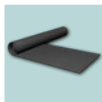


Il est bien révolu, le temps où les toitures plates servaient uniquement à assurer l'étanchéité à l'eau et l'isolation thermique des bâtiments. En effet, ce type de toiture assure de plus en plus de fonctions supplémentaires, ce qui entraîne la pose d'un nombre croissant d'installations sur ces toits, tels les systèmes solaires avec collecteurs thermiques ou cellules photovoltaïques (PV).



# Spécificités de la pose d'installations de systèmes solaires sur toitures plates

✎ E. Mahieu, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques', CSTC

## 1 INTRODUCTION

Bien que ces installations solaires soient actuellement présentes partout, il existe très peu de critères et directives concernant leur pose. Le Comité technique 'Etanchéité' a exprimé son inquiétude à cet égard et souhaiterait éviter que nos toitures plates ne souffrent d'un manque de qualité en conséquence. Dans l'attente de la parution de la Note d'information technique à ce sujet, le Comité technique a mis sur pied un groupe de travail. Ce dernier mettra en lumière les problèmes spécifiques relatifs à la conception et à la pose de telles installations et ce, tant dans le cas d'un bâtiment neuf que pour des constructions déjà existantes.

En outre, le CSTC travaille pour l'instant à la rédaction de Spécifications techniques (STS) dans lesquelles seront déterminées les critères de performance que les installations solaires doivent atteindre.

## 2 CHOIX DE L'INSTALLATION SOLAIRE ET DU MODE DE FIXATION

Il existe différentes installations solaires sur toiture destinées à la production d'électricité ou d'eau chaude [18]. Celles-ci sont soit directement reliées à l'étanchéité de la toiture (installations solaires sous forme de films minces, tels les systèmes amorphes), soit ancrées à la structure portante ou collées *in situ* à l'étanchéité sous-jacente de la toiture. Il existe également des systèmes spécifiques qui peuvent être installés en pose libre et sans lestage, ou encore par soudage des rails d'ancrage de l'installation solaire à l'étanchéité de la toiture.

Dans le premier cas, les cellules PV sont intégrées en usine à l'étanchéité de la toiture ou

sont collées *in situ*, selon les instructions du fabricant, sur l'étanchéité de la toiture. Les directives liées à l'étanchéité des toitures doivent être aussi prises en compte en ce qui concerne leur résistance au vent.

Lorsque les panneaux solaires sont posés sur le toit, une étude de comportement est requise (soit par calcul, soit par essais) afin de déterminer les forces exercées sur le toit ainsi que la masse du lestage éventuel qui maintiendra les panneaux en place.

Lorsque l'on fixe mécaniquement des installations solaires dans la structure portante du bâtiment, les ancrages doivent être dimensionnés afin qu'ils reprennent les efforts du vent. De plus, il faut garder à l'esprit que ces fixations perforent l'étanchéité de la toiture, l'isolation thermique et le pare-vapeur. Il convient dès lors de prendre les dispositions nécessaires pour garantir l'étanchéité à l'eau et à la vapeur à la hauteur de ces perforations, ainsi que pour réduire au maximum le nombre de ponts thermiques.

## 3 INFLUENCE DU SYSTÈME CHOISI SUR L'INCLINAISON DE LA TOITURE

Pour les systèmes collés directement sur l'étanchéité ou qui y sont intégrés, l'inclinaison finale doit s'élever à 3 % (après le fléchissement du plancher de toiture sous les charges permanentes, c'est-à-dire leur propre poids) afin d'éviter la présence d'eau stagnante sur les cellules PV. Les recouvrements de l'étanchéité de la toiture seront de préférence placés parallèlement à l'inclinaison de celle-ci.

Pour les autres systèmes installés sur l'étanchéité de la toiture, la NIT 215 [15] recommande une inclinaison de 2 %. Il est conseillé de demander un supplément d'information auprès des fabricants des installations solaires car certains d'entre

eux requièrent une inclinaison minimum et/ou maximum. Les panneaux doivent toutefois être positionnés de telle façon à écarter tout risque de stagnation d'eau derrière leur cadre métallique. Attention : plus l'inclinaison sera faible, plus l'entretien devra être fréquent.

## 4 INFLUENCE DU SYSTÈME CHOISI SUR LA STRUCTURE DU BÂTIMENT ET DE LA TOITURE PLATE

### 4.1 ACCESSIBILITÉ DES TOITURES PLATES

Une toiture avec cellules solaires, quel que soit le système de pose utilisé, sera fréquemment foulée et ce, non seulement durant la mise en œuvre, mais également lors des entretiens de l'installation solaire (cf. § 7). Nous attirons l'attention sur le fait qu'il faut éviter autant que possible de marcher sur les cellules PV elles-mêmes (dans le cas de systèmes collés directement sur l'étanchéité ou intégrés à cette dernière) afin de ne pas les endommager. L'augmentation de la circulation sur le toit a des conséquences sur le choix du matériau d'isolation et de l'étanchéité de la toiture.

Conformément aux recommandations de l'UBAtc relatives à l'accessibilité des toitures plates [17], de telles structures, fréquemment foulées, appartiennent à la classe de sollicitation P 3 (cf. tableau 1, p. 2). Ceci implique un certain nombre d'exigences quant à la résistance en compression du matériau d'isolation. Les endroits très fréquentés peuvent éventuellement être pourvus de chemins d'accès supplémentaires afin d'éviter toute dégradation sur la surface du matériau d'isolation.

Conformément à ces exigences de l'UBAtc, les membranes d'étanchéité doivent avoir une résistance au poinçonnement statique minimum de L 20 <sup>(1)</sup> et une résistance au poinçonnement dynamique maximum de I 15 <sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Lorsqu'une force ponctuelle de 20 kg est appliquée à un échantillon de l'étanchéité placé sur une isolation thermique déformable (EPS 100) posée sur un support dur (béton) et que cet échantillon n'est pas abîmé en conséquence, la résistance au poinçonnement statique L 20 est atteinte (d'après la NBN EN 12730 [5]).

<sup>(2)</sup> Lorsqu'on laisse tomber un poids d'un diamètre de 15 mm et d'une hauteur de 60 cm sur un échantillon de l'étanchéité placé sur un support déformable (EPS 100) et que cet échantillon n'est pas perforé en conséquence, la résistance au poinçonnement dynamique I 15 est atteinte (d'après la NBN EN 12691 [4]).

**Tableau 1** Caractéristiques des matériaux d'isolation thermique selon leur classe de sollicitation et leur facilité de parcours, recommandées par l'UBA<sup>tc</sup> dans les Agréments techniques (ATG).

Classe de sollicitation	MW NBN EN 13162 [6]	EPS NBN EN 13163 [7]	PUR/PIR NBN EN 13165 [9]	PF NBN EN 13166 [10]	CG NBN EN 13167 [11]	EPB NBN EN 13169 [12]	XPS NBN EN 13164 [8]
P 3 : accessible aux piétons et se prêtant à un entretien régulier du toit et de ses équipements	80/60 °C, 40 kPa, 7 j ≤ 5 %	DLT(1)5 ≤ 5 %, 20 kPa, 80 °C, 48 h ou DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 j	DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 j	80/60 °C, 40 kPa, 7 j ≤ 5 %	–	DLT(1)5 ≤ 5 %, 20 kPa, 80 °C, 48 h ou DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 j	DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 j
	CS(10Y) ≥ 40 kPa	CS(10) ≥ 120 kPa	CS(10Y) ≥ 120 kPa	CS(10Y) ≥ 120 kPa	CS(10Y) ≥ 400 kPa	CS(10Y) ≥ 150 kPa	CS(10Y) ≥ 300 kPa
	PL(5) ≥ 500 N ≤ 5 mm déformation	–	–	–	PL(P)2 ≥ 1000 N ≤ 2 mm déformation	PL(P)2 ≥ 1000 N ≤ 2 mm déformation	–

Légende :

DLT : stabilité dimensionnelle sous charge répartie, à haute température, durant un certain temps (%).

CS : contrainte de compression sous une déformation de 10 %, ou résistance à la compression (kPa).

PL : charge ponctuelle entraînant une pression ou un poinçonnement déterminé (N).

– : pas d'application.

**4.2 CHARGES SUPPLÉMENTAIRES LORS DE LA POSE DE PANNEAUX SOLAIRES SUR UNE TOITURE PLATE**

Les panneaux solaires placés sur la toiture exercent des charges supplémentaires sur le toit et/ou la structure. Suivant le type d'installation choisi (p. ex. des panneaux solaires posés sur des cadres avec lestage ou ancrés dans la structure portante), il faudra tenir compte de ces charges additionnelles lors du choix de la structure portante et des matériaux de la toiture. Pour dimensionner les fixations des panneaux ou pour déterminer la quantité nécessaire de lestage, un calcul de l'action du vent s'avère indispensable.

Pour le calcul de la stabilité de la construction et/ou du plancher de toiture selon la NBN EN 1990 [3] (et certainement dans le cas des planchers de toiture légers tels que les tôles d'acier profilées), il s'agit de ne pas seulement prendre en compte le poids propre de ces installations et du lestage éventuel, mais également les pressions additionnelles que peuvent exercer le vent ou la neige sur la construction. Les pressions de vent additionnelles, présentes dans la zone centrale du toit, peuvent ainsi varier de 800 N/m<sup>2</sup> à 1000 N/m<sup>2</sup> par panneau. Dans certaines conditions, ces forces peuvent être encore plus importantes.

**4.2.1 Pose des panneaux sur des cadres avec lestage**

Comme indiqué plus haut, les systèmes lestés placés sur l'étanchéité de toiture exerceront sur cette dernière non seulement des forces causées par leur poids propre et celui du lestage,

mais aussi la pression du vent et les charges de neiges. En conséquence, il est nécessaire de contrôler si les matériaux de la toiture peuvent supporter ces charges.

Afin d'obtenir une dispersion maximale des charges sur un support constitué de tôles en acier profilé, les profilés de renforcement des panneaux solaires, posés sur des cadres lestés, ne seront jamais positionnés parallèlement à la direction des cannelures. Lorsque ces cadres métalliques sont placés sur l'étanchéité, il est nécessaire de poser une couche protectrice mécanique entre les deux. Cette dernière formera également une couche de glissement qui reprendra la dilatation thermique des cadres métalliques (3).

Les couches de protection peuvent être constituées, par exemple, de granulats ou de bandes de caoutchouc (dont l'épaisseur sera fonction des charges et de la compressibilité de l'isolation), ou de bandes d'étanchéité bitumineuses pourvues de paillettes d'ardoise. Il va de soi qu'elles doivent être compatibles avec l'étanchéité du toit. Ainsi, les bandes de granulats de caoutchouc et les étanchéités bitumineuses ne doivent pas être directement en contact avec des plastomères monomères (4). Les étanchéités en matière synthétique doivent de préférence avoir une épaisseur minimale d'1,5 mm.

Il faut, en outre, garder à l'esprit que les micro-organismes présents dans certaines couches de lestage peuvent contribuer à une migration accélérée des plastifiants de certains plastomères (comme les plastomères contenant des plastifiants monomères PVC). Le cas échéant, il faut prévoir une couche de séparation adaptée (p. ex. en dessous, un PVC plastifié muni

en sous-face d'une couche de feutre polyester sous-jacente ou un plastomère suffisamment résistant aux micro-organismes) (voir les ATG).

Un contrôle doit être effectué afin de s'assurer que les charges de compression prévues sur les matériaux d'isolation thermique ne puissent pas occasionner une trop grande déformation ou un écrasement de ceux-ci. Jusqu'à présent, il n'existe pas de méthode approuvée pour effectuer un tel contrôle. Dans l'attente d'un document de référence spécifique, on pourra provisoirement appliquer la méthode développée ci-après.

La résistance au fluage en compression autorisée est calculée grâce à la valeur CC(2/1,5/20) σ<sub>c</sub> du matériau d'isolation, selon la NBN EN 1606 [2]. Cette valeur représente la charge pour laquelle la déformation se limite, après 20 ans, à 2 %. Cependant, elle est rarement renseignée dans la fiche technique du matériau d'isolation. Il faudra dès lors prendre les renseignements complémentaires auprès du fabricant du matériau d'isolation.

Lors de l'évaluation de la résistance à la compression correspondant à une déformation à long terme donnée du matériau de l'isolation thermique, on peut déterminer, suivant l'état limite de service, la combinaison des actions uniformément réparties agissant sur les plaques d'isolation. Les coefficients de sécurité partiels γ valent par conséquent 1 [3] :

$$F_d = G + \sum_i \psi_{0,i} \times Q_{k,i} \quad (1)$$

- Avec :
- G : la somme des charges permanentes (poids propre et poids du lestage)

(3) Il est par exemple possible de calculer qu'un cadre en aluminium de 6 m de longueur subira une variation de longueur d'environ 7 mm pour une variation de température de 50 °C.

(4) Les couches de protection à mettre en œuvre pour de telles isolations de toiture sont renseignées dans leurs ATG respectifs.

- $Q$  : les charges variables additionnelles, dans ce cas le vent ( $w$ ) et la charge de neige ( $s_k$ )
- $\Psi_{0,i}$  : les coefficients quasi permanents des charges variables.

Dans cette évaluation, il ne faut prendre en compte que les charges à long terme (les forces exercées par le poids propre de l'installation et par le poids du lestage sur l'isolation thermique). Il s'ensuit que :

$$F_d = G \tag{2}$$

Cette valeur doit ensuite être comparée à la valeur  $CC(2/1,5/20) \sigma_c$  du matériau d'isolation :

$$G/S \leq \text{contrainte correspondant à } CC(2/1,5/20) \sigma_c \tag{3}$$

Avec  $S$  la surface du matériau d'isolation où sont appliquées les charges.

Dans le cas de matériaux d'isolation non déformables, la déformation n'a pas d'importance. Cependant, il y a lieu de vérifier que les charges prévues ne puissent pas induire une rupture par écrasement de ces matériaux. Pour ce faire, l'état limite ultime doit être déterminé :

$$F_d = \gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \gamma_Q \sum_i \Psi_{0,i} \times Q_{k,i} \tag{4}$$

Dans le cas considéré, les combinaisons suivantes doivent donc être calculées pour vérification :

$$F_d = \gamma_G \times G + \gamma_Q (w + \Psi_0 \times s_k) \tag{5}$$

$$F_d = \gamma_G \times G + \gamma_Q (s_k + \Psi_0 \times w) \tag{6}$$

Avec :

- $\gamma_G = 1,35$
- $\gamma_Q = 1,2$
- $\gamma_0 = 0,3$

On peut comparer ces valeurs avec  $CS(X/Y)$ , c'est-à-dire la contrainte en compression à la rupture, calculée selon la NBN EN 826 [1]. Il peut s'avérer nécessaire d'augmenter la surface de contact afin de répartir ces forces, ou de choisir (localement) un matériau d'isolation plus résistant à la compression.

Dans le cas de planchers de toiture composés de tôles d'acier profilées, le support des panneaux d'isolation est délimité aux nervures supérieures des tôles d'acier profilées. La valeur de calcul de la résistance en compression, avec laquelle on peut limiter la déformation de l'isolation thermique, diminue donc de façon directement proportionnelle au pourcentage de surface d'appui des plaques d'isolation sur les nervures supérieures des tôles d'acier profilées. De plus, il faudrait en principe vérifier quelle surcharge est autorisée, dans le cas

de tels supports, pour permettre aux plaques d'isolation d'encore surplomber les creux des tôles.

Les directives à ce sujet peuvent être consultées dans les ATG relatifs au matériau d'isolation concerné. Ces derniers considèrent une pression de 1000 N sur les plaques. Les forces transmises par les installations solaires peuvent toutefois être plus importantes (lestage, poids propre, neige et vent). Les charges sont réparties de façon optimale quand les profilés de renforcement des cadres métalliques sont placés transversalement sur les cannelures (voir p. 2). De plus, cela permettra à la surface d'appui de couvrir un certain nombre de creux et de limiter l'influence d'un éventuel porte-à-faux des plaques d'isolation.

Lorsque le matériau d'isolation est moins résistant à la compression (comme la laine minérale) et que l'étanchéité de la toiture est fixée mécaniquement, il faut éviter que les fixations transpercent cette dernière. Ceci peut arriver à la suite de pressions exercées par l'installation solaire. A cet effet, on utilisera des fixations spécialement adaptées (telles que des fixations à tête télescopique ou des plaquettes de répartition avec un filetage supplémentaire sous les têtes de vis) (cf. figure 1) [16].

#### 4.2.2 Ancrage des panneaux solaires dans la structure portante

Les panneaux solaires ancrés dans la structure d'appui à travers la toiture exercent en principe peu de forces additionnelles sur les différents composants de la toiture. En effet, les forces sont transmises via les tiges filetées traversantes ou via les barres d'ancrage, directement à la structure d'appui. Le percement de l'étanchéité de toiture, de l'isolation thermique et du pare-vapeur a cependant des conséquences sur l'étanchéité à l'eau de la toiture plate et sur les propriétés de cette dernière

relatives à la physique du bâtiment. Le raccordement de l'étanchéité à ces percements de la toiture doit se trouver, de préférence, 15 cm au-dessus de la surface de la toiture. A cette fin, on prévoira des socles contre lesquels on appliquera la couverture.

En règle générale, il est possible de calculer d'une manière précise les pertes de chaleur additionnelles occasionnées par le percement de la couche d'isolation par les fixations mécaniques et ce, à l'aide d'un calcul aux éléments finis tridimensionnels effectué selon la NBN EN ISO 10211 [13]. Dans le cadre de la réglementation PEB, ces nœuds constructifs doivent également être pris en compte.

Le responsable PEB pourra alors choisir entre un calcul précis (qui donne des résultats favorables) et des méthodes plus forfaitaires basées sur des valeurs par défaut. Dans ce deuxième cas, le niveau K du bâtiment peut être influencé de manière importante.

Lors du calcul des fixations, il faut prendre en compte non seulement les charges en traction ou en compression (exercées par les panneaux et la composante descendante de la charge du vent), mais aussi la composante horizontale de la charge du vent. Ce déplacement horizontal des fixations doit évidemment être limité afin d'éviter un déchirement de l'étanchéité du toit.

Vous trouverez ci-après trois présentations de détails de principe.

##### 4.2.2.1 Transfert via des socles en béton

Dans ce principe, les forces exercées par l'installation solaire sont transmises, via un socle en béton, aux ancrages du plancher porteur (cf. figure 2, p. 4).

Cette solution peut consister en la mise en place de barres d'attente dans la structure de

(suite p. 5)

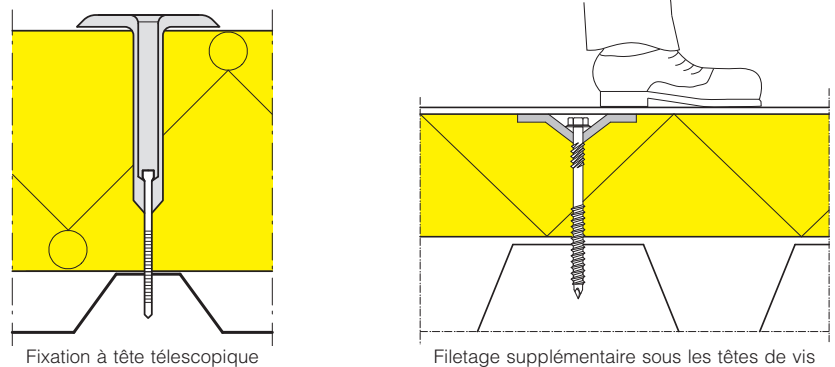
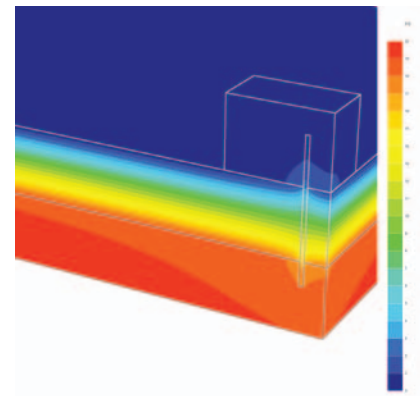
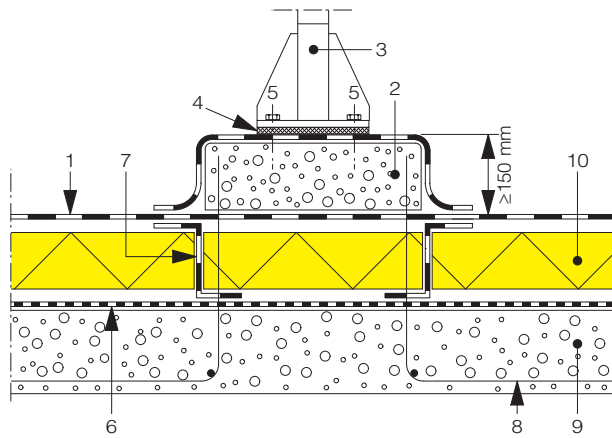


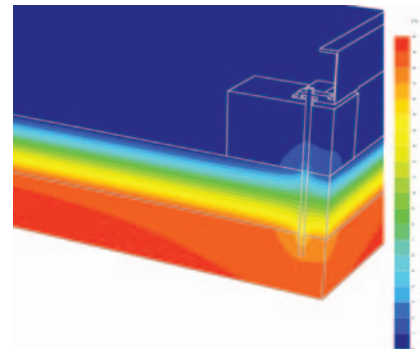
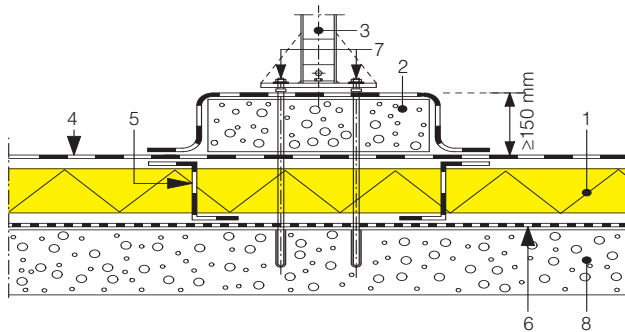
Fig. 1 Prévention du poinçonnement des têtes de vis.

1. Étanchéité de toiture
2. Socle
3. Soutien de l'installation solaire
4. Plaque de Néoprène (épaisseur minimum 5 mm) ou mortier coulé
5. Boulons adaptés
6. Pare-vapeur [15]
7. Compartimentage éventuel de l'isolation thermique
8. Ancrage du socle dans le plancher) portant
9. Plancher de toiture en béton
10. Isolation thermique

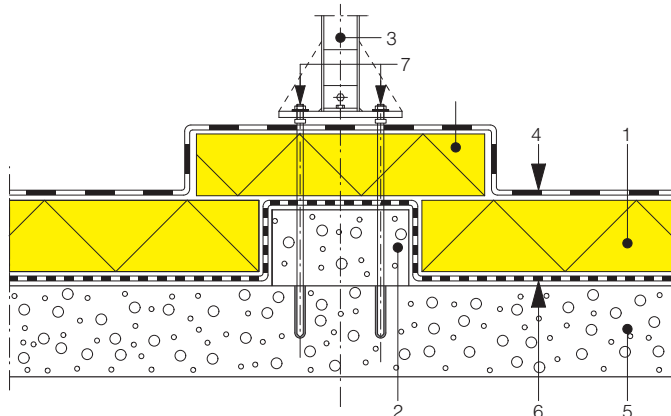


**Fig. 2 Transfert des charges via un socle en béton.**

1. Isolation thermique
2. Socle
3. Soutien de l'installation solaire
4. Étanchéité de la toiture
5. Compartimentage éventuel de l'isolation thermique
6. Pare-vapeur [15]
7. Ancrages chimiques
8. Plancher de toiture en béton

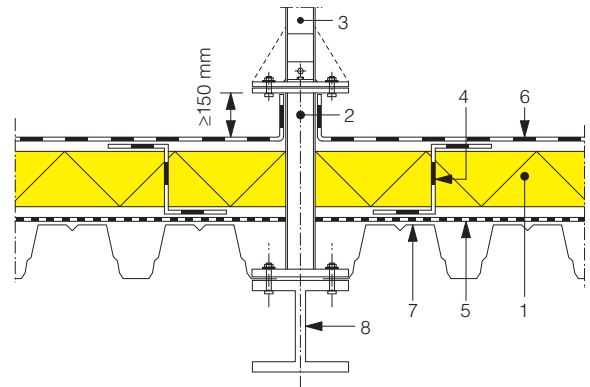


**Fig. 3 Transfert des charges via des ancrages.**



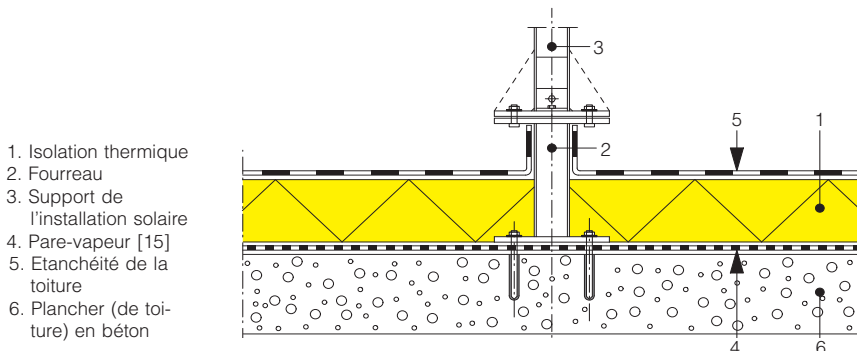
1. Isolation thermique
2. Socle en béton
3. Soutien de l'installation solaire
4. Étanchéité de la toiture
5. Plancher (de toiture) en béton
6. Pare-vapeur [15]
7. Ancrages chimiques

**Fig. 4 Socle en béton isolé thermiquement.**



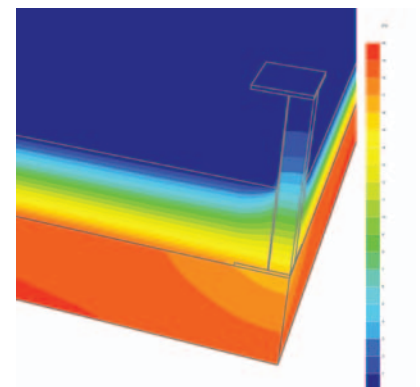
1. Isolation thermique
2. Fourreau
3. Soutien de l'installation solaire
4. Compartimentage éventuel de l'isolation thermique
5. Pare-vapeur [15]
6. Étanchéité de la toiture
7. Tôles d'acier profilées
8. Profilés d'acier

**Fig. 5 Transfert des charges vers la structure métallique via les fourreaux.**



1. Isolation thermique
2. Fourreau
3. Support de l'installation solaire
4. Pare-vapeur [15]
5. Étanchéité de la toiture
6. Plancher (de toiture) en béton

**Fig. 6 Transfert des charges vers la structure en béton du toit, via un fourreau.**



toiture <sup>(5)</sup> ou d'ancrages. Ces derniers seront mis en œuvre après l'achèvement des travaux d'étanchéité. Ils traverseront inévitablement l'étanchéité du toit qui devra donc être étanchéifiée à nouveau et ce, à l'aide de mastics spécifiques ou à l'aide d'une étanchéité liquide.

Presque toutes les forces sont reprises par les barres d'armature. Le socle et le reste de l'installation solaire exercent, selon la façon dont les ancrages transmettent les forces, des charges additionnelles sur l'étanchéité et l'isolation. D'une manière générale, les barres d'armature seront d'un diamètre assez faible car les deux encastresments sont peu distants l'un de l'autre. L'effet sur la valeur U du complexe toiture reste relativement limité.

#### 4.2.2.2 Transfert via les ancrages

Dans ce principe, les charges de l'installation solaire sont transmises directement au plancher portant en béton, via les ancrages (cf. figure 3, p. 4).

Dans cette solution, les tiges filetées traversantes peuvent transpercer l'étanchéité du toit. Ensuite, on peut l'ancrer chimiquement. Dans tous les cas, les efforts de traction sont repris par les ancrages. Les socles devraient pouvoir reprendre les forces de pression, mais il faut alors prévoir un matériau d'isolation du socle, une étanchéité de la toiture et un matériau d'isolation sous-jacent.

Il est préférable que les forces de pression soient également reprises par les ancrages (cf. figures 3 et 4 avec un contre-écrou, p. 4). Le socle peut alors être fabriqué à partir d'un matériau isolant qui n'a pas nécessairement une grande capacité portante.

Dans ce cas également, les ancrages traverseront inévitablement l'étanchéité du toit qui devra donc être étanchéifiée à nouveau à l'aide de mastics spécifiques ou avec une étanchéité liquide. Quand le socle est en béton, la situation est très similaire (également du point de vue thermique) à celle décrite au § 4.2.2.1. Dans ce cas, une alternative consiste en la pose du socle directement sur le plancher portant et de rapporter ensuite une couche d'isolation thermique (cf. figure 4, p. 4). Ceci a pour avantage que les percements dans l'étanchéité du toit comme dans le pare-vapeur se situeront au-dessus du plancher de toiture.

Lorsque le socle est composé d'un matériau relativement tendre (p. ex. du bois ou du

XPS), il s'agira de dimensionner les ancrages de façon à ce qu'ils soient beaucoup plus épais et ce, afin d'éviter un fléchissement démesuré des tiges filetées traversantes. Ce cas de figure est défavorable d'un point de vue thermique.

#### 4.2.2.3 Transfert via les fourreaux

Dans ce principe, les forces exercées par l'installation solaire sont transmises directement à la structure du toit (en béton ou en acier) via des fourreaux (cf. figures 5 et 6, p. 4).

Dans cette solution, l'étanchéité de la toiture doit également pouvoir être surélevée d'un minimum 15 cm. D'un point de vue thermique, l'effet sur le niveau K peut néanmoins être relativement important suivant la méthode utilisée pour les nœuds constructifs. La situation peut être améliorée en plaçant une isolation à l'intérieur et autour du tuyau. Il existe aussi des systèmes préfabriqués à coupe pure thermique.

La température des extrémités des fixations situées à l'intérieur de la toiture est souvent plus basse. Ceci est la conséquence de plus grandes pertes locales durant l'hiver. Des simulations ont démontré que ce phénomène n'entraîne aucun risque de condensation sur les vis dans les bâtiments dans lesquels règne un climat de classe 1 à 3.

Il faut prendre en compte, pour l'étanchéité à l'eau et le phénomène de pont thermique, les percements à travers le complexe toiture (fixations et conduites). De plus, il faut s'assurer que le colmatage du pare-vapeur sous-jacent soit étanche à l'air. Les tableaux 13 et 14 de la NIT 215 [15] permettent d'identifier le type de pare-vapeur à utiliser.

Le percement des pare-vapeur simples de type E 1 (p. ex. une feuille de PE) est toléré, même sans étanchéité supplémentaire. Pour tous les autres types (E 2 à E 4), une fermeture solide du pare-vapeur est exigée. La mise en œuvre de celle-ci doit être contrôlée :

- l'endroit de la perforation doit être d'accès facile
- le percement doit être propre et colmaté avec les moyens adéquats (p. ex. à l'aide d'accessoires à double raccord).

Lorsque l'isolation et l'étanchéité de toiture définitive ont été mises en œuvre, le pare-vapeur ne peut plus être correctement étanchéifié au droit des percements. Par conséquent, il y a lieu de planifier à temps ces travaux et raccords.

## 5 SPÉCIFICITÉS DE LA MISE EN ŒUVRE D'INSTALLATIONS SOLAIRES SUR LA TOITURE

Durant la mise en œuvre, il s'agit de positionner le matériel amené sur le toit de façon intelligente. Dans le cas de planchers de toiture légers (composés p. ex. de tôles d'acier profilées ou de bois), les palettes seront placées au-dessus des éléments portants de la structure du toit. Ceci doit se faire avec toutes les précautions nécessaires afin d'éviter d'endommager l'étanchéité de la toiture. Par mesure de sécurité, on posera sous les palettes une couche protectrice répartissant les charges (p. ex. des plaques de contreplaqué).

Lors de ces travaux, il ne faut jamais perdre de vue la sécurité des personnes qui en assurent la mise en œuvre.

## 6 SPÉCIFICITÉS RELATIVES À LA POSE DES CONDUITES

Les câbles électriques peuvent passer en dessous ou au dessus de l'étanchéité de la toiture, en fonction du système PV choisi. Dans le premier cas (conduites situées sous l'étanchéité), il ne faut pas perdre de vue que les conduites seront par la suite plus difficiles d'accès pour des réparations ou des ajustements. Quant aux conduites situées sur la toiture, elles doivent être protégées, p. ex. en les plaçant dans un chemin de câbles. Les passages piétonniers doivent surplomber ces conduites, sans endommager ces dernières (prévoir éventuellement un petit pont sur la largeur ou la longueur des chemins de câbles).

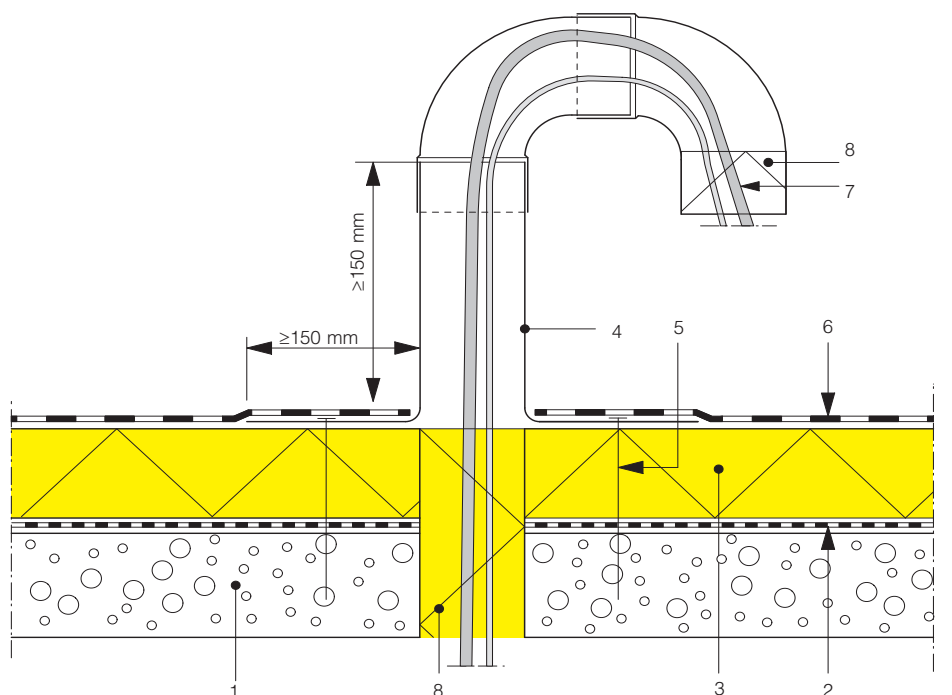
Les conduites des panneaux solaires thermiques sont surélevées par rapport à l'étanchéité. Les conduites d'eau doivent être en position inclinée, ce qui rend nécessaire l'utilisation de supports régulièrement espacés. L'inclinaison minimale exigée dépend du système hydraulique choisi, c'est-à-dire à circulation forcée ou à vidange. La distance entre les supports est évaluée selon le matériel et le diamètre. Ensuite, les conduites sont solidement fixées aux cadres mêmes ou à des supports supplémentaires (p. ex. sur des blocs en béton).

Les conduites d'eau doivent être isolées thermiquement en respectant l'épaisseur prescrite. L'isolation doit être résistante à l'eau et doit également être protégée contre :

- le vieillissement dû aux UV
- les dégâts causés par les oiseaux
- les dégâts mécaniques causés par l'entretien ou la marche sur le toit.

<sup>(5)</sup> Ceci implique que les socles en bétons doivent être coulés *in situ* après la mise en œuvre des travaux de toiture (ce qui, en pratique, est plutôt déconseillé).

1. Plancher de toiture
2. Pare-vapeur [15]
3. Isolation thermique
4. Conduites métalliques ou synthétiques, avec bavette pour collage
5. Fixations mécaniques
6. Etanchéité de la toiture
7. Conduite(s) à mettre en place
8. Fermeture par injection de mousse de PUR (ceci peut s'avérer insuffisant pour les bâtiments dont les exigences d'étanchéité à l'air sont très grandes)
9. Compartimentage éventuel de l'isolation thermique



**Fig. 7 Percement de l'étanchéité du toit pour y placer des conduites.**

Lors de la mise en place des conduites des installations solaires, il faut percer l'étanchéité de la toiture à différents endroits (centraux, de préférence). Alternativement, on peut faire entrer les conduites par une cheminée non utilisée. Dans ce cas, tout comme pour les installations ancrées à la structure du toit (cf. § 4.2.2), il y a lieu de mettre en œuvre les dispositifs nécessaires pour éviter les infiltrations, les déficiences d'étanchéité à la vapeur et les ponts thermiques causés par la traversée des conduites.

La figure 7 reproduit les détails de principe pour le cas de figure ci-avant, présentés dans la révision de la NIT 191 [14].

## 7 ENTRETIEN ET SÉCURITÉ

Conformément à la NIT 215 [15], il faut prévoir deux entretiens par an pour une toiture plate. De plus, il importe d'entretenir régulièrement l'installation solaire et d'être doublement attentif à la sécurité des personnes qui doivent faire cet entretien. L'élaboration de ces aspects sécuritaires appartient, en principe, aux tâches du coordinateur de sécurité.

Les personnes responsables de l'entretien du toit doivent être suffisamment informées des

dangers potentiels des installations qui y sont placées (haute température des systèmes de chaleur solaires, risque d'électrocution, etc.).

Il est conseillé, dès la conception :

- d'opter pour des relevés de toiture qui répondent aux exigences normatives en vigueur relatives aux garde-corps
- de prévoir une balustrade le long des bords.

En plus d'une protection antichute permanente, il est également prudent de ne placer aucune installation solaire trop près des bords de la toiture. Il est préférable de respecter la distance minimum nécessaire à un entretien en toute sécurité (80 cm à 1 m).

## 8 SPÉCIFICITÉS SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LA POSE SUR TOITURES EXISTANTES

Si la pose a lieu sur une toiture existante, il va de soi que les points précités doivent également être pris en compte.

Lors de rénovations, il faut ensuite vérifier si la structure et/ou le plancher de toiture peuvent reprendre les efforts supplémentaires qu'exercent les systèmes d'installations solaires. Il faut vérifier également que les

matériaux présents dans le complexe toiture répondent aux exigences citées précédemment. Si cela s'avère nécessaire, il faudra les changer ou les adapter, c'est-à-dire ajouter un matériau d'isolation plus résistant à la compression ou renouveler l'étanchéité de la toiture.

L'inclinaison de la toiture sera contrôlée et adaptée en conséquence s'il y a un risque de stagnation d'eau. Il faut s'assurer qu'il est possible, après coup, de rendre étanche à la vapeur les percements des ancrages de l'installation solaire dans la structure portante.

Dans tous les cas, il faut toujours contrôler si la toiture plate existante est suffisamment isolée thermiquement : il faut ainsi que la valeur U maximale légale et en vigueur soit obtenue. Il est en effet paradoxal de placer une installation solaire sur une toiture insuffisamment isolée thermiquement. L'isolation thermique des toitures est le moyen le plus efficace d'économiser l'énergie.

La durée de vie restante estimée de l'étanchéité de toiture se doit également d'être supérieure à celle du système solaire<sup>(6)</sup>. En effet, la rénovation de cette étanchéité n'est plus possible après l'installation du système solaire, ou en tout cas très coûteuse. ■

(6) Attention : la vie restante estimée de l'étanchéité de la toiture diffère de la garantie proposée par les fabricants.



1. Bureau de normalisation  
NBN EN 826 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination du comportement en compression. Bruxelles, NBN, 1996.
2. Bureau de normalisation  
NBN EN 1606 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination du fluage en compression. Bruxelles, NBN, 1997.
3. Bureau de normalisation  
NBN EN 1990 Eurocodes structuraux. Eurocodes : bases de calcul des structures. Bruxelles, NBN, 2002.
4. Bureau de normalisation  
NBN EN 12691 Feuilles souples d'étanchéité. Feuilles d'étanchéité de toitures bitumineuses, plastiques et élastomères. Détermination de la résistance au choc. Bruxelles, NBN, 2006.
5. Bureau de normalisation  
NBN EN 12730 Feuilles souples d'étanchéité. Feuilles d'étanchéité de toitures bitumineuses, plastiques et élastomères. Détermination de la résistance au poinçonnement statique. Bruxelles, NBN, 2001.
6. Bureau de normalisation  
NBN EN 13162 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en laine minérale (MW). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
7. Bureau de normalisation  
NBN EN 13163 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
8. Bureau de normalisation  
NBN EN 13164 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
9. Bureau de normalisation  
NBN EN 13165 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PUR). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
10. Bureau de normalisation  
NBN EN 13166 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en mousse phénolique (PF). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
11. Bureau de normalisation  
NBN EN 13167 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en verre cellulaire (CG). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
12. Bureau de normalisation  
NBN EN 13169 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Produits manufacturés en perlite expansée (EPB). Spécification. Bruxelles, NBN, 2009.
13. Bureau de normalisation  
NBN EN ISO 10211 Ponts thermiques dans les bâtiments. Flux thermiques et températures superficielles. Calculs détaillés. Bruxelles, NBN, 2008.
14. Centre scientifique et technique de la construction  
La toiture plate. 2ème partie: exécution des ouvrages de raccord. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique n° 191, 1994.
15. Centre scientifique et technique de la construction  
La toiture plate : composition, matériaux, réalisation, entretien. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique n° 215, 2000.
16. Lassoie L.  
Toitures plates fixées mécaniquement : vis et plaquettes de répartition. Bruxelles, CSTC, CSTC-Contact, n° 3, 2010.
17. Union belge pour l'agrément technique dans la construction  
Note de l'UBAAtc relative à l'accessibilité des toitures plate. Bruxelles, UBAAtc, 2006.
18. Van den Bossche P. et Dobbels F.  
Installation de panneaux solaires en toiture. Bruxelles, CSTC, CSTC-Contact, n° 2, 2009.