



Module PV Léger ZKFN Solar

Guide de Conception de Système Photovoltaïque

Shandong ZKFN Solaire Technologie SARL

Date de publication : 2026-04-25 | Version : ZKFN-ATSD-FLX-02

Table des matières

Chapitre 1 : Dispositions générales	4
1.1 Domaine d'application.....	4
1.2 Objectif de la rédaction	4
1.3 Positionnement du document.....	4
1.4 Quatre principes fondamentaux de conception.....	4
1.5 Valeurs de référence des conditions environnementales applicables	4
1.6 Avertissement sur les risques	5
Chapitre 2 : Terminologie	5
Chapitre 3 Normes de référence et documents de référence.....	6
3.1 Normes nationales et sectorielles	6
3.2 Documents techniques de l'entreprise.....	7
3.3 Δ Deux contraintes préalables obligatoires	7
Chapitre 4 : Présentation des produits et aperçu de la sélection	7
4.1 Aperçu des gammes de produits	7
4.2 Diagramme de décision pour la sélection tous scénarios	8
Chapitre 5 : Principes de conception.....	9
5.1 Priorité à la sécurité.....	9
5.2 Compatibilité structurelle.....	9
5.3 Adaptabilité environnementale.....	10
5.4 Facilité de maintenance.....	10
Chapitre 6 – Base de calcul des charges	10
6.1 Tableau de consultation rapide de la charge propre des modules.....	10
6.2 Calcul de la charge de vent (GB 50009).....	10
6.3 Calcul de la charge de neige (GB 50009)	11
6.4 Action sismique (GB 50011)	11
6.5 Combinaisons de charges	11
Chapitre 7 Conception de la disposition des modules	11
7.1 Principes de disposition.....	11
7.2 Paramètres de disposition typiques pour chaque série	12
7.3 Conception de l'ombrage	12
7.4 Conception de sécurité du câblage électrique	13
Chapitre 8 Conception de l'installation des modules.....	14
8.1 Évaluation de l'aptitude du support (toiture).....	14
8.2 Exigences Obligatoires pour l'Angle d'Inclinaison des Modules	15
8.3 Processus d'Application de la Colle Structurale	16
8.4 Détails des schémas d'installation par série.....	17
8.5 Exigences de conception pour la praticabilité des modules (série Pega).....	21
8.6 Conception pour le littoral et environnements spéciaux	22
Chapitre 9 Sélection de l'onduleur	22
9.1 Référence du Ratio DC/AC (NB/T 10394-2020)	22
9.2 Conception de l'adaptation de tension	23
9.3 Conception des canaux MPPT	25

9.4 Exigences de raccordement au réseau	25
9.5 Protection et adaptation environnementale	25
9.6 Sécurité et protection	26
9.7 Exigence obligatoire de conformité des connecteurs MC4	26
Chapitre 10 Conception de l'exploitation et de la maintenance	26
10.1 Conception du système de lavage à l'eau	26
10.2 Mise à la terre et protection contre la foudre	27
10.3 Exigences de conception pour l'inspection de routine	28
10.4 Réserves de conception pour la maintenance périodique du système électrique	28
Chapitre 11 : Portée de la garantie et clauses d'exclusion	28
11.1 Tableau récapitulatif des durées de garantie	28
11.2 Limitations de la garantie sur le marché	29
11.3 Cas typiques de perte de validité de la garantie	29
11.4 Obligation d'information du bureau d'études	29
Chapitre 12 : Liste des livrables de conception	30
12.1 Documents de base	30
12.2 Documents de conception	30
12.3 Examen de conception	30
Chapitre 13 : Erreurs de conception courantes et moyens de les éviter	31
Chapitre 14 : Annexes	32
Annexe A : Paramètres de l'adhésif structurel spécifié (Guangzhou Baiyun SMG533)	32
Annexe B : Tableau de compatibilité entre les types de tôles en acier profilé et les méthodes d'installation	33
Annexe C : Tableau de consultation rapide des coefficients de température (données TDS)	33
Annexe D : Liste des substances corrosives pour les connecteurs photovoltaïques	33
Annexe E : Anomalies de la surface d'installation et mesures correctives	34
Annexe F : Paramètres électriques des chaînes de modules SolarVela/Noah (valeurs typiques)	34
Annexe G : Paramètres électriques des chaînes de modules SolarPega (valeurs typiques)	34
Annexe H : Abréviations des termes de référence	35
Chapitre 15 : Support technique et coordonnées	35

Chapitre 1 : Dispositions générales

1.1 Domaine d'application

Le présent document s'applique à la phase de conception des systèmes pour les modules PV des séries SolarVela, SolarNoah et SolarPega, fabriqués par Shandong ZKFN Solaire Technologie SARL. (ci-après dénommé « ZKFN Solar »), dans le cadre de projets sur toitures industrielles et commerciales, toitures de bâtiments publics, toitures à structure spéciale, ainsi que les projets BIPV/BAPV.

1.2 Objectif de la rédaction

Standardiser le processus de conception des systèmes de modules PV légers, unifier les exigences techniques de conception, guider les bureaux d'études dans la conception de schémas, la sélection de produits, la planification de la disposition et la configuration électrique, afin d'éviter les risques liés à une capacité portante insuffisante de la toiture, une inadéquation de la sélection des modules, un ombrage, un déséquilibre des paramètres électriques, ou des infractions aux procédures d'installation, garantissant ainsi une mise en œuvre sûre, fiable, économique et conforme du projet.

1.3 Positionnement du document

Les présentes directives constituent un document technique d'orientation pour la phase de conception et ne remplacent pas les normes obligatoires nationales ou sectorielles. La conception technique doit être réalisée en parallèle avec les normes en vigueur telles que GB 50797, GB 50009, GB 50016, GB 50205, NB/T 10394, GB/T 38946, IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62109, ainsi que les instructions d'installation des produits ZKFN Solar et la garantie limitée.

1.4 Quatre principes fondamentaux de conception

Principes	Définition
Priorité à la sécurité	Le module PV, le système de support et le système électrique doivent satisfaire aux exigences de sécurité structurelle, de sécurité électrique et de sécurité incendie pendant la durée de vie nominale de conception de 25/30 ans.
Adaptation structurelle	La méthode d'installation du module PV doit être adaptée au matériau de la base de la toiture, à la résistance structurelle et à la configuration d'étanchéité.
Adaptation environnementale	Prendre pleinement en compte les conditions environnementales telles que le vent, la neige, le brouillard salin, les écarts de température et la corrosion, afin que le système réponde aux exigences des conditions extrêmes.
Facilité de maintenance	Aménager raisonnablement les voies d'inspection, les interfaces d'exploitation et de maintenance, ainsi que les espaces de démontage non destructifs, pour garantir la maintenabilité du système.

1.5 Valeurs de référence des conditions environnementales applicables

Projet	Valeur de référence
Vitesse de vent de base	Selon les données de période de retour de 50 ans sur le site du projet, ou selon les exigences plus élevées du propriétaire
Charge de neige	Selon la charge de neige de base locale pour une période de retour de 50 ans
Température de fonctionnement du module	-40°C ~ +85°C
Humidité relative ambiante à long terme	≤ 85% HR
Altitude d'installation	≤ 2000 m (pour les altitudes très élevées, une évaluation spécifique est requise)
Distance par rapport au littoral	≥ 500 m (pour les projets côtiers, une confirmation écrite de ZKFN Solar est nécessaire)

1.6 Avertissement sur les risques

Les présentes directives sont un document de référence pour la phase de conception. Le schéma final doit être soumis à une vérification par des spécialistes en structure et en électricité, ainsi qu'à l'approbation des autorités de contrôle compétentes. Une évaluation insuffisante de la structure de la toiture, des conditions environnementales et de la compatibilité électrique peut entraîner une défaillance des modules, une baisse de la production d'énergie, une perte de garantie ou un accident de sécurité structurelle.

Chapitre 2 : Terminologie

1. Série SolarVela : Module PV Flexible Léger en silicium cristallin résistant aux micro-fissures (Light-flexible PV Module without Frame), caractérisé par sa légèreté, sa finesse et sa flexibilité, avec un rayon de courbure minimal de 0,3 m. Convient aux toitures à faible capacité portante et aux toitures de forme irrégulière. Installé par collage direct avec un adhésif structurel. Comprend SolarVela, SolarVela Pro, SolarVela Max.
2. Série SolarNoah : Module PV Flexible Léger avec cadre arrière (Light-flexible PV Module with Frame) : module PV flexible avec un cadre arrière en matériau composite de 20 mm, installé à l'aide de pinces Quick-Clamp, permettant un démontage non destructif. Comprend SolarNoah, SolarNoah Pro, SolarNoah Max.
3. Série SolarPega : Module PV Rigide Léger en verre fin praticable (Light-Rigid, Walkable PV Module) : encapsulé avec du verre trempé ultra-mince de 1,1 mm ou 1,6 mm, combiné à la technologie exclusive TSR-Armor™ de ZKFN Solar anti-micro-fissures, offrant des propriétés de résistance au piétinement, anti-accumulation de poussière et

anti-micro-fissures. Comprend quatre modèles : SolarPega / SolarPegaL / SolarPegaF / SolarPegaFL.

4. Champ photovoltaïque / Unité de production / Heures d'ensoleillement de pointe / Capacité installée : se référer à la norme GB/T 12936 et à la norme GB 50797-2012.
5. Colle Structurelle (Structural Adhesive) : Le modèle préféré des produits ZKFN Solar est la colle structurelle spéciale pour modules PV Guangzhou Baiyun SMG533, garantie 25 ans, constituant le matériau de liaison principal pour l'installation par collage direct.
6. BIPV / BAPV : Bâtiment intégré au photovoltaïque / Bâtiment additionné de photovoltaïque.
7. Collage Direct (Direct Structural Adhesive Bonding) : Méthode d'installation ne nécessitant aucune fixation mécanique, fixant le module (ou le tube carré TPO ou UPVC) directement sur la base de la toiture uniquement par colle structurelle.
8. Support de nivellement en tube carré TPO / UPVC : Un élément de support auxiliaire de nivellement, utilisé pour les toitures en tôle d'acier colorée de type à nervures angulaires ou à joint debout manquant de surfaces de liaison continues, aidant les modules flexibles à former une base de liaison stable.
9. Toiture plate / Toiture inclinée / Toiture de forme irrégulière :
 - (1) Toiture plate : angle d'inclinaison de la toiture proche de 0° ;
 - (2) Toiture inclinée : pente de la toiture $\geq 5^\circ$;
 - (3) Toiture de forme irrégulière : toiture courbe, circulaire ou autre toiture ni plate ni inclinée.
10. Effet Point Chaud (Hot Spot Effect) : Dû à l'ombrage partiel, à l'accumulation de poussière ou au déséquilibre des cellules, certaines cellules sont polarisées en inverse et chauffent, pouvant causer des dommages permanents au module dans les cas graves.
11. MPPT : Suivi du point de puissance maximale.
12. Ratio DC/AC (DC/AC Ratio) : Rapport entre la puissance totale continue des modules et la puissance nominale alternative de l'onduleur.
13. Force d'arrachement (Pull-out Force) : Capacité du système de fixation à résister aux forces externes perpendiculaires à la toiture, indicateur clé d'acceptation pour les solutions de collage structurel.
14. Technologie TSR-Armor™ : Technologie d'encapsulation anti-micro-fissures exclusive de ZKFN Solar, permettant aux modules flexibles légers de passer le test d'impact de grêle de $\varnothing 25$ mm à 23 m/s sans micro-fissures et avec une dégradation de puissance nulle ; permettant aux modules rigides légers de rester sans micro-fissures et sans dégradation de puissance après piétinement.
15. Autres termes : se référer à la norme GB/T 12936-2007 « Terminologie de l'utilisation thermique de l'énergie solaire ». Le droit d'interprétation finale appartient à ZKFN Solar.

Chapitre 3 Normes de référence et documents de référence

3.1 Normes nationales et sectorielles

- GB 50009-2012 « Code de charge pour les structures de bâtiment »

- GB 50797-2012 (édition 2024) « Code de conception pour les centrales photovoltaïques »
- GB 55037-2022 « Code de prévention des incendies pour la conception des bâtiments »
- GB 50205-2020 « Norme d'acceptation de la qualité de construction des structures en acier »
- GB 50033-2013 « Norme de conception de l'éclairage naturel des bâtiments »
- NB/T 10394-2020 « Code d'efficacité des systèmes photovoltaïques »
- GB/T 38946-2020 « Règles d'exploitation et de maintenance des centrales photovoltaïques »
- IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62109

3.2 Documents techniques de l'entreprise

- Instructions d'installation des séries SolarVela / SolarNoah / SolarPega (dernière version)
- Fiches techniques TDS des séries SolarVela / SolarNoah / SolarPega
- Garantie limitée des séries SolarVela/Noah (12 ans produit + 25 ans puissance)
- Garantie Limitée de la Série SolarPega (15 ans produit + 30 ans puissance)

3.3 ⚠ Deux contraintes préalables obligatoires

① Restrictions de modèles de modules pour les projets à l'étranger

- ◆ Utilisable à l'étranger (toutes régions hors Chine) : SolarVela Max, SolarNoah Max (boîtier de jonction à six divisions)
- ◆ Vente/utilisation limitée à la Chine uniquement : SolarVela, SolarVela Pro, SolarNoah, SolarNoah Pro (boîtier de jonction à trois divisions) ; toute utilisation à l'étranger entraîne l'annulation automatique de la garantie.
- ◆ Toute la série SolarPega est applicable selon les marchés définis dans le contrat.

- ② **Interdiction d'ombrage permanent pour toute la série** : Il est interdit d'installer les modules dans des zones soumises à un ombrage fixe permanent (bâtiments, structures, arbres, équipements de toiture, etc.). Les dommages causés par l'effet point chaud dus à un ombrage externe fixe permanent ne sont pas couverts par la garantie.

Chapitre 4 : Présentation des produits et aperçu de la sélection

4.1 Aperçu des gammes de produits

Série	Modèle typique	Puissance (W) (w)	Poids (kg) (kg)	Poids (kg/m ²) (kg/m ²)	Scénario recommandé	Méthode d'installation	Garantie (Produit/Puissance) (产品/功率)
-------	----------------	----------------------	--------------------	--	---------------------	------------------------	---

SolarVela	ZKFN B1 000A-510~520	510-520	7,6	2,9	Toitures à capacité portante insuffisante, toitures de forme irrégulière, toitures en pente, territoire chinois	Collage direct avec adhésif structurel	12 ans / 25 ans
SolarVela Pro	ZKFN B1 010A-550~560	550-560	7,6	2,9	Projets photovoltaïques flexibles à haut rendement, toitures de forme irrégulière, toitures inclinées, en Chine continentale	Collage direct avec adhésif structurel	12 ans / 25 ans
SolarVela Max	ZKFN B1 010A-550~560	550-560	7,6	2,9	Installation à 0° sur toiture plate, projets à l'étranger, zones fortement polluées, zones à forte accumulation de poussière	Collage direct avec adhésif structurel	12 ans / 25 ans
SolarNoah	ZKFN B1 000A-510~520	510-520	10,2	3,8	Toiture nécessitant une maintenance ultérieure / démontable, en Chine	Bride Quick-Clamp	12 ans / 25 ans
SolarNoah Pro	ZKFN B1 012B-550~560	550-560	10,2	3,8	Projet démontable à haut rendement, en Chine	Bride Quick-Clamp	12 ans / 25 ans
SolarNoah Max	ZKFN B1 012B-550~560	550-560	10,2	3,8	Toiture terrasse à 0°, projets à l'étranger, zones très polluées, zones à forte accumulation de poussière	Bride Quick-Clamp	12 ans / 25 ans
SolarPegaL	ZKFN-G2-120B 500~510	500-510	10,0	4,5	Toiture terrasse à faible charge, toiture à charge moyenne	Collage direct avec adhésif structurel / tube carré en TPO ou UPVC	15 ans / 30 ans
SolarPega	ZKFN-G2-220B 510~520	510-520	13,0	5,9	Projet de module PV rigide léger praticable	Collage direct avec adhésif structurel / TPO ou tube carré UPVC	15 ans / 30 ans
SolarPegaFL	ZKFN-G2-122B 500~510	500-510	13,0	5,9	Projet à faible charge nécessitant une fixation par pinces	Pinces + blocs de serrage / rails de guidage	15 ans / 30 ans
SolarPegaF	ZKFN-G2-222B 510~520	510-520	16,2	7,3	Module Rigide Léger praticable + fixation par pinces	Pinces + patins / rails	15 ans / 30 ans

4.2 Diagramme de décision pour la sélection tous scénarios

Étape 1 : La toiture présente-t-elle un ombrage fixe permanent ?

- └ Oui → Installation interdite, choisir un autre emplacement
- └ Non → Passer à l'Étape 2

Étape 2 : Évaluation de la charge résiduelle disponible de la toiture (système PV avec modules en verre standard $\geq 20 \text{ kg/m}^2$ totalement inutilisable)

- └ $< 8 \text{ kg/m}^2$ (verre standard : **×** inutilisable) → Uniquement compatible : Série SolarVela ($2,9 \text{ kg/m}^2$), seul module PV flexible léger pouvant être installé
- └ $8-15 \text{ kg/m}^2$ (Verre standard : **×** Interdit / Risque élevé) → Priorité :

SolarNoah/SolarPegaL (3,8-4,5 kg/m²) Solution flexible optimale pour toitures à faible charge

└ 15-25 kg/m² (Verre standard : ✗ Déconseillé / Marge insuffisante) → Option : SolarPega/PegaF (5,9-7,3 kg/m²) Limite supérieure des modules rigides légers

Étape 3 : Pente de la toiture ?

└ Toiture en pente $\geq 5^\circ$ → Compatible : Vela/Vela Pro/Noah/Noah Pro (modules flexibles ou rigides légers)

└ Toiture plate $< 5^\circ$ → Obligatoire : Série Max / Série Pega (Solution flexible spéciale pour toitures plates)

Étape 4 : Projet à l'étranger ?

└ Oui → Limité : Série Max / Série Pega (Modules flexibles conformes pour l'export)

└ Non → Conserver la sélection actuelle

Étape 5 : Maintenance démontable requise ?

└ Oui → Priorité : SolarNoah/SolarPegaF/SolarPegaFL (Modules flexibles démontables)

└ Non → Conserver la sélection actuelle

Étape 6 : Adaptation de la méthode d'installation à la structure de la toiture

└ Tôle d'acier colorée en forme de T/ondulée → Collage direct (Procédé flexible spécialisé)

└ Joint debout/à emboîtement → Raccordement TPO/UPVC (Solution de support flexible exclusive)

└ Béton/membrane d'étanchéité → Socle en adhésif structurel (Fixation spéciale pour toitures à faible charge)

Chapitre 5 : Principes de conception

5.1 Priorité à la sécurité

- Les modules PV, connecteurs, supports et ancrages doivent satisfaire aux exigences de sécurité structurelle et électrique sur l'ensemble du cycle de vie de 25/30 ans.
- Toutes les solutions doivent être vérifiées par triple calcul : charge de vent, charge de neige et charge sismique.
- Coefficient de sécurité pour la force d'arrachement des ancrages $\geq 2,5$.

5.2 Compatibilité structurelle

- Solution avec adhésif structurel : le substrat doit répondre aux exigences minimales de surface de collage et de force d'arrachement ;
- Solution avec fixations : les dimensions des fixations doivent correspondre au profil de la tuile, longueur de fixation ≥ 54 mm, force d'arrachement après serrage > 100 kg ;

- Solution avec socles : force d'arrachement par point après collage de l'adhésif structurel ≥ 40 kg.

5.3 Adaptabilité environnementale

- Environnement salin (à moins de 500 m du littoral) : nécessite confirmation écrite de ZKFN Solar ;
- Zones avec gaz corrosifs, pluies acides, forte poussière ou fumées industrielles : utilisation déconseillée ou interdite ;
- Régions de haute altitude : prendre en compte la température minimale de durcissement de l'adhésif structurel ($\geq 0^{\circ}\text{C}$) et la charge de neige.

5.4 Facilité de maintenance

- Passage d'inspection entre les rangées de modules : 400 mm (minimum) ;
- Prévoir un espace de démontage pour les modules. En cas de besoin de démontage, privilégier les solutions non destructives des séries SolarNoah et SolarPegaF.

Chapitre 6 – Base de calcul des charges

6.1 Tableau de consultation rapide de la charge propre des modules

Modèle du module	Poids (kg/m ²)	Charge permanente (kN/m ²)
SolarVela / SolarVela Pro / SolarVela Max	2,9	0,0274
SolarNoah / SolarNoah Pro / SolarNoah Max	3,8	0,0372
SolarPegaL	4,5	0,0441
SolarPega	5,9	0,0549
SolarPegaFL	5,9	0,0574
SolarPegaF	7,3	0,0716

6.2 Calcul de la charge de vent (GB 50009)

$$W = \mu_s \cdot \omega \cdot \beta_z$$

- W : Charge de vent de conception (kN/m²)
- μ_s : Coefficient de forme de la charge de vent (lié à la forme de la toiture, toit plat : -1,3, zone d'angle au niveau de l'acrotère : -2,0)
- ω : Pression de vent de base (période de retour de 50 ans)
- β_z : Coefficient de hauteur

Se référer à la norme nationale pour les détails.

Valeurs de conception de la charge statique des modules (capacités mesurées selon les TDS de chaque série) :

- SolarVela/Pro/Max, SolarNoah/Pro/Max : Face avant 5400 Pa, Face arrière 2400 Pa
- SolarPega / PegaF : Face avant 3600 Pa, Face arrière 2400 Pa
- SolarPegaL / PegaFL : Face avant 2400 Pa, Face arrière 2400 Pa
- Résistance au vent de toute la série : Niveau 17, testé avec grêle de Ø25 mm à 23 m/s

6.3 Calcul de la charge de neige (GB 50009)

$$S = \mu_s \cdot S_o$$

6.4 Action sismique (GB 50011)

Zones d'intensité sismique ≥ 7 degrés :

$$FE_k = \alpha_{max} \cdot Geq$$

Intensité sismique de conception	Degré 6	7 degrés	8 degrés
α_{max}	0,04	0,08 (0,10)	0,16 (0,20)

Valeur maximale du coefficient d'influence sismique horizontale α_{max} :

6.5 Combinaisons de charges

- Charge permanente + 1,4 × charge de vent (suction)
- Charge permanente + 1,4 × charge de neige
- Charge permanente + 1,4 × 0,7 charge de vent + 1,4 × 0,7 charge de neige
- Charge permanente + 1,3 × action sismique

Valeurs de contrôle :

- Charge totale du module PV et du système de support \leq capacité portante admissible de la toiture $\times 0,8$
- Force d'arrachement d'un point d'ancrage \geq charge de calcul \times coefficient de sécurité $\geq 2,5$

Chapitre 7 Conception de la disposition des modules

7.1 Principes de disposition

Économique, fiable, rationnel et esthétique — tout en respectant les normes d'utilisation des produits et en maximisant la production d'électricité, garantir la faisabilité de la construction

et la commodité de la maintenance.

7.2 Paramètres de disposition typiques pour chaque série

Série	Orientation des modules	Espacement entre modules	Espacement entre rangées (passage de maintenance) (检修通道)	Direction de la connexion en série
SolarVela / Pro / Max	Horizontal (bord long perpendiculaire aux ondulations)	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Connexion en série gauche-droite
SolarNoah / Pro / Max	Orientation horizontale	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Connexion en série gauche-droite
SolarPega / L	Orientation horizontale ou verticale (les deux possibles)	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Connexion en série gauche-droite
Solution avec tubes carrés TPO ou UPVC (toiture à joint debout de type Jiao Chi / Li Bian Suo Wa)	Orientation horizontale	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Connexion en série gauche-droite
SolarPegaF / FL	Horizontal ou vertical, les deux sont possibles	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Connexion en série gauche-droite

Strictement interdit (pour toutes les séries) :

- Installation d'un module PV unique traversant des conduits de toiture (tuyaux de drainage, gouttières) ;
- Présence de joints de raccordement sous un module PV unique (y compris les joints de tôles d'acier profilées et les joints d'éléments de support) ;
- Installation d'un module PV unique traversant des joints de dilatation du bâtiment ;
- Installation de modules PV dans les zones de puits de lumière des toitures en tôle d'acier profilée ;
- Installation de modules PV dans les zones de sorties d'égouts, de cheminées d'évacuation de fumée et de gaz, ou dans les zones sujettes à l'accumulation de poussière et de vapeurs chimiques.

7.3 Conception de l'ombrage

7.3.1 Interdictions de conception

- Ombrage fixe permanent : strictement interdit (toutes les séries) ;
- Ombrage temporaire/non fixe : strictement à éviter (pollution sévère, accumulation excessive de poussière, obstruction temporaire).
- Note d'exemption de conception : Les séries Max (Vela Max / Noah Max) utilisent une boîte de jonction à six divisions, offrant une meilleure tolérance aux ombrages temporaires/non fixes, mais ne doivent pas être placées sous un ombrage permanent.

7.3.2 Distance de sécurité contre l'ombrage

Type d'obstacle	Distance de sécurité minimale
Acrotère, équipements de toiture	$\geq 2,5 H$ (H étant la hauteur de l'obstacle)
Lanternaux, panneaux d'éclairage	$\geq 2 H$
Bâtiment adjacent	Aucune ombre portée entre 9h00 et 15h00 au solstice d'hiver

7.3.3 Formule d'espacement entre rangées nord-sud (GB 50797-2012)

$$D = H / \tan \theta_{\min}$$

- D : Espacement entre rangées (m)
- H : Dénivelé entre le point le plus haut de la rangée avant et le point le plus bas de la rangée arrière (m)
- θ_{\min} : Angle d'élévation solaire à midi le jour du solstice d'hiver local

7.3.4 Période clé de production et évaluation

- Période clé de production : de 9h00 à 15h00 le jour du solstice d'hiver, sans ombrage direct ;
- Taux de perte annuelle d'irradiation utile : $\leq 3 \%$;
- Outils d'évaluation : PVsyst, Helioscope, SketchUp + relevé par drone.

7.3.5 Exigences particulières pour toitures irrégulières / toitures cintrées

- Éviter l'installation dans les zones à forte variation de courbure ;
- Regroupement MPPT obligatoire pour toitures cintrées : l'écart d'inclinaison des modules au sein d'un même circuit MPPT doit être limité à $\pm 5^\circ$, faute de quoi ils doivent être divisés en zones de contrôle de chaînes indépendantes ;
- Rayon de courbure minimal pour les modules cintrés (série flexible Vela) $\geq 0,3$ m.

7.4 Conception de sécurité du câblage électrique

7.4.1 Boîtes de jonction et câbles

- Boîtier de jonction : Indice de protection IP68 (équipement standard pour toute la série)
- Spécification du câble CC : $\geq 1 \times 4,0 \text{ mm}^2$, double isolation
- Plage de température : $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +90 \text{ }^\circ\text{C}$
- Pose des câbles : Protection par chemin de câbles/gaine, interdiction de contact direct avec la toiture métallique
- Exigence de chute de tension : Côté CC $\leq 2 \%$, côté CA $\leq 1 \%$
- Rayon de courbure minimal : $R = 10 \times$ diamètre extérieur du câble

7.4.2 Protection contre les surintensités

- Chaque chaîne de modules est équipée d'un fusible CC ou d'un disjoncteur
- Courant nominal maximal du fusible : 25 A (uniforme pour toute la série)
- Courant nominal du fusible : $I_r = 1,25 \times I_{sc}$
- Le boîtier de jonction doit être équipé d'un SPD (Classe II) et d'un sectionneur

Chapitre 8 Conception de l'installation des modules

8.1 Évaluation de l'aptitude du support (toiture)

8.1.1 Toiture en tôle d'acier profilée


Projet	Conditions d'éligibilité	Conditions d'exclusion
Espacement entre les ondulations	≤ 350 mm	Supérieur à 350 mm (interdiction de collage direct)
Revêtement de surface	Intact, surface corrodée ≤ 5 %	Décollement important de la peinture, métal à nu
Intégrité des ondulations	Aucune perforation, aucune protubérance de rivet	Présence de rivets, perforations ou autres interférences de fixation sur les ondulations
État de contamination	Absence d'huile, de mousse, de poussière	Huile, mousse, contamination chimique non éliminés
Structure (monocouche)	Aucun atelier à haute température en dessous	Atelier à haute température en dessous de la couche de tuiles simples



Traitement de la rouille de la toiture : doit être effectué sous la direction d'un fabricant professionnel à l'aide d'une peinture spéciale de rénovation pour tôle d'acier profilée (cycle de 3 à 5 ans). Après rénovation, la force d'arrachement doit être vérifiée.


8.1.2 Toiture en Béton

Projet	Condition de conformité
Classe de résistance du béton	$\geq C25$
Planéité de surface	≤ 3 mm / 2 m
Couche d'étanchéité	Intacte, sans fissure, sans boursouffure
Couche de protection en mortier de pierre fine	Doit être poncée ou recouverte d'un latex imperméable, et avoir réussi le test d'arrachement



 Traitement de la toiture en béton de mortier fin : présence de nombreux granulats exposés, ce qui affecte l'adhérence de la colle structurale. Méthode de traitement : meuler la couche de protection à l'aide d'une meuleuse d'angle → appliquer un latex imperméable spécialisé → effectuer un test d'arrachement (≥ 40 kg par point, avec plus de 1 % des points de fixation testés).

8.1.3 Toiture en Membrane d'Étanchéité

Projet	Condition de conformité
Surface de la membrane	Aucun débris, aucune protubérance
État de la membrane d'étanchéité	Aucun vieillissement, aucun délaminage
Adhérence en partie inférieure	Adhérence solide au support, sans boursouffure
Structure du support	Béton armé / Dalle préfabriquée en double T / Panneau composite en acier léger

 Traitement des cloques : il est interdit d'installer directement sur les zones présentant des cloques. Celles-ci doivent être traitées ou renouvelées par le fabricant de la membrane → un test d'arrachement (≥ 40 kg par point, avec plus de 1 % des points de fixation testés) doit être conforme avant toute installation.

8.2 Exigences Obligatoires pour l'Angle d'Inclinaison des Modules

Série	Inclinaison minimale	Inclinaison maximale	Remarques
SolarVela / SolarVela Pro	$\geq 5^\circ$	90°	 Installation horizontale à 0° strictement interdite
SolarVela Max	Illimité ($0^\circ-90^\circ$)	90°	Seul modèle flexible autorisé pour une installation horizontale sur toit plat
SolarNoah / SolarNoah Pro	$\geq 5^\circ$	90°	 Interdiction stricte de l'installation à 0° ou horizontale
SolarNoah Max	Illimité ($0^\circ-90^\circ$)	90°	Solution préférée pour toit plat : démontable avec cadre
SolarPega / PegaL / PegaF / PegaFL	Recommandé $\geq 5^\circ$	90°	Si l'installation à 0° nécessite une augmentation de la fréquence de nettoyage

Justification de la conception pour un angle d'inclinaison $\geq 5^\circ$: garantir l'auto-nettoyage par l'eau de pluie, éviter l'accumulation de poussière et d'eau sur le bord inférieur, et prévenir les risques à long terme d'effet point chaud qui en découlent.

8.3 Processus d'Application de la Colle Structurale

8.3.1 Spécification du Produit

- Modèle : Colle structurale spécialisée pour modules PV SMG533 de Guangzhou Baiyun
- Format : 590 mL/cartouche
- Couleur : Blanc
- Garantie : 25 ans

8.3.2 Paramètres de Performance

Paramètre	Valeur
Résistance à la traction (après durcissement)	$\geq 1,5$ MPa
Allongement à la rupture	≥ 250 %
Température ambiante minimale pour l'application de l'adhésif	≥ 0 °C
Température de mise en œuvre recommandée	4,4 °C ~ 35 °C
Temps de durcissement	24 h @ 25 °C (plus long si la température est plus basse)

8.3.3 Exigences du Processus d'Application de la Colle

Exigence	Valeur
Méthode de coupe de la buse à colle	Coupe en biseau
Section du cordon de colle	Cylindrique
Largeur du cordon de colle	Environ 10 mm
Hauteur du cordon de colle	Environ 8 mm
Vitesse d'application de la colle	Environ 10 cm/s, à vitesse constante
Continuité du cordon de colle	Doit être continu et uniforme, l'application par points ou par segments est strictement interdite

Bulles / Ruptures	Non autorisées
-------------------	----------------

8.3.4 Étapes Temporelles Clés (à respecter impérativement)

- « 5 minutes d'or » : la pose du module doit être achevée dans les 5 minutes suivant l'application de l'adhésif structurel.
- Ne pas soulever à nouveau le module après sa pose pour le repositionner (toute recolte est strictement interdite).
- Pendant la période de durcissement (24 h à 25 °C), il est interdit de perturber le module.

8.3.5 Exigences météorologiques pour la construction

- Interdiction de travailler sous la pluie, la neige ou par vent fort (\geq niveau 4).
- Le support doit être sec et propre (nettoyé avec un détergent spécifié).
- Conditions recommandées : temps ensoleillé, sans vent ou avec vent léger.

8.4 Détails des schémas d'installation par série

8.4.1 SolarVela / SolarVela Pro / SolarVela Max : collage direct avec adhésif structurel

【Scénarios applicables】 Toitures en tôle d'acier profilée (type T, ondulée), toitures plates, toitures courbes, toitures de forme irrégulière, toitures à capacité portante insuffisante, projets BIPV.

【Conditions préalables au collage direct】

- Espacement entre les sommets des ondulations de la tôle d'acier profilée \leq 350 mm.
- Absence de rivets sur les sommets des ondulations de la tôle d'acier profilée.
- La tôle d'acier profilée ne présente aucune corrosion d'ensemble, ni dommage local, ni déformation.
- En cas de tôle d'acier profilée monocouche, absence d'équipement générant de la chaleur en dessous.
- Inclinaison : Vela/Vela Pro \geq 5°, Vela Max sans restriction.

【Paramètres de conception clés】

参数	Valeurs numériques
Surface de collage minimale par module	\geq 800 cm ²
Valeur typique de résistance à l'arrachement correspondante en conception	\approx 17,4 kN (1771 kg)
Exigence de résistance à l'arrachement pour un point unique sur tube carré TPO ou UPVC	> 40 kg (test après durcissement)


Limitation du porte-à-faux des modules	Porte-à-faux latéral < 5 cm ; si ≥ 5 cm, nécessité de caler avec un tube carré
Espacement entre rangées	≥ 400 mm
Espacement entre modules	≥ 20 mm

8.4.2 SolarVela Pro/Max sur toiture en pente (pente > 5°, pour une pente < 5°, veuillez utiliser la série Max) : Solution de collage avec tubes carrés en TPO ou UPVC

【Scénarios d'application】 Tous les modules PV flexibles légers sur toitures en pente, toitures en membrane d'étanchéité, tôles d'acier profilées de type angle, et tôles d'acier à joint debout.

【Spécifications des tubes carrés en TPO ou UPVC】

Paramètres	Exigences
Matériau	TPO ou UPVC, résistant aux UV et aux intempéries
Hauteur H_1	= (Hauteur mesurée de l'onde de la tôle d'acier profilée H - 6 mm) ± 2 mm
Largeur B (partagée par deux modules)	≥ 40 mm et $\geq \frac{1}{2} H_1$
Largeur B (support d'un seul module)	≥ 30 mm et $\geq \frac{1}{2} H_1$
Nombre de rails par module	≥ 6 , répartis uniformément sur la longueur du module
Position du joint	Doit être placé entre les modules, il est strictement interdit qu'un seul module chevauche le joint

8.4.3  Avertissement spécial : Il est strictement interdit de coller directement sur les tôles d'acier profilées de type angle ou à joint debout !

Raison : Les tôles de type angle présentent des écarts de hauteur de vague et une largeur de collage effective insuffisante ; les tôles à joint debout ont une structure à emboîtement vertical, sans surface de collage continue et étendue sur la tôle. Aucune des deux ne peut satisfaire aux exigences de résistance aux charges de vent et aux contraintes thermiques. Le collage direct présente des risques majeurs de sécurité, notamment le décollement et l'arrachement par le vent.

Solution recommandée :

- Privilégier la série SolarNoah + pinces Quick-Clamp ;

- Si la toiture ne nécessite aucune rénovation ou réfection dans les 25 prochaines années, la solution SolarVela/Pro (inclinaison $\geq 5^\circ$) ou SolarVela Max (inclinaison quelconque) + tubes carrés en TPO ou UPVC comme supports de nivellement peut être adoptée.

8.4.4 SolarNoah / SolarNoah Pro / SolarNoah Max : Solution avec pinces Quick-Clamp

【Toiture en tôle d'acier】 Pincas + bloc de serrage dédié

Type de profil de tôle	Bride adaptée	Direction du côté long
Profilé en T	Bride spéciale pour profilé en T	Ondulation verticale
Profilé à angle rapide	Bride spéciale pour profilé à angle rapide	Ondulation verticale
Profilé à joint debout vertical	Bride spéciale pour joint debout	Ondulation verticale
Profilé ondulé	Bride spéciale pour profilé ondulé	Ondulation verticale

【Exigences techniques pour les pincas】

- Matériau en alliage d'aluminium, doit être conforme aux normes nationales, épaisseur de la couche d'oxydation anodique $\geq 15 \mu\text{m}$;
- Boulons de connexion : acier inoxydable 304-2 ;
- Longueur de la pince $\geq 54 \text{ mm}$;
- Force d'arrachement après serrage $> 100 \text{ kg}$;
- Couple de serrage des boulons : 15-20 N·m (boulons classe 8.8, GB 50205-2020) ;
- Pression maximale recommandée : 20 MPa.

【Nomenclature des accessoires pour 2 modules (valeur typique)】

Numéro	Désignation	Spécification	Quantité
1	Module SolarNoah	ENSEMBLE	2
2	Bride latérale	Bride universelle 04	6
3	Bride centrale	Bride universelle 01	3

【Solution toiture-terrasse】 Embase + Adhésif Structurel + Bloc de serrage

- Utilisation d'embases hautes et basses pour former un angle d'inclinaison $\geq 5^\circ$;
- Force d'arrachement ponctuelle après collage de l'embase avec adhésif structurel $\geq 40 \text{ kg}$;

- Nomenclature des accessoires pour 2 modules : Combinaison d’embase de serrage latéral ×6, Combinaison d’embase de clip central ×3, 1 cartouche d’adhésif structurel SMG533.

8.4.5 SolarPega / SolarPegaL : Module PV Rigide Léger sans cadre

【Installation sur toiture-terrasse avec membrane d’étanchéité】

- Nettoyage du support → Collage du tube carré → Application d’adhésif sur la face avant du tube carré ;
- Section cylindrique du cordon d’adhésif (10 mm × 8 mm), vitesse constante de 10 cm/s ;
- Surface de collage par module ≥ 800 cm² (correspondant à une force de traction ≈ 17,4 kN) ;
- Après installation, compacter à l’aide d’un rouleau souple. Il est strictement interdit d’appuyer manuellement sur les cellules photovoltaïques.

【Tableau d’adaptation des méthodes d’installation sur toiture en tôle d’acier profilée】

Type de tuile	Méthode de collage	Direction du côté long du module PV
Profilé en T	Collage direct + tube carré TPO ou UPVC	Ondulation verticale
Profilé ondulé	Collage direct	Ondulation verticale
Profilé à agrafes d'angle	Collage par tube carré TPO ou UPVC	Ondulation verticale
Profilé à sertissage vertical	Collage par tube carré TPO ou UPVC	Ondulation verticale

【Disposition des tubes carrés en TPO ou UPVC】

- Espacement des tubes carrés : < 350 mm (placés au centre entre les ondulations) ;
- Les tubes carrés sont collés entre les ondulations et au centre des creux.

8.4.6 SolarPegaF / SolarPegaFL : Module PV Rigide Léger avec cadre (solution avec pinces)

Méthode	Nombre de pinces de fixation (par module)	Position des pinces de fixation
① Six pinces de fixation sur le côté long du rail	6	Réparties uniformément sur le côté long
② Six pinces de fixation perpendiculaires au côté long du rail	6	Réparties uniformément

		perpendiculairement au côté long
--	--	-------------------------------------

【Solution d'installation avec rails/pinces】

【Spécifications techniques des blocs de serrage】

- Largeur $a \geq 40$ mm, diamètre du trou $\varnothing 8,5$ mm, épaisseur ≥ 3 mm ;
- Chevauchement avec le cadre du module de 8 à 11 mm ;
- Les trous d'évacuation d'eau ne doivent pas être obstrués par les pinces ;
- Les blocs de serrage ne doivent pas exercer de pression directe sur le verre ;
- Couple de serrage des boulons : 15-20 N·m (classe 8.8) ;
- Ordre d'installation : rondelle plate → rondelle élastique → écrou.

【Installation sur toiture plate avec module PV Rigide Léger à cadre arrière】

- Fixation sur la toiture à l'aide de supports spéciaux + colle structurale / boulons chimiques.
- Ancrage par chevilles chimiques sur toiture en béton : tige filetée exposée ≥ 55 mm, test d'arrachement uniquement après 24 h de durcissement.
- Force d'arrachement d'une cheville chimique $\geq 20-25$ kN.
- Toiture en membrane d'étanchéité : fixation par boulons + patch de membrane d'étanchéité (largeur de recouvrement ≥ 100 mm, pose carrée, soudage du même matériau).

8.5 Exigences de conception pour la praticabilité des modules (série Pega)



Les séries SolarPega / PegaF sont nominalement « praticables », mais les limitations suivantes doivent être clairement spécifiées dans le plan dès la phase de conception :

Conditions préalables à l'installation :

- SolarPega / SolarPegaL doivent être soutenus par 8 tubes carrés UPVC disposés uniformément et équidistants le long du côté long du module. La longueur de chaque tube carré correspond à la dimension du côté court du module. Les deux extrémités du tube carré dépassent de 5 à 8 mm la largeur du module. Le bord du côté court couvre 1/2 à 2/3 de la largeur du tube carré le plus extérieur.
- SolarPegaF / SolarPegaFL doivent être équipés de 8 points de fixation de support uniformément répartis, disposés symétriquement le long des deux côtés longs du module (4 points par côté). La distance entre le centre du serre-joint le plus extérieur et le bord du côté court est de 8 à 10 cm. La distance de suspension sous le module est > 50 mm. La surface de base d'installation doit être plane et stable, avec une tolérance de planéité $\leq +/- 2$ mm/m.

Élément	Limite
---------	--------

Poids de la personne	< 80 kg
Type de chaussures	Chaussures de protection à semelle en caoutchouc ou chaussures de sécurité à semelle souple
Chaussures interdites	Talons hauts, chaussures en cuir à semelle dure, chaussures à clous
Zones autorisées	Zone centrale du module
Zones interdites	Bords périphériques, positions de support des pinces, joints entre modules
Comportements autorisés	Marche, station debout immobile
Comportements interdits	Sauts, piétinements, écrasement forcé, course
Nombre de personnes simultanément sur un seul module	1 personne uniquement autorisée
Restrictions météorologiques	Interdiction de piétiner par temps de pluie, de neige ou lorsque la surface est humide

Les séries SolarVela / SolarNoah sont interdites de piétinement. La maintenance doit emprunter les chemins de service réservés.

8.6 Conception pour le littoral et environnements spéciaux

- Environnement salin : distance du module au littoral ≥ 500 m ; installation côtière (< 500 m) nécessite une confirmation écrite de ZKFN Solar.
- Haute altitude : ≤ 2000 m, au-delà nécessite une évaluation spéciale.
- Protection contre la foudre : dans les zones à forte activité orageuse, un dispositif de protection contre la foudre indépendant doit être installé.
- Environnement corrosif : interdiction d'installation dans les zones sujettes à l'accumulation de sels, de vapeurs chimiques actives ou de pluies acides.

Chapitre 9 Sélection de l'onduleur

9.1 Référence du Ratio DC/AC (NB/T 10394-2020)

Irradiation annuelle sur plan horizontal (kWh/m ² ·an) (kWh/m ² ·年)	Régions typiques	Facteur de température	Recommandation DC/AC	Description
< 1200 (Zone de faible irradiance)	Harbin, Shenyang, Ürümqi	Plus froid	1,15–1,25	Faible irradiance, surdimensionnement pour améliorer le taux d'utilisation de

				l'onduleur
1200–1400 (Zone d'irradiance moyenne)	Jining, Jinan, Shanghai, Chengdu	Tempéré	1,10–1,15	Pas de surcharge la plupart du temps
1400–1700 (Zone d'irradiance élevée)	Xi'an, Hohhot, Lanzhou	Été chaud et hiver froid	1,05–1,10	Éviter la limitation de puissance en été
> 1700 (zone à fort ensoleillement)	Gonghe (Qinghai), Dunhuang (Gansu), Hami (Xinjiang)	Plateau chaud	1,00–1,05	Un surdimensionnement excessif entraîne facilement des pertes de puissance significatives

9.2 Conception de l'adaptation de tension

- En haute température : s'assurer que V_{mp} (tension à puissance maximale du module) \geq limite inférieure du MPPT
- En basse température : s'assurer que V_{oc} (tension totale en circuit ouvert en série) \leq tension d'entrée DC maximale de l'onduleur (1000 V ou 1500 V)

9.2.1 Tableau des coefficients de correction de la tension en circuit ouvert en basse température

Pour les projets de toiture distribuée, il est recommandé de prendre 1,05–1,10 (pour éviter la surcharge estivale).

Température ambiante minimale prévue (°C)	Coefficient de correction
24 ~ 20	1,02
19 ~ 15	1,04
14 ~ 10	1,06
9 ~ 5	1,08
4 ~ 0	1,10
-1 ~ -5	1,12
-6 ~ -10	1,14
-11 ~ -15	1,16
-16 ~ -20	1,18
-21 ~ -25	1,20

-26 ~ -30	1.21
-31 ~ -35	1.23
-36 ~ -40	1.25

9.2.2 Formule de calcul précise

(1)

$$N \leq \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$

(2)

$$\frac{V_{mppt\ min}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K'_v]} \leq N \leq \frac{V_{mppt\ max}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K'_v]}$$

Symbole	Signification	Source du paramètre
Kv	Coefficient de température de la tension en circuit ouvert du module PV	Fiche technique du module
Kv'	Coefficient de température de la tension de fonctionnement du module PV	Fiche technique du module
Voc	Tension en circuit ouvert du module PV (V)	Fiche technique du module
Vpm	Tension de fonctionnement du module PV (V)	Fiche technique du module
Vdcmax	Tension d'entrée DC maximale admissible de l'onduleur (V)	Fiche technique de l'onduleur
Vmpptmax	Tension maximale de l'onduleur en MPPT à pleine charge (V)	Fiche technique de l'onduleur
Vmpptmin	Tension minimale de l'onduleur en MPPT à pleine charge (V)	Fiche technique de l'onduleur
t	Température minimale extrême de fonctionnement du module PV (°C)	Conditions météorologiques locales
t'	Température maximale extrême de fonctionnement du module PV (°C)	Conditions météorologiques locales

Note :

- Dans les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments, la conception ne suit souvent pas le nombre maximal de modules en série. Il est nécessaire de combiner les deux formules pour obtenir la plage d'arrondi du nombre de modules en série, puis de prendre en compte des facteurs tels que la disposition des modules PV, le regroupement DC, les conditions de construction, etc., pour effectuer une comparaison technico-économique et concevoir raisonnablement le nombre de modules en série.
- Si K_v' est difficile à obtenir, la valeur K_v du module peut être utilisée en remplacement.
- Si l'élévation de température du module (t , t') ne peut pas être obtenue, la température ambiante peut être utilisée en remplacement.
- Pour optimiser la production d'énergie, $V_{mpptmax}$ et $V_{mpptmin}$ doivent prendre la plage de tension de pleine charge MPPT de l'onduleur.

9.2.4 Conception du courant maximal de la chaîne de modules

Calcul des spécifications de courant des câbles/fusibles :

$$I_{fu} \geq 1.56 \times I_{sc}$$

Courant nominal maximal du fusible pour toute la série = 25 A.

9.3 Conception des canaux MPPT

- Lorsque le toit présente différentes orientations, inclinaisons ou ombrages, un onduleur à canaux MPPT multiples doit être sélectionné.
- Les onduleurs string sont prioritaires pour les projets distribués.
- L'écart d'inclinaison des modules PV d'un même canal MPPT doit être $\leq \pm 5^\circ$.
- Toiture courbe : diviser en zones de contrôle MPPT indépendantes selon des intervalles de $\pm 5^\circ$.
- Les canaux MPPT ne doivent pas être partagés entre différentes orientations.

9.4 Exigences de raccordement au réseau

- Le niveau de tension de sortie doit correspondre au point de raccordement (380 V basse tension ou élévation à 10 kV moyenne tension).
- Protections contre les surtensions, sous-tensions, sur-fréquences, sous-fréquences et anti-îlotage requises.
- Les harmoniques, les fluctuations de tension et le facteur de puissance doivent être conformes aux normes de raccordement au réseau (facteur de puissance $\geq 0,9$ en retard à 0,9 en avance).

9.5 Protection et adaptation environnementale

- Indice de protection : $\geq IP65$ (extérieur)
- Température de fonctionnement : $-25^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$

- Environnement salin : conforme à la norme GB/T 10125
- Fonctions de surveillance à distance et d'enregistrement des données requises
- L'onduleur doit être équipé de la fonction AFCI (disjoncteur d'arc électrique).

9.6 Sécurité et protection

- Côté DC : protection contre l'inversion de polarité, protection contre les surtensions, SPD (Classe II), AFCI
- Côté AC : protection contre les surintensités, les courts-circuits et les surtensions transitoires
- Mise à la terre : conforme aux systèmes TN-S ou TT
- Conforme à la norme de sécurité IEC 62109

9.7 Exigence obligatoire de conformité des connecteurs MC4

- Les connecteurs MC4 doivent être adaptés aux modules PV, en utilisant des connecteurs du même fabricant, du même modèle et de la même spécification.
- Il est strictement interdit de mélanger des connecteurs de marques ou de séries différentes, sous peine de risques de mauvais contact, d'échauffement, voire d'incendie, et d'annulation automatique de la garantie.
- Modèles de connecteurs recommandés pour les modules ZKFN Solar : PV-BN101B BONENG, RHC2 RENHE, EVO2 Stäubli.

Chapitre 10 Conception de l'exploitation et de la maintenance

10.1 Conception du système de lavage à l'eau

10.1.1 Disposition des canalisations

- Disposées uniformément le long des rangées de toiture, couvrant l'ensemble de la surface ;
- Tuyau principal DN25–DN50, tuyau secondaire DN15–DN20 ;
- Matériau : acier inoxydable ou PPR anti-UV ;
- Les canalisations résistent aux UV, aux basses températures et à la corrosion.

10.1.2 Source d'eau et pression d'eau

- Source d'eau : eau municipale ou eau de pluie traitée ;
- Pression d'eau : 0,1–0,2 MPa (interdiction stricte des chocs haute pression, une pression trop élevée peut provoquer des micro-fissures) ;
- Une pression trop basse (< 0,1 MPa) donne un mauvais résultat de rinçage, une pression trop élevée (> 0,2 MPa) peut facilement provoquer des micro-fissures sur les modules.

10.1.3 Dispositif de rinçage

- Les buses couvrent toute la surface des modules, sans angle mort ;

- Configurer des vannes électriques ou manuelles par zone ;
- L'angle de jet doit correspondre à l'inclinaison des modules.

10.1.4 Drainage et protection antigel

- Les eaux usées sont dirigées vers les canalisations d'eaux pluviales ou un fossé de drainage dédié ;
- Dans les régions du nord, une couche isolante ou une circulation de liquide antigel est nécessaire (ou vidange et arrêt saisonnier).

10.1.5 Fréquence de nettoyage recommandée (GB/T 38946-2020)

Conditions environnementales	Fréquence recommandée	Remarques
Zones urbaines et suburbaines standard	Recommandé une fois par mois	Peut être réduit en hiver
Régions à forte poussière	Au moins une fois par mois	Nettoyage immédiat après une tempête de sable
Pollution industrielle sévère	1 à 2 fois par mois	Surveillance de la pollution et de la dégradation de la production d'énergie
Zones côtières à atmosphère saline	Au moins 1 fois par mois	Inspection anticorrosion simultanée
Zones pluvieuses	Au moins 1 fois par trimestre	Nettoyage assisté par l'eau de pluie
Après un événement imprévu	Nettoyage immédiat	Prévention de l'effet point chaud

10.1.6 Précautions de nettoyage

- Effectuer le nettoyage tôt le matin ou en fin de journée (éviter les micro-fissures dues à un refroidissement brutal des modules à haute température) ;
- Ne pas utiliser d'acides forts, de bases fortes ou d'eau à forte teneur en sel ;
- Pour les recommandations de nettoyeurs adaptés aux différents types de toitures, se référer à l'annexe 1 du manuel d'instructions d'installation ;
- Enregistrer la date de nettoyage, la méthode, la consommation d'eau, et surveiller les variations de production électrique.

10.2 Mise à la terre et protection contre la foudre

Aucun module de la gamme complète ZKFN Solar ne nécessite une mise à la terre du cadre.

Raison : Utilisation d'un procédé de collage non conducteur ou d'un cadre arrière en matériau composite, le cadre n'est pas conducteur.

La conception nécessite uniquement :

1. Mise à la terre des éléments métalliques (supports, socles, etc.) conformément au système TN-S / TT ;
2. Mise à la terre de l'onduleur et du boîtier de jonction conforme aux exigences du fabricant de l'onduleur et à la réglementation locale ;
3. Dans les zones à forte activité orageuse, installer un dispositif de protection contre la foudre indépendant (paratonnerre / conducteur de descente).

10.3 Exigences de conception pour l'inspection de routine

Prévoir lors de la phase de conception :

- Voies d'accès pour la maintenance (> 400 mm) ;
- Points d'ancrage pour ceinture de sécurité et points d'ancrage de ligne de vie (zones de travail en hauteur > 2 m).
- Local technique ou salle d'équipement (stockage centralisé des outils de nettoyage et de test électrique) ;
- Système de surveillance de la production d'énergie et d'alerte (précision en cascade, localisation des défauts au niveau de la chaîne de modules).

10.4 Réserves de conception pour la maintenance périodique du système électrique

- Espace de maintenance pour boîtier de jonction et onduleur ≥ 800 mm ;
- Le disjoncteur CC et le SPD doivent être installés indépendamment pour permettre un remplacement à chaud facile ;
- La boîte de jonction du module doit être orientée du côté du passage de maintenance pour faciliter l'inspection infrarouge et le remplacement ;
- Lors de la phase de conception, au moins 0,5 % de la quantité de modules de rechange doit être réservée (selon les termes du contrat).

Chapitre 11 : Portée de la garantie et clauses d'exclusion

11.1 Tableau récapitulatif des durées de garantie

Série	Garantie produit	Garantie de puissance	Dégradation de puissance (première année)	Dégradation de la puissance (Années 2–25/30)	Puissance en fin d'année 25/30
SolarVela (PERC)	12 ans	25 ans	$\leq 2 \%$	$\leq 0,55 \%$ / an	$\geq 84,8 \%$
SolarVela Pro/Max	12 ans	25 ans	$\leq 1 \%$	$\leq 0,4 \%$ / an	$\geq 89,4 \%$

(TOPCON)					
SolarNoah (PERC)	12 ans	25 ans	≤ 2 %	≤ 0,55 % / an	≥ 84,8 %
SolarNoah Pro/Max (TOPCON)	12 ans	25 ans	≤ 1 %	≤ 0,4 % / an	≥ 89,4 %
SolarPega / PegaL / PegaF / PegaFL (TOPCON)	15 ans	30 ans	≤ 1 %	≤ 0,4 % / an	≥ 87,4 %

11.2 Limitations de la garantie sur le marché

Type de boîte de jonction	Modèle typique	Marché cible
Boîte de jonction à six compartiments	SolarVela Max, SolarNoah Max	Vente mondiale, garantie mondiale
Boîte de jonction à trois compartiments	SolarVela, SolarVela Pro, SolarNoah, SolarNoah Pro	Uniquement en Chine ; la garantie est annulée pour les ventes à l'étranger
Série SolarPega	Selon les termes du contrat	Selon les termes du contrat

11.3 Cas typiques de perte de validité de la garantie

Les situations suivantes entraîneront directement la perte totale de validité de la garantie et doivent être strictement évitées lors de la phase de conception :

- Ombre portée : zones présentant une ombre fixe et permanente (bâtiments, structures, arbres, etc.) ;
- Non-respect de l'inclinaison : installation de SolarVela/Pro, SolarNoah/Pro avec un angle < 5° ou à l'horizontale ;
- Mauvaise utilisation du modèle : utilisation de SolarVela/Vela Pro/Noah/Noah Pro pour des projets à l'étranger.
- Non-respect des instructions d'installation ;
- Infractions électriques ;
- Scénarios non statiques : vibrations, secousses, pliage, fixation par attaches, manutention fréquente (période de garantie limitée à 3 ans) ;
- Forces naturelles ou cas de force majeure : foudre, grêle, gel, neige, tempête (au-delà de la capacité de charge nominale), incendie, explosion, etc. ;
- Modifications non autorisées par écrit : toute forme de modification, perçage ou démontage du module ;
- Numéro de série endommagé ou illisible.

11.4 Obligation d'information du bureau d'études

Le bureau d'études doit clairement indiquer les éléments suivants dans les plans de conception et les notes explicatives, et les communiquer au propriétaire :

- Modèle du module et restrictions de marché applicables ;
- Exigence d'angle d'inclinaison minimal du module ;
- Interdiction d'ombrage et exigences de maintenance ;
- Modèles et paramètres spécifiés de la colle structurelle / des fixations / des pinces de serrage utilisés ;
- Restrictions de praticabilité (série Pega) et interdiction de piétinement (séries Vela/Noah) ;
- Limitations de pression et de fréquence pour le nettoyage à l'eau ;
- Période de garantie et règles de transfert.

Chapitre 12 : Liste des livrables de conception

Avant la finalisation du plan, le bureau d'études doit réaliser les livrables suivants conformément aux exigences de la présente spécification :

12.1 Documents de base

- Rapport de vérification de la structure de la toiture (capacité portante, type de substrat, planéité, état d'étanchéité)
- Données météorologiques du site du projet (pression de vent de base, charge de neige, température minimale/maximale, irradiation annuelle)
- Données sur le niveau de salinité/corrosion/résistance sismique du site du projet
- Rapport d'analyse d'ombrage (périodes clés de l'année, rapport PVsyst/Helioscope)

12.2 Documents de conception

- Rapport de sélection du modèle de module PV (incluant la vérification de l'adéquation au marché)
- Plan d'implantation sur la toiture (incluant l'espacement des rangées, les voies de maintenance, la direction de la série, le groupement MPPT)
- Note de calcul des charges (combinaison vent, neige, séisme, force d'arrachement des ancrages)
- Schéma de conception électrique (calcul de la tension des chaînes, sélection des fusibles, adaptation MPPT, chute de tension des câbles)
- Liste BOM des accessoires (colle structurelle, fixations, embases) – utilisation obligatoire des produits spécifiés
- Schéma du système de mise à la terre et de protection contre la foudre
- Schéma du système d'exploitation et de maintenance (circuit de rinçage à l'eau, fréquence de nettoyage, voies d'urgence)

12.3 Examen de conception

- Visa de vérification par le spécialiste en structure
- Visa de vérification par le spécialiste en électricité
- Confirmation du plan par l'équipe technique de ZKFN Solar (obligatoire pour les projets à l'étranger, les projets en mer, les toitures de forme irrégulière et les modèles spéciaux)
- Approbation par l'organisme d'examen du projet

Chapitre 13 : Erreurs de conception courantes et moyens de les éviter

Numéro de série	Erreurs courantes	Bonne pratique	Section de référence
1	Utiliser SolarVela Pro sur une toiture avec une pente < 5°	Il faut choisir SolarVela Max	8.2
2	Coller directement des modules PV Flexibles Légers sur une tôle ondulée de type Jiaochi	Obligation de niveler avec des tubes carrés en TPO ou UPVC, ou bien utiliser les fixations SolarNoah	8.4.3
3	Connecter des modules avec une différence d'inclinaison > 5° sur le même MPPT	Diviser en zones distinctes de ±5° et attribuer des MPPT indépendants	9.3
4	Pour les projets à l'étranger, utiliser le SolarVela Pro (boîtier de jonction triple)	Sélectionner impérativement la série Max	11.2
5	Un module PV chevauchant un joint de toiture ou un joint de dilatation	Placer le joint entre les modules	7.2
6	Installation par collage sur tôle d'acier monocouche d'un atelier à haute température en dessous	Interdit ; utiliser à la place une solution avec fixations mécaniques ou remplacer le module	8.1.1
7	Utilisation d'un adhésif structurel de qualité inférieure	Utiliser le SMG533 spécifié	8.3.1
8	Mélange de connecteurs MC4 de marques différentes	Obligation d'unifier le fabricant/le modèle	9.7
9	Collage direct sur toiture en béton avec mortier de ciment fin	Ponçage + latex imperméabilisant + test d'arrachement	8.1.2
10	Pression de lavage à l'eau > 0,2 MPa	Contrôler entre 0,1 et 0,2 MPa	10.1.2

11	Correction basse température de la tension en circuit ouvert non prise en compte	Utiliser la formule Cvoc ou le tableau des coefficients de correction	9.2
12	Onduleur non équipé de l'AFCI	Exigence obligatoire : onduleur équipé de l'AFCI	9.5
13	Espacement entre rangées de seulement 200 mm	≥ 400 mm	7.2
14	Modules installés à proximité d'un puits de lumière sans respecter la distance de 2H	Distance au puits de lumière ≥ 2H	7.3.2
15	Perçage ou modification du module sur site	⚠ Interdit, sinon la garantie devient caduque	11.3

Chapitre 14 : Annexes

Annexe A : Paramètres de l'adhésif structural spécifié (Guangzhou Baiyun SMG533)

Projet	Paramètre
Modèle	Colle Structurale Spécialisée pour Modules PV SMG533
Fabricant	Guangzhou Baiyun Technology Co., Ltd.
Spécification	590 mL / cartouche
Couleur	Blanc
Résistance à la traction	≥ 1,5 MPa (après durcissement)
Allongement à la rupture	≥ 250 %
Température minimale d'application de l'adhésif	≥ 0 °C
Température de mise en œuvre recommandée	4,4–35 °C
Temps de durcissement	24 h à 25 °C
Garantie	25 ans

Annexe B : Tableau de compatibilité entre les types de tôles en acier profilé et les méthodes d'installation

Type de tuile	Vela – Collage direct	Vela + Tube carré	Noah – Fixation par bride	Pega – Collage direct	Pega+ Tube Carré	Pince PegaF
Type T	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Type Ondulé	✓	–	✓	✓	–	–
Type à angle droit	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Type à sertissage vertical	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Profil circulaire à sertissage vertical debout	✗	✓	✓	✗	✓	✓

Annexe C : Tableau de consultation rapide des coefficients de température (données TDS)

Série	α_{Voc} (%/°C)	β_{Pmpp} (%/°C)	δ_{Isc} (%/°C)	NOCT (°C)
SolarVela (PERC)	–0.28	–0.34	+0.05	45±2
SolarVela Pro / Max (TOPCON)	–0.26	–0.29	+0.045	45±2
SolarNoah (PERC)	–0.28	–0.34	+0.05	45±2
SolarNoah Pro / Max (TOPCON)	–0.26	–0.29	+0.045	45±2

Annexe D : Liste des substances corrosives pour les connecteurs photovoltaïques

Lors de la phase de conception, il convient d'éviter de placer les modules dans les zones susceptibles d'être exposées aux produits chimiques suivants :

Catégorie	Substance
Acides et bases	Chlorure de sodium, bicarbonate de sodium, peroxyde d'hydrogène, chlorure de calcium, hydroxyde de sodium, ammoniaque, borax, carbonate de calcium, alun
Oxydants	Eau oxygénée, agent de blanchiment à l'hypochlorite de sodium,

Catégorie	Substance
	permanganate de potassium, chlore, ozone, désinfectant pour piscine, oxydant industriel
Solvants organiques	Acétone, toluène, xylène, benzène, tétrachlorure de carbone, dichlorométhane, diluant pour peinture, dissolvant pour vernis à ongles, éthanol/isopropanol à haute concentration, térébenthine, tétrahydrofurane

Annexe E : Anomalies de la surface d'installation et mesures correctives

Anomalie	Mode de traitement	Exigences ultérieures
Corrosion de la tôle d'acier profilée	Rénovation avec peinture de rénovation professionnelle (cycle de 3 à 5 ans)	Vérification de la force d'arrachement après rénovation
Toiture en béton avec mortier de ciment à granulats fins	Ponçage à la meuleuse d'angle + application d'un enduit imperméable à base de latex	Force d'arrachement ponctuelle \geq 40 kg, essais par sondage $>$ 1 %
Boursoufflure de la membrane d'étanchéité	Traitement par le fabricant / rénovation	Force d'arrachement ponctuelle \geq 40 kg, essais par sondage $>$ 1 %
Interférence des rivets sur les ondulations	Ajuster la position du tube carré ou retirer les rivets	Sans compromettre l'étanchéité
Joint de raccordement du faîtage à l'égout de toit	Placer le joint entre les modules	Un seul module ne doit pas chevaucher le joint

Annexe F : Paramètres électriques des chaînes de modules SolarVela/Noah (valeurs typiques)

Paramètres	SolarVela	SolarVela Pro/Max	SolarNoah	SolarNoah Pro/Max
Pmax STC (W)	510–520	550–560	510–520	550–560
Vmp (V)	41,43–42,04	45,19–45,29	41,43–42,04	45,19–45,29
Voc (V)	49,76–49,9	52,96–53,05	49,76–49,9	52,96–53,05
Imp (A)	12,31–12,37	12,18–12,37	12,31–12,37	12,18–12,37
Isc (A)	12,74–13,09	12,92–12,96	12,74–13,09	12,92–12,96

Annexe G : Paramètres électriques des chaînes de modules SolarPega (valeurs typiques)

Paramètres	SolarPegaL / PegaFL	SolarPega / PegaF
------------	---------------------	-------------------

P _{max} STC (W)	500–510	510–520
V _{mp} (V)	33,76–33,91	33,58–33,79
V _{oc} (V)	39,72–40,03	39,46–39,78
I _{mp} (A)	14,83–15,06	15,19–15,40
I _{sc} (A)	15,36–15,45	15,78–15,84

Annexe H : Abréviations des termes de référence

Abréviations	Dénomination complète	Chinois
STC	Standard Test Conditions	Conditions de test standard (1000 W/m ² , 25°C, AM 1.5)
NMOT	Nominal Module Operating Temperature	Température nominale de fonctionnement du module (800 W/m ² , 20°C, 1 m/s)
MPPT	Maximum Power Point Tracking	Suivi du point de puissance maximale
AFCI	Arc-Fault Circuit Interrupter	Disjoncteur d'arc électrique (AFCI)
SPD	Dispositif de Protection contre les Surtensions (DPS)	Parafoudre / Protecteur de surtension
TDS	Fiche Technique (Technical Data Sheet)	Cahier des Charges Techniques
BIPV / BAPV	PV Intégré / Rapporté au Bâtiment	Photovoltaïque Intégré au Bâtiment / Photovoltaïque Rapporté au Bâtiment

Chapitre 15 : Support technique et coordonnées

Pour les scénarios spéciaux, modèles spéciaux ou besoins de personnalisation non explicitement couverts par les présentes règles générales, les bureaux d'études et les ingénieurs doivent contacter activement l'équipe technique de ZKFN Solar avant la finalisation du plan pour obtenir un support technique spécifique :

Shandong ZKFN Solaire Technologie SARL.

- Adresse : Bâtiment 1, Xinshenglin, Parc industriel de fabrication intelligente Lühaihui, Zone de développement économique de Jining, Ville de Jining, Province du Shandong
- Ligne d'assistance : 400 6768 100
- E-mail de support technique : tech-support@zkfnsolar.com

- Site web officiel : www.zkfnsolar.com

Types de projets nécessitant une coordination active avec ZKFN Solar

- Projets à l'étranger (y compris, mais sans s'y limiter, l'Europe, l'Asie du Sud-Est, le Moyen-Orient, l'Amérique du Nord, l'Afrique, l'Amérique du Sud) ;
- Projets en zone côtière (distance de la ligne de côte < 500 m) ;
- Projets sur toitures de forme irrégulière, cintrée ou courbe ;
- Projets en haute altitude (> 2000 m) ;
- Projets avec un niveau de résistance sismique élevé (≥ 8 degrés) ;
- Projets BIPV avec personnalisation spéciale (couleur, motif, dimensions, puissance).
- Conception de maintenance à grande échelle impliquant les zones praticables du SolarPega ;
- Applications en environnement non statique (ombrières de parking, centrales pliables, etc.).

Description du document

- La présente directive générale est l'édition 2026, établie sur la base de la fiche technique des produits ZKFN Solar, du « Guide d'installation des séries SolarVela & SolarNoah », du « Manuel d'installation des séries SolarPega / PegaF » et de la « Garantie limitée ».
- En cas de mise à jour des spécifications produits, la version la plus récente de la TDS et du guide d'installation publiée sur le site officiel de ZKFN Solar fait foi.
- En cas de conflit entre les clauses du présent guide de conception et celles du guide d'installation officiel de ZKFN Solar ou de la garantie limitée, le guide d'installation et la garantie limitée prévalent.
- En cas de divergence entre les différentes versions linguistiques de ce manuel, la version chinoise fait foi.
- Le droit d'interprétation finale appartient à Shandong ZKFN Solaire Technologie SARL.