser la toiture surchauffée en plein été ;
- circuler sur les modules photovoltaïques ;
- utiliser les acrotères revêtus d'étanchéité comme point d'ancrage ;
- poser un mât d'antenne dont l'ombre portée masquerait significativement les modules ou les films photovoltaïques.

Un rapport de visite est établi. Celui-ci inclut les éventuels travaux réalisés, les réponses aux éventuelles remarques du client ainsi que toute recommandation nécessaire au bon fonctionnement de l'installation.

Les opérations de maintenance décrites en exemple ne concernent que la maintenance préventive de l'installation photovoltaïque.

Les opérations de maintenance sont conformes au DIUO établi par la maîtrise d'œuvre.

Afin de ne pas grever la production électrique de l'installation photovoltaïque, les éventuels modules photovoltaïques de remplacement doivent présenter les mêmes caractéristiques électriques que les autres modules de la chaîne.

Dans le cas d'une reprise de chantier par une entreprise différente de celle ayant réalisé l'installation, l'entreprise « repreneuse » devra respecter plusieurs précautions. Celles-ci sont détaillées dans l'article « Interruption et reprise de travaux par une autre entreprise : quelles précautions prendre ? », *Bâtiment actualité* n° 19 du 6 novembre 2012.

15. LA COLLECTE ET LE RECYCLAGE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

En juillet 2012, le champ d'application de la directive européenne « DEEE » (déchets d'équipements électriques et électroniques) a été étendu aux modules photovoltaïques.

Le décret n° 2014-928 du 19 août 2014 a transposé en droit français les obligations de cette directive.

- Ainsi, à compter du 23 août 2014, des obligations de collecte et de recyclage s'appliquent :
 - aux fabricants de modules photovoltaïques établis en France et vendant ces modules en France ;
 - aux entreprises important en France des modules photovoltaïques provenant d'un autre pays (y compris des pays de l'Union européenne).
- Afin de répondre à ces obligations, les entreprises concernées ont deux possibilités :
 - mettre en place un « système individuel »

Cela suppose de répondre aux obligations d'un cahier des charges rigoureux : notamment la mise en œuvre d'un réseau de collecte national accessible à tout détenteur de modules photovoltaïques en fin de vie, ou l'enlèvement à ses frais des modules chez les détenteurs ;

- adhérer à un « éco organisme » agréé pour la collecte et le recyclage des modules photovoltaïques.

Dans ce cas, c'est l'éco organisme qui organise la filière de collecte et de recyclage des modules photovoltaïques, conformément aux objectifs définis dans la réglementation. En France, il s'agit de PV Cycle. Afin de financer ces opérations, sans frais supplémentaires pour l'utilisateur qui souhaite se défaire de ses modules en fin de vie, l'entreprise reverse à l'éco organisme une contribution. Cette dernière est collectée par les entreprises, qui la répercutent sur le prix de vente des modules photovoltaïques aux clients finaux.

Par ailleurs, de nouvelles obligations s'appliquent également aux distributeurs de modules photovoltaïques, c'est-à-dire à toute personne vendant des modules photovoltaïques à des utilisateurs finaux.

- Ceux-ci doivent notamment :

- communiquer la contribution visible sur la facture ;
- collecter en vertu du principe « un pour un » – pour un module photovoltaïque vendu, un module est repris gratuitement ;
- informer les utilisateurs finaux sur les solutions de reprise disponibles pour leurs modules photovoltaïques usagés.

Lorsqu'une installation photovoltaïque atteint sa fin de vie, il appartient au maître d'ouvrage d'organiser la collecte des modules photovoltaïques. Il convient de mandater une entreprise compétente afin de déposer l'installation photovoltaïque puis :

- acheminer les modules photovoltaïques au point de collecte le plus proche, lorsque leur poids total est inférieur à 500 kg ;
- dans le cas contraire, conditionner les modules photovoltaïques sous forme de palettes et contacter l'organisme PV Cycle, qui se chargera de collecter les modules directement sur site. Les palettes doivent être filmées ou cerclées, au choix du détenteur, et accessibles par un camion à hayon muni d'un transpalette. Une hauteur de palette de 1,20 m est optimale.

Le recyclage est ensuite organisé par PV Cycle à l'aide des technologies disponibles et en cohérence avec les objectifs définis par la réglementation.

En ce qui concerne les déchets de chantier, les entreprises tiennent un registre en tant que productrices de déchets, comprenant des éléments d'information sur ces déchets, conformément à l'arrêté du 29 février 2012. L'entreprise peut demander aux prestataires avec qui elle a l'habitude de travailler de lui fournir ces informations (certains prestataires proposent également un service d'édition du registre).

Si l'entreprise a une activité de point de collecte de modules photovoltaïques, elle tient également un registre en tant qu'exploitant d'une installation de transit / regroupement, conformément à l'arrêté du 29 février 2012.

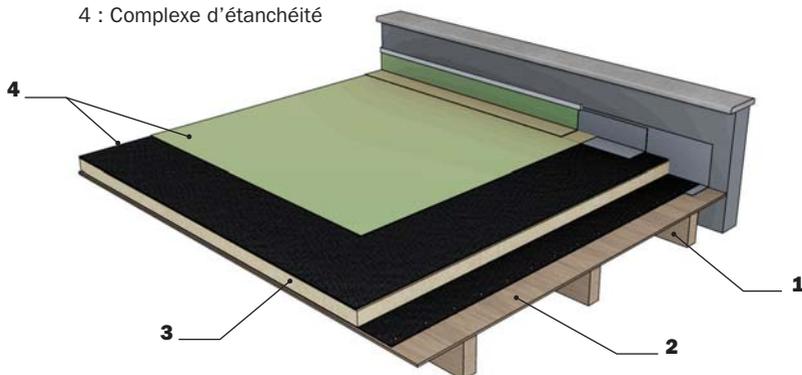
ANNEXE : MÉTHODOLOGIE POUR LA RÉALISATION DES TRAVAUX DANS LE CAS DE LA RÉFECTION

Comme précisé dans le § 12 « La conception d'une installation photovoltaïque sur toiture-terrasse », dans le cas de la réfection, il est nécessaire de réaliser une étude préalable conformément au NF DTU 43.5, avant la mise en œuvre de tout système photovoltaïque.

Les résultats de cette étude définissent la méthodologie de réalisation des travaux, décrite ci-dessous :

Structure porteuse	<ul style="list-style-type: none">• Si conforme, pas d'action.• Si non conforme, renforcement
Élément porteur	<ul style="list-style-type: none">• Si conforme, pas d'action.• Si non conforme, renforcement ou remplacement.
Isolation thermique	<ul style="list-style-type: none">• Si conforme, pas d'action.• Si non conforme, selon diagnostic, remplacement ou apport d'un isolant supplémentaire pour mise en conformité.
Complexe d'étanchéité	<ul style="list-style-type: none">• Dans tous les cas, nouveau revêtement d'étanchéité, en remplacement ou en apport complémentaire selon diagnostic. Cela permet d'assurer une durée de vie au moins égale à celle de l'installation photovoltaïque.

- 1 : Structure porteuse
- 2 : Élément porteur
- 3 : Isolant + pare-vapeur
- 4 : Complexe d'étanchéité



Coupe type d'une toiture-terrasse avec étanchéité (exemple de l'élément porteur bois)

Un système photovoltaïque mis en œuvre sur toiture-terrasse devient un élément de construction à part entière dont la vocation est non seulement de produire de l'électricité, mais également de contribuer aux fonctions traditionnelles de l'enveloppe du bâtiment : étanchéité, isolation, résistance aux charges, etc.

La qualité de conception du système photovoltaïque est essentielle, mais utilisée mal à propos ou mal mise en œuvre, celui-ci ne pourra donner entière satisfaction.

La conception, la mise en œuvre et la maintenance d'un système photovoltaïque sur toiture-terrasse doivent respecter les règles de l'art de la construction. C'est pourquoi l'entreprise du bâtiment se situe au centre de l'acte de construire et de rénové.

Quelles sont les technologies existantes ? Quelles sont les compétences nécessaires à leur conception, mise en œuvre et maintenance ? Quelles sont les assurances et responsabilités associées ? Quelles sont les démarches administratives préalables à la réalisation d'une installation photovoltaïque en toiture-terrasse ? La toiture-terrasse est-elle apte à recevoir un système photovoltaïque ? Comment choisir le système photovoltaïque adapté ? Quels sont les grands principes à respecter et les erreurs à éviter lors de la réalisation des travaux ?

C'est à toutes ces questions que répond ce guide, afin d'accompagner les acteurs du bâtiment dans la réalisation d'une installation photovoltaïque sur toiture-terrasse, et ce, dès la phase de conseil et de définition de la faisabilité.

Unions et syndicats membres du GMPV-FFB



Groupement des métiers du photovoltaïque

7-9 rue La Pérouse
75784 Paris Cedex 16

Tél. : 01 40 69 52 24

www.gmpv.ffbatiment.fr

