

Systemes photovoltaïques : Manuel de bonnes pratiques Toitures commerciales et industrielles

Révision : 1.0

Ceci est une publication de Volta
Avenue du Marly 15/08
1120 Brussel

IBAN BE07 4264 1351 0166
BTW/TVA BE0457 209 993
RPR Brussel/RPM Bruxelles
info@volta-org.be
www.volta-org.be

Volta asbl et Volta fse sont des organes sectoriels créés par et pour les entreprises et les travailleurs du secteur électrotechnique et, plus particulièrement, la sous-commission paritaire des électriciens : installation et distribution (SCP 149.01). Ces organismes ont été fondés par les partenaires sociaux (fédérations patronales et syndicats) du secteur afin d'apporter aide et conseil aux entreprises et aux travailleurs.



© Volta 2023

Aucune information tirée de cette publication ne peut être reproduite, sauvegardée dans une banque de données automatisée ou rendue publique, sous quelque forme que ce soit ou de quelque manière que ce soit, de manière électronique, mécanique, par le biais de photocopies, d'enregistrements ou de toute autre manière, sans l'accord écrit préalable de l'éditeur.

Table des matières

1.	Introduction	4
2.	Objectif	4
3.	Arrière-plan	4
4.	Risques liés aux installations photovoltaïques	4
4.1.	Risques liés au toit	4
4.1.1.	Structure du toit.....	4
4.1.1.1.	Toiture	4
4.1.1.2.	Isolation	5
4.1.1.3.	Structure du bâtiment.....	5
4.1.2.	Classe de feu des matériaux de construction.....	5
4.1.3.	Cloisonnement	6
4.2.	Risques pour la stabilité	6
4.2.1.	Charge statique.....	6
4.2.2.	Charge dynamique.....	6
4.2.3.	Accumulation de neige	7
4.2.4.	Classe de conséquence	7
4.2.5.	Fréquence de répétition du vent	7
4.2.6.	Note de calcul du fabricant de support.....	7
4.2.7.	Drainage de l'eau	8
4.3.	Sécurité au travail	8
5.	Prévention.....	9
5.1.	Généralités	9
5.2.	Concevoir	9
5.3.	Sélection des composants.....	9
5.3.1.	Panneaux solaires.....	9
5.3.1.1.	Longueur minimale du câble	9
5.3.1.2.	Fixation mécanique	10
5.3.2.	Connecteurs	10
5.3.3.	Câblage DC	10
5.3.4.	Onduleurs	10
5.3.4.1.	Montage.....	11
5.3.5.	Câblage AC	11
5.3.6.	Tableaux électriques	12
5.4.	Protection contre la foudre et les surtensions.....	12
5.5.	Assurance qualité	12
5.5.1.	Concevoir	12
5.5.2.	Approvisionnement.....	12
5.5.3.	Livraison	12
5.5.4.	Construction.....	12
5.5.5.	Livraison	13
6.	Maintenance et exploitation	13
6.1.	Manuel d'entretien.....	13
6.2.	Thermographie.....	13
6.3.	Urgence	13
6.4.	Journal de bord.....	13

1. Introduction

Ce manuel décrit les recommandations et les bonnes pratiques de la construction à l'exploitation en toute sécurité d'installations photovoltaïques sur des bâtiments commerciaux et industriels. Le présent document se concentre donc sur les grands toits plats et en pente.

Les maisons familiales ne sont pas précisément détaillées dans ce document.

2. Objectif

Ce manuel se veut un document-cadre et un complément ou une clarification de la législation existante afin de fournir une charte entre les promoteurs, les installateurs, les propriétaires, les utilisateurs, les compagnies d'assurance, les pompiers et les services gouvernementaux pour les nouvelles installations photovoltaïques à construire.

Les aspects architecturaux, électriques et autres aspects de qualité et de sécurité sont présentés dans ce manuel.

Ce manuel ne vise pas à modifier la législation ou la réglementation existante ni à conduire spécifiquement à une nouvelle législation, mais peut être utilisé comme ligne directrice de pratique ou comme base pour un document d'accord sous-jacent entre différentes parties.

3. Arrière-plan

Ce manuel a été élaboré pour soutenir la croissance rapide des installations photovoltaïques liées au toit en vue d'un fonctionnement durable et sûr. La transition énergétique nous oblige à traiter la question énergétique de manière créative. Le rôle des bâtiments commerciaux et industriels ainsi que leurs infrastructures est crucial à cet égard car, grâce à des installations photovoltaïques, ils peuvent répondre totalement ou partiellement à leurs besoins énergétiques.

La complexité et les risques associés à l'augmentation du nombre d'installations photovoltaïques n'ont pas toujours été suffisamment reconnus et les intérêts des différentes parties ne sont pas toujours les mêmes.

D'un point de vue indépendant, ce manuel cherche à fournir des solutions qui permettent un déploiement à grande échelle des installations photovoltaïques tout en tenant pleinement compte de la gestion des risques.

4. Risques liés aux installations photovoltaïques

4.1. Risques liés au toit

Lors de la conception et de la construction des bâtiments, des directives nationales, des réglementations des pompiers et des assureurs sont imposés dans le but de rendre le bâtiment suffisamment sûr contre l'incendie. Cette sécurité incendie est renforcée par le choix des matériaux, le cloisonnement et les installations de lutte contre la propagation du feu.

La combinaison des facteurs ci-dessus garantit les réductions de risque nécessaires à un niveau acceptable pour toutes les parties concernées.

4.1.1. Structure du toit

Afin de bien comprendre les risques d'un système photovoltaïque par rapport à un toit, la construction complète du toit doit être prise en compte.

4.1.1.1. Toiture

La toiture a une influence significative sur la conception et donc sur l'évaluation des risques d'un système photovoltaïque. Les systèmes photovoltaïques modernes sont souvent placés lestés (avec ou sans ancrage à des endroits spécifiques) où le lest doit garantir que le système reste stable contre :

- le basculement ;
- le soulèvement ;
- le glissement.

Contre le glissement est généralement le plus grand défi. Tout d'abord, le coefficient de frottement entre le toit et le système de montage doit être déterminé. Une mesure spécifique au projet peut être utile pour éviter toute discussion par la suite.

Deuxièmement, des dispositions doivent également être prises pour éviter les changements dus au comportement dynamique du toit. Ce dernier est très difficile à prévoir mais peut causer des difficultés à long terme...

En outre, la toiture est également la couche de séparation entre le bâtiment et le système photovoltaïque.

Dans ce contexte, la toiture aidera à déterminer si un incendie peut se propager du bâtiment au système photovoltaïque ou vice versa.

4.1.1.2. Isolation

L'isolation du toit fournit principalement une isolation thermique, mais vise également à rendre les différentes parties du toit accessible (par exemple pour l'entretien).

En cas de calamité, l'isolation du toit peut être impliquée dans un incendie. La mesure dans laquelle l'isolation du toit contribue à la propagation d'un incendie est déterminée par sa classe d'incendie.

Lors de la vérification de l'isolation par rapport à la compatibilité du système photovoltaïque, une attention particulière doit être accordée à la charge ponctuelle causée par un système photovoltaïque (lesté). Certains matériaux d'isolation sont très déformables (par exemple : la laine de roche et la laine de bois) et nécessitent une plus grande surface de support. Des points d'appui trop petits peuvent entraîner une stagnation permanente de l'eau autour des supports, ce qui peut accélérer le vieillissement du revêtement du toit. Cela peut également entraîner des fuites de toit. De ce point de vue, une isolation dure est recommandée.

La charge ponctuelle permanente doit en tout temps être limitée à un maximum de 25 % de la résistance à la compression déclarée du panneau isolant selon la norme EN826. En outre, il faut également s'assurer de ne jamais dépasser la déformation maximale autorisée pour la couverture de toiture afin d'éviter tout risque de déchirure.

Les charges temporaires qui s'appliqueront sur le toit et l'isolation pendant les travaux d'installation doivent être spécifiquement décrits et quantifiés dans un document qui doit être approuvé par le propriétaire du bâtiment et le bureau de stabilité.

4.1.1.3. Structure du bâtiment

Les matériaux à partir desquels les bâtiments sont construits peuvent être de nature différente. Que le cœur d'un bâtiment soit constitué d'acier, de béton, de bois ou d'une combinaison de ceux-ci a une influence sur le comportement au feu et sur la stabilité dynamique du toit. De cette façon, cela exerce également une influence sur la structure du système photovoltaïque. Cependant, ces éléments peuvent être reliés aux points précédent et ne sont pas décrits plus en détail dans ce point.

4.1.2. Classe de feu des matériaux de construction

Les matériaux de construction sont subdivisés en classe de feu A à F selon la norme EN13501-1.

Classe Euro	Contribution au feu	Pratique
R1.	Aucune contribution quelle qu'elle soit	Ininflammable
R2.	Pratiquement aucune contribution	Pratiquement ininflammable
B	Contribution très limitée	Très difficile à brûler
C	Contribution importante	Inflammable
D	Contribution élevée	Hautement inflammable
E	Contribution très élevée	Hautement inflammable
F	Non déterminé	Non testé ou non conforme à E

Le matériau isolant des toits sur lesquels des installations photovoltaïques sont installées doit toujours être conforme à la classe A1, A2 ou FM approuvée B (B-S1,d0). Ceci à la fois pour la couverture du toit et l'isolation. Des exemples de matériaux d'isolation qui s'y conforment sont la laine de roche, la laine de verre, le PIR approuvé FM, etc.

Remarque : D'autres classes Euro peuvent être autorisées sous réserve de l'approbation spécifique de l'assureur de l'immeuble. Habituellement, cela a également un impact sur la structure du système photovoltaïque sur le toit.

Dans des cas spécifiques, une interdiction peut encore être imposée pour installer une installation photovoltaïque sur un toit avec une isolation de classe d'incendie B. Cela peut être le cas lorsque l'évacuation du bâtiment est rendue plus difficile. En voici quelques exemples :

- garderies ;
- hôpitaux ;
- bâtiments spécifiquement destinés aux soins aux personnes âgées ou aux personnes ayant un handicap ; physique ayant besoin d'aide ;
- bâtiments scolaires avec des enfants <12 ans ;
- bâtiments publics tels que salles de concert, stades sportifs, ... où de grandes foules se rassemblent.

4.1.3. Cloisonnement

Les bâtiments sont normalement compartimentés pour prévenir et limiter la propagation de tout incendie.

Lors de l'installation de systèmes photovoltaïques, il faut veiller à maintenir le compartimentage existant.

Il est important d'en tenir compte dans la conception de l'installation photovoltaïque. Une attention particulière doit être accordée au câblage placé sur ou à travers les parois coupe-feu.

Le câblage doit être disposé de manière à maintenir la résistance au feu de la barrière en question. Il doit être possible de démontrer le maintien de cette résistance au feu au moyen de la certification et de la documentation nécessaires ; que ce soit ou non par un entrepreneur agréé. Cette documentation doit être incluse dans le fichier As-built.

En aucun cas, les panneaux photovoltaïques ne seront placés au-dessus d'une paroi coupe-feu. Un espace libre d'au moins 1 mètre sera maintenu entre le champ photovoltaïque et la paroi coupe-feu.

4.2. Risques pour la stabilité

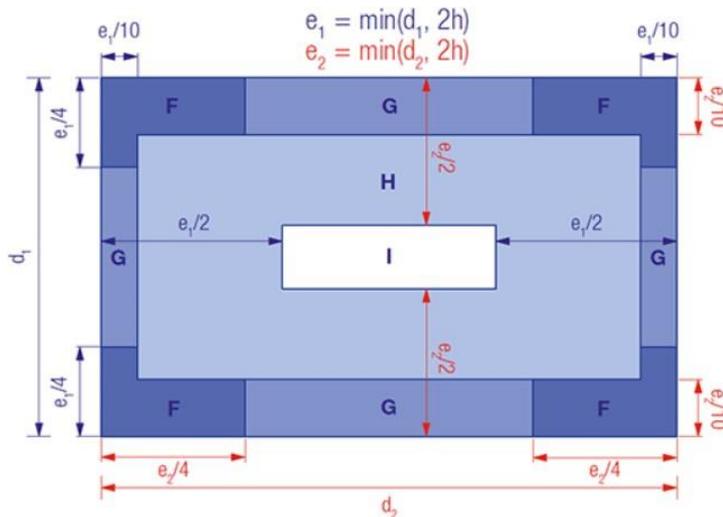
4.2.1. Charge statique

Un système photovoltaïque provoque une charge statique permanente sur le toit. Cette charge doit être soigneusement cartographiée et validée au moyen d'un calcul effectué par un ingénieur indépendant ou un bureau d'étude spécialisé et indépendant.

Lors de la détermination de la charge statique, les paramètres suivants seront pris en compte :

- le propre poids des panneaux solaires et du système de montage. Celui-ci doit être déterminé par le fournisseur du système de montage au moyen d'une note de calcul ;
- les charges dues au câblage ;
- toute augmentation de la charge vers le bas sur le toit en raison du facteur de forme du système photovoltaïque. Ce facteur doit être indiqué par le fabricant du système de montage.

L'Eurocode EN1991-1-4 détermine les zones de bord d'un toit selon le schéma ci-dessous.



Les notes de calcul du vent pour un système photovoltaïque doivent indiquer séparément les forces dans chacune de ces zones spécifiques et démontrer que le système photovoltaïque peut répondre aux forces qui se produisent.

4.2.2. Charge dynamique

Un système de toiture subit des contraintes dynamiques en raison des effets du vent et de la température (p. ex. : expansion de l'acier et de l'aluminium) et de tout processus qui se produit dans le bâtiment (chaîne de production, presses, compresseurs, etc.).

Le système photovoltaïque doit être conçu de manière à absorber les charges dynamiques et à ne pas entraîner de dommages. (p. ex. : en s'éloignant lentement ou en déplaçant une installation sur le toit). Cela devra également être vérifié lors de la

maintenance du système. Un contrôle spécifique à cet égard devrait être inclus dans la liste de contrôle des inspections périodiques.

4.2.3. Accumulation de neige

Lors de l'installation de panneaux solaires sur un toit plat, la structure plate est interrompue par des rangées de panneaux solaires. Cette disposition peut entraîner une accumulation de neige entre les rangées de panneaux. En fonction de l'élément critique du bâtiment en termes de stabilité (poutres principales, traverses, tôle de toit, etc.), il est possible qu'une évaluation supplémentaire doive être effectuée en termes d'augmentation des charges de ligne.

L'étude de stabilité indiquera spécifiquement si l'accumulation de neige entraîne ou non un risque supplémentaire. Si tel est le cas, des mesures supplémentaires peuvent être nécessaires. Toute recommandation à cet égard doit toujours être indiquée par l'étude de stabilité.

4.2.4. Classe de conséquence

Chaque bâtiment et installation photovoltaïque doit être conçu selon une classe de conséquence spécifique. Cette classe tient compte de l'utilisation du bâtiment et des risques associés à une éventuelle calamité. Une classe de conséquence plus élevée conduit donc à des facteurs de sécurité plus élevés dans les calculs de charge de vent du système photovoltaïque.

Les classes de conséquences indiquées ci-dessous seront utilisées pour déterminer le lestage ou les ancrages requis pour le système photovoltaïque. La classe de conséquence utilisée sera clairement affichée dans le calcul du fabricant du système de montage.

Classe	Définition	Exemples
CC1	Les faibles impacts sur les pertes en vies humaines et les conséquences économiques, sociales ou environnementales sont faibles ou négligeables.	Bâtiments agricoles, écuries, entrepôts de stockage, serres ou autres bâtiments où il n'y a pas ou peu de personnes présentes.
cc2	L'impact moyen sur les pertes en vies humaines, les conséquences économiques, sociales ou environnementales sont importantes.	Immeubles résidentiels et de bureaux, bâtiments de production à fort taux d'occupation, ...
cc3	Les conséquences majeures pour la perte de vies humaines, ou les conséquences économiques, sociales ou environnementales sont très importantes.	Stades, salles de concert, centres commerciaux, ...

4.2.5. Fréquence de répétition du vent

Des systèmes photovoltaïques sont installés, en comptant sur une durée de vie d'au moins 25 ans.

La probabilité de répétition d'une certaine vitesse du vent et les facteurs de correction associés sont définis dans l'Eurocode EN1991-1-4.

Les applications qui relèvent du CC3 utiliseront une fréquence de répétition de 50 ans.

4.2.6. Note de calcul du fabricant de support

Le fabricant du système de support soumettra une note de calcul complète contenant au moins les informations suivantes.

HYPOTHÈSES :

- vitesse de référence du vent ;
- pression maximale du vent ($q_p(z)$) ;
- coefficients de pression C_p pour n modules ;
- poids propre des modules et du système de montage G_k ;
- dimensions et poids des panneaux utilisés ;
- coefficient statique de frottement μ ;
- classe de confiance (si différente de $KFI=1.0$) ;
- position nécessaire du lestage B_k (déplacement et levage).

PARAMÈTRES PERTINENTS :

Pour la détermination de la pression de vitesse de crête :

- catégorie de terrain ;
- zone de vent ;
- fréquence de répétition du vent ;
- hauteur du bâtiment (mesurée à partir des avant-toits) ;
- coefficient de topographie.

Pour la détermination des coefficients de pression C_p :

- pente du toit ;
- angle d'inclinaison des modules par rapport à la surface du toit ;
- distance entre les rangées de panneaux ;
- détails des parois arrière et du placage latéral ;
- hauteur du support d'avant-toit et dimensions du bâtiment.

Pour la détermination de l'adéquation avec le bâtiment :

- classe de conséquence ;
- classe de corrosion (C1 – C5) ;
- numéro du rapport de référence des essais en soufflerie (ou autres) utilisés pour les calculs du lestage
- charges de neige appliquées selon la norme EN1991-1-3, indiquant toute accumulation de neige.

Un plan de lestage sera fourni sur lequel les différentes charges sont indiquées ainsi qu'affichées en kg/m^2 . Les charges maximales en ligne et en point de l'installation photovoltaïque seront également affichées et indiquées.

4.2.7. Drainage de l'eau

Les systèmes photovoltaïques créent des obstacles sur le toit. En cas de fortes pluies, le système photovoltaïque ne doit causer aucun inconvénient pour drainer l'eau du toit.

Afin de garantir cela suffisamment, les recommandations suivantes sont formulées.

Espace libre sous les profilés ou les conduits de câbles (transversal à l'évacuation de l'eau)	Min. 5CM
Espace libre autour des points de drainage de l'eau	Min. 75CM
Espace libre autour des points de drainage de l'eau avec drainage mécanique	Min. 40CM

De plus, les conduits de câbles seront placés à une hauteur telle qu'ils sont toujours plus hauts que les dispositifs de débordement d'urgence du toit appelés aussi trop-pleins.

Dans le cas de toits très plats, il faut vérifier si la déformation du toit résultant de l'emplacement du système photovoltaïque n'entraîne pas d'accumulation d'eau sur le toit lui-même. Si tel est le cas, cette charge supplémentaire doit être incluse dans les calculs de stabilité et/ou des méthodes d'évacuation supplémentaires doivent être prévues.

4.3. Sécurité au travail

La sécurité au travail doit être une partie élémentaire de la conception de l'installation photovoltaïque. Par exemple, la conception tiendra compte non seulement de la sécurité au travail lors de l'installation de l'installation, mais également de la sécurité au travail requise lors de la maintenance de l'installation.

Un espace libre aux bords du toit d'au moins 2m (toits plats) est donc recommandé. Pour les distances plus petites, une analyse de risques devra indiquer quelles mesures de sécurité s'appliqueront (individuellement et/ou collectivement).

Entre le système photovoltaïque et les dômes de toit ou les puits de lumière, un espace libre d'au moins 80 cm doit être prévu.

Ces composantes seront consignées dans un plan de sécurité et de santé qui est présent sur le site en tout temps.

5. Prévention

5.1. Généralités

La gestion des risques commence en premier lieu par éviter que les risques puissent survenir.

Malgré la recherche d'un risque zéro, un certain nombre de risques sont inextricablement liés à une installation photovoltaïque. Les lignes directrices de ce chapitre visent à atteindre un niveau de risque acceptable sur la base de l'état actuel de la technique et à imposer des recommandations minimales dans le but de pouvoir exploiter le système photovoltaïque en toute sécurité.

5.2. Concevoir

La conception d'une installation photovoltaïque doit être adaptée à l'endroit où le système sera réalisé, y compris ses influences externes (in)directes. L'interaction entre les influences externes (météorologiques) et la façon dont le système photovoltaïque influence le bâtiment et vice versa doit être prise en compte.

Exemples :

- Une évacuation d'eau limitée peut avoir une influence significative sur le système de montage choisi et sur la façon dont il doit être construit.
- Une installation sur une usine de traitement du fumier avec des niveaux élevés d'ammoniac peut imposer des exigences différentes sur les matériaux utilisés.

Chaque installation photovoltaïque doit être conçue et vérifiée par rapport aux normes de référence CEI mentionnées dans le présent document ainsi qu'aux normes et législations locales applicables.

Les normes générales à suivre sont IEC 62548 et IEC60364-7-712.

Documenter les facteurs d'influence externes conformément à l'article 9.1.6 du décret royal 08/09/2019 (livre 1 / ancien RGIE) doit être paraphé par l'opérateur ou son délégué pour la conception et le début des travaux.

L'installation doit toujours être conçue et installée conformément à la législation applicable :

- AREI/RGIE – Livre 1 ;
- Synergrid C10/11 ;
- Série IEC62446.

5.3. Sélection des composants

5.3.1. Panneaux solaires

Les panneaux solaires doivent être conformes à la norme IEC61215.

De plus, tous les types doivent être conformes aux normes IEC61730-1 et IEC61730-2.

Seuls les panneaux de classe II peuvent être utilisés.

Les panneaux solaires avec feuille de fond en plastique doivent atteindre une classification d'incendie minimale « C » selon IEC61730.

Lors de la mise en œuvre d'installations photovoltaïques sur des bâtiments de classe de conséquence III et lorsque le revêtement de toit ou l'isolation du toit n'est pas conforme à la classe d'incendie A (cf.4.1.2

5.3.1.1. Longueur minimale du câble

Afin d'obtenir une connexion fiable et durable entre les panneaux solaires, il faut s'assurer que les câbles de la boîte de jonction ont une longueur suffisante et ne provoquent donc pas de contrainte mécanique sur les connecteurs PV.

Lors de l'installation de panneaux solaires sur des toits plats, ils sont généralement placés en orientation paysage. Une règle empirique pour la longueur minimale du câble devient alors :

$$\text{Longueur câble Min. (mm)} = \frac{\text{Longueur panneau}}{2} + \text{largeur des clames} + 150$$

Exemple :

Longueur de câble minimale pour un panneau de 1m65 x0,99m et des clames de 10mm.

$$\text{Longueur câble Min.} = \frac{1650}{2} + 10 + 150 = 985\text{mm}$$

5.3.1.2. Fixation mécanique

Il convient de s'assurer que la méthode de fixation des panneaux solaires choisie est conforme aux méthodes prescrites par le fabricant.

Si tel n'est pas le cas, l'installateur est responsable si des dommages se produisent en conséquence.

Dans le cas, où la méthode de fixation n'est pas indiquée dans le manuel d'installation, il est recommandé de demander une déclaration écrite spécifique au fabricant pour se protéger des conditions de garantie.

5.3.2. Connecteurs

Les principes suivants doivent être respectés en ce qui concerne les connecteurs DC :

- Les connecteurs doivent être conformes à la norme IEC62852.
- Le nombre de connecteurs doit être limité au strict minimum. Différentes options de conception peuvent conduire à un nombre différent de connecteurs à utiliser (par exemple, plus ou moins de ponts, puissance par panneau, MLPE (Module Level Power Electronics), ...).
- La norme CEI62446-1 stipule sans ambiguïté que seuls les connecteurs de même marque et de même type peuvent être connectés les uns aux autres.
- Les connecteurs doivent toujours être montés avec l'outillage approprié. Il est recommandé que les personnes qui effectuent ces connexions aient reçu une formation à ce sujet de la part du fabricant du connecteur.
- Chaque connecteur doit être fixé à au moins 10 cm au-dessus de la surface du toit. Cette fixation doit être choisie de manière à ce que cette distance minimale puisse être maintenue pendant toute la durée de vie de l'installation. (Si cela n'est pas possible, cela doit être décrit dans le plan de maintenance).
- Le câble doit passer tout droit pendant au moins 20 mm après le connecteur avant que le premier tour puisse être effectué.

5.3.3. Câblage DC

- Doit toujours se conformer aux directives applicables en matière de CPR (EN 50575) et aux règlements imposés dans le livre 1 de RGIE.
- Plus précisément, il s'agit de respecter :
 - [notas-General-Directorate-Energy-attention-recognised-organisms-New-AREI.pdf](#) (Document, 7.32 MB) ;
 - [fiches thématiques-ad-énergie-nouvelle-AREI.pdf](#) (Document, 654.79 KB) ;
 - doit toujours être de classe II (double isolation). Convient aux tensions appliquées ;
 - calcul des pertes de chaleur à effectuer en tenant compte d'une température ambiante de 70°C (pour la trajectoire sous les panneaux solaires) et du regroupement des câbles résultant en une température de fonctionnement maximale du câble.
- En outre, il doit être possible de soumettre des calculs sur le courant maximal admissible (I_z) conformément aux normes CEI-60364-5-52 et EN50618, en indiquant et en tenant compte des différents facteurs de réduction.
- Remarque : pour les calculs I_z , aucune différence n'est faite entre DC et AC.
- Le rayon de courbure autorisé du câble doit être respecté. Une attention particulière doit être accordée ici à l'attache des câbles sous les panneaux et aux courtes courbures au niveau des boîtes de jonction.
- Un inventaire et une évaluation des risques devraient tenir compte des dommages mécaniques aux câbles CC. Cela devrait indiquer clairement si des mesures de protection supplémentaires doivent être prises en ce qui concerne la formation et la propagation des arcs électriques (par exemple, séparation de + et -, blindage mécanique supplémentaire, chemins de câbles non conducteurs, résistants à l'immersion permanente, etc.).

5.3.4. Onduleurs

- Toujours un boîtier IP65.
- Détection et arrêt immédiat en cas de défaut de mise à la terre.
- Le câblage AC se fait à l'intérieur de l'onduleur et à travers un presse étoupe. Les câbles se connectent à un dispositif de connexion adéquat au sein de l'onduleur.
À noter également :
 - Serrer au couple de serrage correct spécifié par le fabricant.
 - N'utilisez que les types de câbles autorisés (cuivre ou aluminium).
 - Notez la section de câble minimale et maximale autorisée pour l'onduleur.
- Câblage CC de connexion uniquement au moyen de connecteurs fournis et d'un outillage correct.
- Une surveillance minimale de chaque string doit être en place pour une détection précoce et spécifique des erreurs sur un string.
- Boîtier entièrement métallique. Cela permet de maintenir tout feu interne dans le boîtier.
- Les onduleurs ne doivent pas être placés dans des zones présentant un risque d'incendie accru sur la base de la sous-section 4.3.3.6. KB (08/09/2019) Livre 1 de RGIE.

Lorsqu'un onduleur est utilisé avec une fonctionnalité de détection d'arc (AFCI / Arc Fault Circuit Interrupter), et que cette fonction est appliquée en tant que partie intégrante du principe de sécurité, un contrôle spécifique doit être effectué sur sa mise en œuvre correcte au démarrage ainsi que pendant la maintenance (par exemple après la mise à niveau du logiciel).

Dans ce cas, le fabricant doit indiquer spécifiquement et entre autres, les limites de conception et d'application de cette détection afin que cela puisse être pris en compte dans la conception.

Cela comprend : (non exhaustif)

- longueur maximale de tout le string DC ;
- section minimale du câble ;
- courant maximal ;
- notification d'alarme avec au moins l'indication du string où l'erreur se produit.

5.3.4.1. Montage

Les onduleurs doivent toujours être montés conformément aux directives suivantes :

- Sur le toit, ceux-ci peuvent être placés librement avec une distance limitée de 1 m aux murs coupe-feu.
- Lorsqu'elle est placée sur un toit plat avec une classification au feu B ou supérieure, la zone sous la structure de l'onduleur sera recouverte d'un toit couvrant la classe A, et ce jusqu'à au moins 1 m en dehors de la zone de l'onduleur.
- Sur la façade extérieure du bâtiment à condition que le matériau de la façade extérieure ait une classe de feu A avec une résistance au feu d'au moins 60 minutes.
- L'installation d'onduleurs dans le bâtiment n'est possible que dans les circonstances suivantes :
 - Les onduleurs sont placés dans un local technique directement sous le toit avec une résistance au feu d'au moins 60min.
 - Les câbles d'alimentation entrant et sortant de cette pièce doivent être installés étanches à la vapeur, y compris une résistance au feu de 60min.
 - Le câblage DC doit être dissimulé ignifuge (> 60min) pour la pièce extérieure au local technique.
 - Le câblage DC à l'intérieur du bâtiment doit être marqué comme tel de manière uniforme et doit toujours circuler dans des téléphériques séparés. Ces trajectoires doivent également être incluses dans les plans d'urgence existants du bâtiment.

5.3.5. Câblage AC

Le câblage AC doit être conforme à la réglementation européenne CPR/EN50575 en termes de classification au feu (cf. Livre 1 de RGIE).

Classes d'incendie européennes pour câbles électriques (réaction primaire au feu).

Classe d'incendie	Contribution au feu
Aac	Non
B1ac	À peine
B2ac	Très limité
Cac	Limité
Dac	Moyenne
Eac	Haut
Fac	Non déterminé

En outre, des sous-classes ont été définies en ce qui concerne :

s = Fumée

d = Brûlure due aux particules qui tombent (gouttelettes)

a = corrosivité/acidité

s = Développement de la fumée	d = gouttelettes	a = acidité
s1 : Mineur	d0 : Aucun	a1 : Faible
s2 : Moyenne	d1 : Limité	a2 : Limité
s3 : Fort (Aucune exigence)	d2 : Elevé (aucune exigence)	a3 : Elevé (Aucune exigence)

Les règles spécifiques qui doivent être respectées se trouvent dans le décret royal 08/09/2020 (Livre 1).

Concernant le choix des conducteurs/câbles pour leur réaction au feu, la section suivante s'applique: 5.2.7. et la sous-section 4.3.3.7.

Important : si les lignes électriques sont installées au-dessus de la tête, de telle sorte que les particules en feu peuvent tomber, la classification des particules qui tombent en feu doit être d0 ou d1 (comme c'est le cas, par exemple, avec la classe de feu Cca-s1, d1, a1).

En outre, il doit être possible de soumettre des calculs conformément à la série IEC-60364 indiquant les différents facteurs de réduction qui ont été pris en compte pour démontrer la production admissible de courant et de chaleur.

Il est important de noter que tous les câbles montés sur un toit doivent être calculés à une température ambiante d'au moins 40 °C. (sauf sous les panneaux solaires eux-mêmes où une température ambiante minimale de 70 °C doit être utilisée).

5.3.6. Tableaux électriques

Il est fortement recommandé que les tableaux électriques soient munis d'un certificat démontrant qu'ils ont été testés selon la norme CEI61439-2. De cette façon, la résistance au court-circuit et le développement de chaleur dans le tableau peuvent être maintenus dans les limites qui assurent un fonctionnement sécurisé sur le long terme.

Les automates et les fusibles doivent être dimensionnés et déterminés en fonction des températures ambiantes dans le tableau. Les disjoncteurs ou les fusibles sont chargés des facteurs de réduction nécessaires conformément à la norme CEI EN 60269-2.

5.4. Protection contre la foudre et les surtensions

Une installation photovoltaïque, en soi, ne donne pas un risque accru de foudre sur le bâtiment. Avec une installation correcte, un système photovoltaïque n'aura pas non plus d'influence négative sur les risques liés à la foudre du bâtiment.

S'il existe un système de défense contre la foudre actif sur le toit du bâtiment, l'intégration du système photovoltaïque avec cette protection contre la foudre devra être conçue au moyen d'une étude indépendante. La norme déterminante pour cela est la norme EN-IEC62305.

5.5. Assurance qualité

5.5.1. Concevoir

La conception doit être vérifiée par une ou plusieurs personnes compétentes pour en vérifier l'exhaustivité et la conformité avec les normes et standards applicables ainsi que les exigences du présent manuel.

En outre, l'installation électrique photovoltaïque doit être soumise à un test de conformité avant la mise en service conformément à l'article 6.4 du livre 1 (anciennement RGIE (Installations électriques Kb 08/09/2020 sur basse tension et très basse tension)). La conformité avec le Synergrid doit également être démontrée. Finalement, la conformité de l'installation est vérifiée à l'aide du présent document.

5.5.2. Approvisionnement

Il faut vérifier si les spécifications des composants, des pièces et des services ont effectivement été intégrées dans le processus d'approvisionnement. En d'autres termes, a-t-on commandé exactement ce qui est prescrit ?

5.5.3. Livraison

Lors de la livraison, il faut vérifier que les matériaux sont conformes aux spécifications commandées. Les marchandises seront stockées conformément à la directive du fabricant.

5.5.4. Construction

Comme plusieurs études du passé l'ont montré, la grande majorité des dommages causés aux systèmes photovoltaïques peuvent être attribués à des erreurs d'installation.

En d'autres termes, les composants de haute qualité ne garantissent pas à eux seuls une installation sans erreur. Un manuel de qualité spécifique doit donc être présent. Dans celui-ci, il est défini les bonnes pratiques concernant la connexion de certaines parties les unes aux autres.

Tous les manuels d'installation des différents composants sont également ajoutés à ce manuel de qualité afin que l'on puisse toujours s'y référer sur place.

Remarque : Les manuels et les registres d'intervention peuvent être disponibles sur papier et sous forme numérique.

5.5.5. Livraison

Après la réalisation et avant la livraison, la partie qui a évalué la conception doit également effectuer une inspection pour établir que la conception approuvée a effectivement été réalisée.

6. Maintenance et exploitation

6.1. Manuel d'entretien

Après la livraison de l'installation, un manuel d'entretien est laissé sur place ou peut être consulté sur place (disponible sur papier ou numériquement). Ce manuel décrit au moins les points suivants :

- liste des matériaux de l'installation avec pour chaque composant son programme d'entretien et sa fertilité ;
- plan de sécurité et de santé axé spécifiquement sur l'inspection et l'entretien ;
- précautions à prendre lors de l'entrée dans le toit ;
- instructions concernant l'entretien et la réparation de la couverture et/ou de l'isolation du toit ;
- coordonnées de l'équipe de construction ;
- coordonnées de l'équipe de maintenance ;
- procédure standard pour le démarrage de l'installation photovoltaïque ;
- procédure standard pour éteindre et sécuriser l'installation photovoltaïque ;
- description des alarmes visuelles et/ou sonores et de l'action attendue ;
- inventaire des pièces de rechange présentes (le cas échéant).

De plus, un dossier "As-Built" est laissé sur place ou mis à disposition pour consultation et un rapport d'inspection valide est toujours présent.

6.2. Thermographie

Dans le cadre de la politique de prévention, l'exécution de la thermographie sur l'installation électrique est une nécessité. Nous nous référons également à Regelek 2013 §3.2.2 qui peut s'appliquer :

« L'installation est vérifiée chaque année, à charge normale, par thermographie. Le contrôle doit être effectué par un organisme de contrôle accrédité BELAC dans le champ d'application. L'opérateur doit être accompagné d'un représentant du service de maintenance électrique. »

6.3. Urgence

Le plan d'urgence de l'entreprise est spécifiquement vérifié pour l'interaction avec le système photovoltaïque installé. En plus des instructions générales d'utilisation pour les personnes sur place, les mesures d'intervention et d'urgence sont également spécifiquement incluses dans le plan d'urgence.

Ces mesures décrivent non seulement les mesures à prendre si une calamité se produit dans l'installation photovoltaïque elle-même, mais aussi si l'installation photovoltaïque est impliquée dans une calamité externe.

6.4. Journal de bord

Sur place, un journal de bord sera tenu (sur papier ou numériquement) contenant un enregistrement du travail effectué. Ce journal de bord se compose au moins d'un enregistrement des données suivantes :

- noms des personnes exerçant une activité d'entretien ;
- date et heure d'arrivée ;
- date et heure de départ ;
- description des tâches à effectuer/ exécutées, y compris la notification des composants remplacés, y compris tous les détails associés ;
- indiquer si des activités soumises à autorisation d'incendie sont exercées ou non.