21/23-83_V1

Valide du **18 septembre 2023**

au **30 septembre 2026**

Sur le procédé

GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TS-2, A-2 et TN-1

Famille de produit/Procédé : Module photovoltaïque rigide intégré en couverture sans écran métallique en sous-face

Titulaire(s) : Société GSE INTEGRATION

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Nouvel Avis Technique Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 25 mai 2023.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/23-83_V1

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois en remplacement de petits éléments de couverture (tuiles bénéficiant des marques NF « Tuiles de terre cuite » ou NF « Tuiles en béton » suivantes : tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement et à glissement à relief, tuiles canal, tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat et tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal et ardoises).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s) muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/23-83_V1,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" sur 3 lignes maximum pour le kit TN-1 et sur 6 lignes maximum pour les autres kits.

La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.

Les charges climatiques admissibles sont définies au § 1.1.1.

La toiture d'implantation doit présenter une pente de toiture comprise entre les valeurs définies au § 1.1.2.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.1.1. Zone géographique 5
1.1.2. Ouvrages visés 5
1.2. Appréciation 6
1.2.1. Liminaire 6
1.2.2. Conformité normative des modules 6
1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé 6
1.2.4. Aspects sanitaires 8
1.2.5. Durabilité - Entretien 8
1.2.6. Impact environnemental 8
1.2.7. Fabrication et contrôle 8
1.2.8. Mise en œuvre 8
1.2.9. Modules photovoltaïques 9
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 9
2. Dossier Technique 10
2.1. Mode de commercialisation 10
2.1.1. Coordonnées 10
2.1.2. Identification 10
2.1.3. Livraison 10
2.2. Description 10
2.2.1. Principe 10
2.2.2. Module photovoltaïque 11
2.2.3. Système de montage 12
2.2.4. Autres éléments 16
2.3. Dispositions de conception 16
2.3.1. Généralités 16
2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles 17
2.3.3. Caractéristiques électriques 17
2.3.4. Spécifications électriques 17
2.4. Dispositions de mise en œuvre 18
2.4.1. Conditions préalables à la pose 18
2.4.2. Compétences des installateurs 18
2.4.3. Sécurité des intervenants 19
2.4.4. Mise en œuvre en toiture 19
2.5. Utilisation, entretien et réparation 23
2.5.1. Généralités 23
2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque 23
2.5.3. Maintenance électrique 23
2.5.4. Remplacement d'un module 23
2.6. Traitement en fin de vie 23
2.7. Fabrication et contrôles 24
2.7.1. Modules photovoltaïques 24
2.7.2. Plaques polypropylène 24
2.7.3. Autres constituants du procédé 24
2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage 24
2.8.1. Modules photovoltaïques 24

2.8.2. Plaques polypropylène 24
2.8.3. Autres constituants du procédé 24
2.9. Formation 24
2.10. Assistance technique 25
2.11. Mention des justificatifs 25
2.11.1. Résultats expérimentaux 25
2.11.2. Références chantiers 25
2.12. Annexe du Dossier Technique 26
3. Annexes graphiques 28

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

- Utilisation en France métropolitaine sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés sur des toitures soumises à des charges climatiques :
  - n'excédant pas les valeurs du tableau ci-dessous :

modules photovoltaïques	charge maximum sous neige normale (*selon NV 65 modifiées*)* (en Pa)	charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*)* (en Pa)
Groupe A	1 636	1 325
Groupe B	1 636	1 212
Groupe C	2 454	1 235
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179		

-
  - le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectuant conformément au Cahier du CSTB n°3803_V2.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

1.1.2. Ouvrages visés

- Mise en œuvre :
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (*selon annexe B3 du DTU 40.36*),
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, ne présentant aucune pénétration (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...*) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
  - sur toitures isolées ou au-dessus de combles perdus,
  - pour le kit TS-2, exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture (*couvertures tuiles conformes aux DTU 40.21, 40.22 et 40.24*) dont le galbe est supérieur ou égal à 30 mm,
    pour le kit A-2, exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture (*couvertures ardoises conformes aux DTU 40.11 et 40.13*),
    pour le kit TN-1, exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture dont le galbe est inférieur à 30 mm (*couvertures tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat et tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal conformes aux DTU 40.211, 40.241, 40.21 et 40.24, ou à un procédé de tuile « à pente abaissée » couvert par un Document Technique d'Application (DTA) favorable et valide*).
    Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU de la série 40.1 ou 40.2 concerné(s) *(notamment pour la pente, la longueur de rampant et la présence ou non d'un écran de sous-toiture).*
    Les tuiles associées doivent bénéficier des marques NF « Tuiles de terre cuite » ou NF « Tuiles en béton »,
  - au-dessus d'un écran de sous-toiture.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe maximum entre chevrons de 650 mm,
  - une épaisseur minimale des liteaux de 27 mm,
  - une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre les valeurs suivantes, selon les tuiles ou ardoises associées :

éléments de couverture associés	pente mini (*)	pente maxi
tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief	30 % (17 °)	100 % (45 °)
tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal	29 % (16 °)	
tuiles canal	24 % (13,5 °)	
ardoises	25 % (14 °)	
tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat – Grand Moule	45 % (24 °) (**)	
tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat – Petit Moule	55 % (29 °) (**)	
tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal	40 % (22 °)	
(*) : *dans la limite du respect des pentes minimales imposées par les DTU de la série 40.1 ou 40.2 ou les DTA de procédé de tuile « à pente abaissée » concerné(s)*		
(**) : *cette pente minimale peut être abaissée pour les tuiles détenant un DTA, et référencées dans le tableau suivant*		

dénomination commerciale	catégorie d'élément de couverture	DTA	pente mini
Volnay PV	tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat « à pente abaissée » – Grand Moule	5.1/17-2546	35 % (19 °)
Giverny PV	tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat « à pente abaissée » – Petit Moule	5.1/19-2576	45 % (24 °)

- Les modules photovoltaïques doivent être issus des gammes de modules indiquées dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet Avis Technique, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "portrait",
  - uniquement dans des champs photovoltaïques comportant au maximum trois lignes de modules parallèlement à l'égout pour le kit TN-1 (*tuiles à pureau plat, tuiles planes en béton et tuiles de galbe inférieur à 30 mm*) et au maximum six lignes de modules parallèlement à l'égout pour les autres kits,
  - en respectant la pose d'un seul champ photovoltaïque par pan de toiture,
  - uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire *(sans angle rentrant)*,
  - en toiture partielle. Un rang minimum d'éléments de couverture doit toujours être conservé au niveau du faîtage, des rives de toiture et à l'égout pour permettre un raccordement du champ photovoltaïque aux éléments de couverture.

1.2. Appréciation

1.2.1. Liminaire

Le présent Avis ne vise pas la partie courant alternatif de l'installation électrique, ni l'onduleur permettant la transformation du courant continu en courant alternatif.

1.2.2. Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques cadrés à la norme NF EN 61215 permet de déterminer leurs caractéristiques électriques et thermiques et de s'assurer de leur aptitude à supporter une exposition prolongée aux climats généraux d'air libre, définis dans la norme CEI 60721-2-1.

1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.3.1. Fonction génie électrique

1.2.3.1.1. Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques
  Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.
  Les boîtes de connexion, les câbles et les connecteurs sont conformes respectivement aux normes IEC 62790, NF EN 50518 ou IEC 62930, et IEC 62852, et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension en courant continu indiquée

dans la grille de vérification des modules, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques
  Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
  À ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/UE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
  Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage, conformes à la norme IEC 62852 permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.
  L'utilisation de rallonges électriques (*pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...*) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.
  La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.
  L'utilisation de cosses en cuivre étamé avec rondelles bimétal pour un raccordement en peigne des cadres de modules permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

1.2.3.1.2. Sécurité par rapport aux ombrages partiels

Le phénomène de "point chaud" pouvant conduire à une détérioration du module est évité grâce à l'implantation de diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

1.2.3.1.3. Puissance crête des modules utilisés

La grille de vérification des modules recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

1.2.3.2. Fonction couverture

1.2.3.2.1. Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul (*selon les règles NV65 modifiées*) au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), pour vérifier que :
  - celles-ci n'excèdent pas les valeurs du tableau ci-dessous :

modules photovoltaïques	charge maximum sous neige normale (*selon NV 65 modifiées*)* (en Pa)	charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*)* (en Pa)
Groupe A	1 636	1 325
Groupe B	1 636	1 212
Groupe C	2 454	1 235
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179		

-
  - le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectuant conformément au Cahier du CSTB n°3803_V2.
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques suivantes :
  - entraxe maximum entre chevrons de 650 mm,
  - épaisseur minimale de liteaux de 27 mm,
- de la fixation de l'installation photovoltaïque uniquement sur des lattes neuves répondant aux préconisations du Dossier Technique.

1.2.3.2.2. Sécurité en cas de séisme

Les applications du procédé ne sont pas limitées compte tenu de la conception et de l'utilisation du procédé en France métropolitaine. Elles sont donc applicables pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

L'objectif de bon fonctionnement dans le cadre des bâtiments de catégorie d'importance IV n'est pas visé dans ce paragraphe.

1.2.3.2.3. Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique *(avec notamment la limitation à 3 lignes de modules pour le kit TN-1 (tuiles à pureau plat) et 6 lignes de modules pour les autres kits)* et les retours d'expérience sur ce procédé permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

1.2.3.2.4. Risque de condensation

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante grâce à l'utilisation d'un écran de sous-toiture sur tout le pan de toiture accueillant le champ photovoltaïque et débouchant à l'égout.

1.2.3.2.5. Ventilation de la toiture

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque telle que décrite dans le Dossier Technique et dans la notice de pose ne vient pas perturber la ventilation naturelle de la toiture qui doit être conforme au(x) DTU concerné(s).

1.2.3.2.6. Sécurité au feu

Les modules photovoltaïques ne sont pas destinés à constituer la face plafond de locaux occupés.

Aucune performance de comportement au feu n'a été déterminée sur ce procédé.

Aucun classement de réaction au feu du polymère constitutif des plaques n'a été déterminé.

1.2.3.2.7. Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants lors de la pose, de l'entretien et de la maintenance est normalement assurée grâce à la mise en place :

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules,
- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes sur les modules et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

Se reporter aux préconisations indiquées dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS « Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques ».

Attention, le procédé ne peut en aucun cas servir de point d'ancrage à un système de sécurité (Équipement de Protection Individuel).

1.2.3.2.8. Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à un domaine d'emploi limité à la mise en œuvre du procédé sur toiture isolée ou au-dessus de combles perdus.

1.2.4. Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.5. Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication ainsi que le retour d'expérience permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, en respectant le guide de choix des matériaux *(voir le* Tableau 1*)* et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette couverture peut être estimée comme satisfaisante.

1.2.6. Impact environnemental

Le traitement en fin de vie peut être assimilé à celui de produits traditionnels.

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé « GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TS-2, A-2 et TN-1 » associé à chaque gamme de module dispose ou non d'une Déclaration Environnementale (DE) individuelle ou collective vérifiée par tierce partie indépendante.

Sans DE, le titulaire du procédé ne peut revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

1.2.7. Fabrication et contrôle

Les contrôles internes de fabrication systématiquement effectués dans les usines de fabrication permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication du procédé photovoltaïque.

1.2.8. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des entreprises averties des particularités de pose de ce procédé *(disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques)* et systématiquement accompagnées par la société GSE INTEGRATION lors de leur premier chantier permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture.

La mise en œuvre du procédé nécessite un autocontrôle de la pose des cales sous chaque étrier du procédé conformément aux préconisations du dossier technique (voir § 2.4.4.2.1).

1.2.9. Modules photovoltaïques

Au moment de la commande des modules photovoltaïques pour un chantier donné, le Maître d'Ouvrage et son installateur doivent s'assurer que la gamme de modules correspondante fait partie des gammes de modules présentes dans la grille de vérification de l'Avis Technique utilisé. Le n° de la grille de vérification à utiliser doit comporter le n° de l'Avis Technique.

La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cet Avis Technique. La grille porte alors un n° du type 21/Gn/23-83_V1 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les applications de ce procédé en climat de montagne (altitude > 900 m) ne sont pas concernées par le domaine d'emploi accepté par l'Avis.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- Il est recommandé d'installer les modules photovoltaïques en partie supérieure de la couverture, en complément des dispositions constructives déjà prises pour assurer l'étanchéité à l'eau entre les éléments de couverture et les modules photovoltaïques.
- Chaque mise en œuvre requiert :
  - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
  - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque et de la présence ou non d'un écran de sous-toiture (*à ajouter en cas d'absence, voir § 2.4.1*).
- Une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur la dilatation spécifique des éléments en polymère, et que, de ce fait, les consignes de mise en œuvre doivent être respectées afin de limiter une éventuelle dégradation des plaques polymères lors des mouvements de dilatation et de retrait.

Le Groupe Spécialisé rappelle que le domaine d'emploi est limité à 3 lignes horizontales de modules pour le kit TN-1 (*tuiles à pureau plat*) : c'est la raison pour laquelle les tuiles relevant des DTU 40.211 et 40.241 ont été admises dans le cadre de cet Avis Technique.

Le Groupe Spécialisé souhaite préciser que le présent Avis Technique concerne uniquement le procédé GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TS-2, A-2 et TN-1 se déclinant en 3 kits possibles, ayant chacun un domaine d'emploi spécifique, et ayant pour dénominations complètes respectives, à l'exclusion de toute autre :

- "GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TS-2" destiné aux tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief fortement galbées, galbe minimum de 30 mm, tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal fortement galbées, galbe minimum de 30 mm et tuiles canal,
- "GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. A-2" destiné aux ardoises,
- "GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TN-1" destiné aux tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat, tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal, tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief faiblement galbées, galbe inférieur à 30 mm et tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal faiblement galbées, galbe inférieur à 30 mm.

Le Groupe Spécialisé souhaite préciser que l'installateur se doit d'utiliser les éléments fournis par la société GSE INTEGRATION (cf. § 2.2.2 et 2.2.3, notamment la visserie de marque Capinox de l'ensemble « Fixation » et les abergements supérieurs et latéraux) et se doit d'effectuer des autocontrôles des prépercements préconisés dans la mise en œuvre du procédé.

Le Groupe Spécialisé souhaite préciser que la justification de l'étanchéité par les essais de concomitance vent-pluie dans la soufflerie Jules Verne du CSTB de Nantes est acceptée du fait qu'un retour d'expérience est acquis sur la durabilité des plaques en polypropylène en œuvre incluses dans des Avis Techniques successifs, bien que des essais avec plaques neuves dans une maquette d'essai ne tiennent pas compte des effets du vieillissement pouvant rompre l'étanchéité.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que les préconisations relatives à l'installation électrique, conformes aux prescriptions actuelles des guides UTE C 15-712 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ces guides.

Cet Avis Technique est assujetti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/23-83_V1.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :
Société GSE INTEGRATION
5 rue Morand
FR - 93400 SAINT-OUEN
Tél. : 06 59 45 61 54
Email : technical.support@gseintegration.fr ; arnaud.delabriolle@gseintegration.fr
Internet : www.gseintegration.com

2.1.2. Identification

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module reprenant les informations conformément à la norme NF EN 50380 : le nom du module, son numéro de série, ses principales caractéristiques électriques ainsi que le nom et l'adresse du fabricant. Cet étiquetage fait également mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

Les autres constituants sont identifiables par leur géométrie particulière et sont référencés, lors de leur livraison, par une liste présente sur les colis les contenant.

2.1.3. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire doit permettre de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés, des éléments suivants :
- dénomination commerciale du procédé photovoltaïque,
- référence de l'Avis Technique,
- date de mise en œuvre de l'installation,
- nom du maître d'ouvrage,
- adresse ou coordonnées GPS du site de l'installation,
- nom de l'entreprise d'installation,
- nature de bâtiment : résidentiel individuel/collectif, industriel, agricole, tertiaire,
- référence et numéros de série des modules photovoltaïques.

La notice de montage doit être fournie avec le procédé.

L'installateur doit prévoir :
- La vérification visuelle que les emballages des modules photovoltaïques sont intacts à réception sur site.
- La vérification visuelle que les modules photovoltaïques sont intacts au déballage.
- La vérification de la conformité des kits avec le système de montage aux bons de commandes.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois en remplacement de petits éléments de couverture (*tuiles bénéficiant des marques NF « Tuiles de terre cuite » ou NF « Tuiles en béton » suivantes : tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement et à glissement à relief, tuiles canal, tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat et tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal et ardoises*).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s) muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/23-83_V1,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" sur 3 lignes pour le kit TN-1 et sur 6 lignes pour les autres kits.

La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.

Sa dénomination commerciale "GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TS-2, A-2 et TN-1" se décline en 3 kits en fonction des éléments de couverture associés :

- "TS-2" destiné aux tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief fortement galbées, galbe minimum de 30 mm, tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal fortement galbées, galbe minimum de 30 mm et tuiles canal,
- "A-2" destiné aux ardoises,
- "TN-1" destiné aux tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat, tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal, tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief faiblement galbées, galbe inférieur à 30 mm et tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal faiblement galbées, galbe inférieur à 30 mm.

Le présent Avis Technique concerne uniquement le procédé ayant l'une ou l'autre de ces dénominations complètes.

Le procédé photovoltaïque « GSE Intégration "Toit Solaire" Evo V. TS-2, A-2 et TN-1 » *(*voir la Figure 1*)* est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans les paragraphes 2.2.2 et 2.2.3 font partie de la livraison du procédé assurée par la société GSE INTEGRATION ou par les distributeurs liés au présent Avis Technique par une extension commerciale.

2.2.2. Module photovoltaïque

2.2.2.1. Dénomination

Cet Avis Technique est assujetti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/23-83_V1.

La BOM (*Bill Of Materials*) de chaque gamme de modules et donc les références de tous les composants est rendue disponible au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (voir § 1.2.9).

Les caractéristiques génériques des modules photovoltaïques inclus dans cet Avis Technique sont définies dans les paragraphes suivants du § 2.2.2.

2.2.2.2. Caractéristiques dimensionnelles

Les dimensions hors-tout des modules doivent respecter les critères suivants (*voir dessins et section du cadre dans la grille de vérification des modules*) :

- Longueur comprise entre 1 610 et 1 900 mm,
- Largeur comprise entre 990 et 1 160 mm,
- Hauteur du cadre de 30 ou 35 mm,
- Masse spécifique comprise entre 10 et 12 kg/m².

Le Tableau 2 donne les correspondances entre les dimensions des modules photovoltaïques et celles des plaques polypropylène.

2.2.2.3. Face arrière

Face arrière non verrière ou verrière faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.4. Cellules photovoltaïques

Cellules en silicium cristallin faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.5. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.6. Vitrage

Verre imprimé ou float, trempé selon la norme EN 12150, avec ou sans couche antireflet.

2.2.2.7. Constituants électriques

2.2.2.7.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion est collée en sous-face du module. Sa position et ses dimensions sont compatibles avec le système de montage.

Cette boîte de connexion est fournie avec des diodes bypass (qui protègent chacune une série de cellules) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques minimales suivantes :

- indice de protection : IP65 minimum,
- tension de système maximum : 1 000 à 1 500 V DC entre polarités et avec la terre (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014,

- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.7.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 0,90 m minimum chacun dont la section est de 4 mm2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés.

Ces câbles DC ont les spécifications minimales suivantes :

- tension assignée : 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2015 ou IEC 62930:2017,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

Tous les câbles électriques de l'installation (en sortie des modules et pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur) sont en accord avec la norme NF C 15-100 en vigueur, les guides UTE C 15-712 en vigueur et les spécifications des onduleurs (longueur et section de câble adaptées au projet).

2.2.2.7.3. Connecteurs électriques

Connecteurs avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. Ces connecteurs ont les caractéristiques minimales suivantes :

- indice de protection (connecté) : IP 65 minimum,
- tension assignée de 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62852:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

Les connecteurs des câbles supplémentaires (pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur) doivent être identiques (même fabricant, même marque et même type) aux connecteurs auxquels ils sont destinés à être reliés : pour ce faire, des rallonges peuvent être fabriquées grâce à des sertisseuses spécifiques.

2.2.2.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium de série supérieure ou égale à 6000, anodisé d'épaisseur ≥ 10 µm.

Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux.

Les profilés sont reliés entre eux à l'aide d'équerres métalliques serties ou par vissage.

Les profils longitudinaux du module sont percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses.

Un collage est appliqué entre le cadre et le verre du module.

La prise en feuillure minimale du cadre sur le laminé est de 6,2 mm.

2.2.3. Système de montage

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société GSE INTEGRATION ou des distributeurs liés au présent Avis Technique par une extension commerciale.

2.2.3.2. Plaque polypropylène

Ces plaques (Figure 2) sont destinées à assurer l'étanchéité du procédé. Elles sont en polypropylène (75 %) chargé en EPDM (10 %) et en silice (15 %), et d'un stabilisant UV (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques), d'épaisseur 3 mm. La matière (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) présente une densité de 1,02 ± 0,03 et un module d'élasticité de 1 550 ± 200 MPa. Le matériau présente aussi une contrainte à la rupture en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 de (22 ± 4) MPa, une élongation à la rupture en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 de (6 ± 3) %, et une résistance au choc Charpy simple entaille selon la norme EN ISO 179-1/1eA de (4,1 ± 0,4) kJ.m-2.

Il existe 9 formats de plaques selon les dimensions des modules photovoltaïques (cf. Tableau 2). Pour chaque module photovoltaïque associé au procédé, la société GSE INTEGRATION confirme la référence de plaque polypropylène à utiliser.

Ces plaques disposent d'une ouverture centrale d'environ (423 x 297) mm ou (513 x 297) mm qui dépend de chaque plaque. Les dimensions hors-tout de chaque plaque sont les suivantes :

Plaque	dimensions hors-tout (mm)
DPo_1650_995	990 x 1 067 x 35
DPo_1650_1070	990 x 1 042 x 35
DPo_1650_1100	990 x 1 172 x 35
DPo_1650_1120	990 x 1 192 x 35
DPo_1650_1135	990 x 1 207 x 35
DPo_1650_1140	990 x 1 212 x 35
DPo_1650_1145	990 x 1 217 x 35
DPo_1650_1160	990 x 1 232 x 35
DPo_1840_995	1085 x 1 067 x 35
DPo_1840_1020	1085 x 1 092 x 35
DPo_1840_1030	1085 x 1 102 x 35
DPo_1840_1040	1085 x 1 112 x 35
DPo_1840_1045	1085 x 1 117 x 35
DPo_1840_1050	1085 x 1 122 x 35
DPo_1840_1070	1085 x 1 142 x 35
DPo_1840_1090	1085 x 1 162 x 35
DPo_1840_1095	1085 x 1 167 x 35
DPo_1840_1100	1085 x 1 172 x 35
DPo_1840_1135	1085 x 1 207 x 35

Ces plaques présentent des reliefs (*murs de 15 à 22 mm de haut*) destinés à canaliser l'eau de ruissellement vers le bas sur le pourtour de chaque module photovoltaïque, et à emboîter les plaques adjacentes. Chaque plaque dispose de 2 butées supérieures recevant la plaque supérieure, de 2 supports et guides photovoltaïques, de 3 points de fixation sur les lattes support, de 2 zones de fixation des étriers, de guides d'écoulement d'eau en partie supérieure, de 12 passages de câble, et de 8 supports / rehausseurs du module photovoltaïque (*Figure 2a*).

2.2.3.3. Ensemble "Fixation"

Cet ensemble est destiné à assurer la fixation mécanique du procédé sur les lattes support. Il est constitué des éléments suivants :

- Étriers (Figure 3)
  Les étriers sont destinés à assurer la fixation mécanique des modules aux lattes support. Ils se déclinent en étriers simples pour les bords de champ photovoltaïque et étriers doubles pour la fixation entre deux modules adjacents, et sont de 2 types : H16 et H21 en fonction de l'épaisseur du cadre de module photovoltaïque (cf. Tableau 2). Ils sont en inox 1.4307 d'épaisseur 1,5 mm. Ils permettent une prise en feuillure sur les cadres des modules photovoltaïques de 8 à 14 mm sur une largeur de 25 mm.
  Ils disposent d'un joint EPDM compact de dureté 70 ShA, prépercé et collé en sous-face sur chantier de dimensions (25 x 21 x 1,6) mm.
- Cales de bord de champ *(*Figure 4)
  Des cales de bord de champ à base de polypropylène (*identique aux plaques, cf. § 2.2.3.2*) sont destinées à servir d'appui sous les plaques polypropylène au droit des étriers simples. Elles ont des dimensions hors-tout de (22 x 23,4 x 19,2) mm ou (28 x 33,4 x 22,5) mm selon qu'elles sont positionnées à gauche ou à droite du champ photovoltaïque.
- Visserie (Figure 5)
  Les plaques polypropylène et les étriers sont maintenus aux lattes support par l'intermédiaire de vis à bois 6,5 x 60 avec rondelle d'étanchéité en acier inox A2 + EPDM vulcanisé d'épaisseur 2 mm, diamètre 16 mm et de dureté 70 ShA, de marque Capinox de la société Etanco, à tête hexagonale en inox A2, à corps de vis en acier cémenté traité Supracoat 2C résistant à 15 cycles Kesternich, de résistance à l'arrachement Pk = 279 daN (*38 mm d'ancrage selon la norme NF P 30-314*) et Pk = 568 daN (*50 mm d'ancrage selon la norme NF P 30-310*).

2.2.3.4. Ensemble "Abergements"

2.2.3.4.1. Généralités

Un jeu d'éléments d'abergements d'épaisseur 8/10e mm en aluminium EN AW-1050 H24 ou en aluminium EN AW-3005 H44 revêtu de 25 µm de laque polyester de teinte RAL 9005, est destiné à assurer la jonction entre le pourtour du champ photovoltaïque et les éléments de couverture. Il est composé des éléments suivants :

2.2.3.4.2. Kit TS-2

- Abergement latéral (Figure 6) :
  Ces abergements sont destinés à amener l'eau de la périphérie du champ vers le bas de la toiture et à faire la jonction avec les éléments de couverture avoisinant. Ils sont de longueur 1 290 mm. Ils sont de forme conique pour permettre leur emboitement dans le sens de la pente. Les couloirs droits et gauches sont livrés dans des cartons séparés.

Ces couloirs sont également destinés à faire la jonction entre l'abergement latéral et l'abergement haut central. Ils disposent de pinces de 21 mm pliables en partie haute.

- Abergements supérieurs (Figure 7) :
  - Abergement haut :
    De dimensions (1 063 x 312) mm à (1 228 x 312) mm selon les dimensions des plaques polypropylène, il dispose de 2 ondes aux extrémités. Ils disposent d'une pince de 30 mm en partie haute.

Largeur de Plaque	Dimensions hors tout Abergement supérieur TS2/TN1
995	1 063 x 312
1 020	1 088 x 312
1 030	1 098 x 312
1 040	1 108 x 312
1 045	1 113 x 312
1 050	1 118 x 312
1 070	1 138 x 312
1 090	1 158 x 312
1 095	1 163 x 312
1 100	1 168 x 312
1 135	1 203 x 312
1 140	1 208 x 312
1 145	1 213 x 312
1 160	1 228 x 312

-
  - Support de tuile et son feuillard :
    De dimensions (950 x 55 x 33) mm, il est destiné à donner un appui aux tuiles recouvrant les abergements supérieurs. Le feuillard en aluminium permet leur maintien aux lattes supérieures.
- Bande de mousse :
  Une bande de mousse de polyuréthane polyester à cellules ouvertes, imprégnée d'une résine acrylique, de section triangulaire (base x hauteur) de (20 x 80) mm, est destinée à assurer un complément d'étanchéité entre les tuiles et les couloirs et abergements supérieurs.

2.2.3.4.3. Kit A-2

- Abergements latéraux et noquets (Figure 8) :
  De longueur 1 290 mm, les abergements latéraux disposent d'un pli sur la partie extérieure destiné à recevoir les noquets.
  Les noquets ont les dimensions d'une demi-ardoise, avec un relevé de 41 mm. Un noquet d'angle supérieur est destiné à faire la jonction dans les coins supérieurs gauche et droit du champ photovoltaïque (*voir "Abergements supérieurs" ci-après*). À la demande de l'installateur, celui-ci peut réaliser lui-même les noquets et noquets d'angle selon les règles de l'art et en respectant la base de conception et les cotes présentées dans le présent Avis Technique.
- Abergements supérieurs (Figure 9*)* :
  - Abergement haut :
    De dimensions (1 008 x 350) mm à (1 066 x 350) mm selon les dimensions des plaques polypropylène, il dispose de 2 plis de 16 mm aux extrémités servant à la liaison avec la pièce de jonction haute ou aux angles supérieurs. Ils disposent d'une pince de 13 mm en partie haute.

Largeur de Plaque	Dimensions hors tout Abergement supérieur A2
995	1 011 x 350
1 020	1 036 x 350
1 030	1 046 x 350
1 040	1 056 x 350
1 045	1 061 x 350
1 050	1 066 x 350
1 070	1 086 x 350
1 090	1 106 x 350
1 095	1 111 x 350
1 100	1 116 x 350
1 135	1 151 x 350
1 140	1 156 x 350
1 145	1 161 x 350
1 160	1 176 x 350

-
    - Jonction haute (coulisseau) :
      De dimensions (68 x 463) mm, elle est destinée à faire la liaison entre 2 abergements hauts adjacents. Elle possède 2 plis de 16 mm adaptés à ceux des abergements haut pour former une liaison en « queue d'aronde », et une partie plane sur 100 mm à replier ou fixer pour le maintien en position.
    - Angle supérieur gauche et droit :
      De dimensions respectives (438 x 210 x 88) mm et (438 x 217 x 88) mm, il est destiné à faire la jonction entre l'abergement latéral et l'abergement haut central. Il dispose d'un aileron central et d'une partie plane servant de noquet intégré pour se raccorder directement à l'élément de couverture adjacent. L'aileron est destiné à être replié en partie haute à la hauteur du haut de l'abergement latéral.

2.2.3.4.4. Kit TN-1

- Ensembles d'abergements latéraux (Figure 10) :
  Les abergements destinés à amener l'eau de la périphérie du champ vers le bas de la toiture et à faire la jonction avec les éléments de couverture avoisinant sont composés des pièces suivantes, en formats gauche et droit :
    - Abergement latéral :
      Cet élément est identique à l'abergement latéral utilisé pour le kit A-2 (cf. § 2.2.3.4.3), il fait la jonction entre la plaque polypropylène et le couloir latéral (ci-après).
    - Couloir latéral :
      De longueur 1 290 mm, il dispose d'une pince de 36 mm côté tuiles. Le relevé côté champ photovoltaïque de 86 à 91 mm est destiné à masquer l'ouverture présente au recouvrement des tuiles adjacentes.
    - Angle inférieur :
      De dimensions (362 x 89 x 70) mm, il permet la remontée d'eau au niveau des tuiles inférieures en bas des couloirs latéraux.
- Abergements supérieurs (Figure 11) :
    - Abergement haut : identique à celui du kit TS-2 (cf. § 2.2.3.4.2).
    - Angle supérieur gauche et droit :
      De dimensions respectives (530 x 82 x 75) mm et (530 x 88 x 75) mm, ils sont destinés à faire la jonction entre l'abergement latéral et l'abergement haut central. Ils disposent de pinces de 13 mm latéralement et en partie haute.
    - Support de tuiles et son feuillard : identique à celui du kit TS-2 (cf. § 2.2.3.4.2).
- Bande de mousse :
  Identique à la bande mousse du kit TS-2 (cf. § 2.2.3.4.2), elle est destinée à assurer un complément d'étanchéité entre les tuiles et les couloirs latéraux et abergements supérieurs.

2.2.3.4.5. Tous les kits

- Agrafes crochets (Figure 12) :
  En inox 1.4307, elles sont destinées à maintenir sur les lattes support (à l'aide de clous) les abergements hauts, les angles supérieurs et les couloirs latéraux.
- Crochet long (Figure 12) :
  De dimensions (250 x 20) mm, ils sont destinés à maintenir le bas des abergements latéraux et des abergements supérieurs (*en étant pliés*).

2.2.4. Autres éléments

2.2.4.1. Liminaire

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un système photovoltaïque : onduleurs, câbles électriques reliant le champ photovoltaïque au réseau électrique en aval de l'onduleur... Ces éléments ne sont pas examinés dans le cadre de l'Avis Technique qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les éléments qui suivent, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé.

2.2.4.2. Écran de sous-toiture

Dans le cas où l'écran de sous-toiture doit être rajouté (en neuf systématiquement et en existant s'il n'est pas présent), il doit être sous certification « QB 25 » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1.

2.2.4.3. Lattes de bois supplémentaires

Les lattes de bois supplémentaires doivent être en bois résineux de classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et de classement visuel ST II suivant la norme NF B 52-001-1, et présenter une humidité < 20 %. Les lattes sous le champ photovoltaïque doivent être neuves et avoir une section (h x l) minimale de (27 x 100) mm.

2.2.4.4. Planches en contreplaqué

Des planches en contreplaqué bénéficiant de la marque NF « Extérieur CTB-X » sont utilisées pour soutenir la bavette avant et pour réaliser la fonçure dans le cas du kit TN-1.

2.2.4.5. Visserie

Pour la fixation des lattes sous le champ photovoltaïque : vis à bois 5 x L (L ≥ 97 mm) à tête fraisée en inox A2 de Pk minimum de 80 daN avec un ancrage minimum de 50 mm dans le chevron sous les contre-lattes.

2.2.4.6. Bande d'étanchéité basse

L'étanchéité basse peut également être réalisée grâce à une bande de plomb plissé ou structuré ou tout autre accessoire de couverture bénéficiant d'un Avis Technique pour cet usage, de largeur choisie afin de respecter le recouvrement nécessaire sur les éléments de couverture (voir § 2.4.4.3.2, compte tenu des recouvrements de 200 mm sous les plaques polypropylène et 120 mm sur les tuiles et de la latte intermédiaire, une largeur minimale de bande de 480 mm est requise).

2.2.4.7. Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de liaison équipotentielle des masses doivent présenter des sections adaptées à leur fonction (interconnexion des cadres des modules ou liaison à la prise de terre du bâtiment) et dans tous les cas des caractéristiques conformes aux guides UTE C 15-712.

Ces câbles doivent être connectés sur les cadres des modules à l'aide de cosses en cuivre étamé avec rondelle bimétal cuivre/aluminium, et interconnectés ensuite à la liaison des masses générale.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et celle-ci est disponible sur le site www.gseintegration.com.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.1.

Elle doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture (cf. § 2.4.1).

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle.

Ce procédé ne peut être utilisé que pour le traitement des couvertures de formes simples, ne présentant aucune pénétration sur la surface d'implantation du procédé photovoltaïque.

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose d'attirer l'attention du Maître d'ouvrage sur le fait qu'une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du Maître d'ouvrage vis-à-vis de la tenue des fixations et de la toiture afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, la présence ou non d'un écran souple de sous-toiture en bon état et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (au sens des NV65 modifiées), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

La mise en œuvre est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses en bois, conformément à la norme NF EN 1995-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne "Bâtiments courants" et de la ligne "Éléments structuraux" du Tableau 7.2 de la clause 7.2(2) de la norme NF EN 1995-1-1/NA.

Les modules photovoltaïques doivent être installés de façon à ne pas subir d'ombrages portés afin de limiter les risques d'échauffement pouvant entraîner des pertes de puissance et une détérioration prématurée des modules.

Dans les zones de toiture avec accumulation de neige au sens des NV 65 modifiées, il faut être attentif à ce que la charge de neige ne dépasse pas la charge admissible du procédé.

Comme tous les procédés de couverture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués ni dans les liteaux, ni dans le voligeage support, mais dans la structure porteuse.

2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la grille de vérification des modules. Elles respectent les critères génériques du § 2.2.2.

Le système de montage des modules photovoltaïques est modulaire. De ce fait, il permet d'obtenir une multitude de champs photovoltaïques.

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (mm)	NbX x (Kx – 73) + (NbX – 1) x 40 + (2 x 150)
Hauteur de champ (mm)	NbY x Ky + (NbY – 1) x Ky' + hauteur abergement haut
Poids au m² de l'installation (kg/m²)	13,7

Avec :

NbX : le nombre de modules dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

Kx : la dimension de la plaque polypropylène dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

NbY : le nombre de modules dans le sens vertical du champ photovoltaïque,

Ky : la dimension du module dans le sens vertical du champ photovoltaïque,

Ky' : la distance intermodule dans le sens vertical du champ photovoltaïque (voir Figure 21).

2.3.3. Caractéristiques électriques

2.3.3.1. Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

2.3.3.2. Sécurité électrique

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730.

2.3.3.3. Performances électriques

Les puissances électriques des modules sont validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

Dans les tableaux de la grille vérification des modules, les performances électriques actuelles des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC *(Standard Test Conditions : éclairement de 1 000 W/m² et répartition spectrale solaire de référence selon la norme CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C)*.

2.3.4. Spécifications électriques

2.3.4.1. Généralités

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrites au Dossier Technique doivent être respectées.

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100 et guides UTE C 15-712.

Les câbles électriques et les connecteurs ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. *§ 2.4.2*).

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1 000 à 1 500 V *(liée à la classe II de sécurité électrique)*.

2.3.4.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 13.

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire.

- Liaison intermodules et module/onduleur.
  La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules (de la droite vers la gauche et du bas vers le haut) avant leur fixation.
  Si besoin, la liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (pour le passage d'une rangée à une autre ou pour la liaison des séries de modules au circuit électrique) doit toujours se faire au travers de connecteurs mâles et femelles du même fabricant, de la même marque et du même type. Pour ce faire, il peut être éventuellement nécessaire de confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant de deux connecteurs de type différents.

Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le passage des câbles se fait en passant sous les plaques polypropylène. Les câbles doivent être maintenus sous les planches via un collier de serrage.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses.
  La liaison équipotentielle des masses doit être réalisée conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur.
  La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des modules, les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire de cosses en cuivre étamé avec rondelle bimétal cuivre/aluminium, et interconnectés ensuite à la liaison des masses générale.
  Les câbles doivent être maintenus aux chevrons ou aux liteaux par un système de collier de serrage. Le tout est relié au câble principal de mise à la terre.
- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment
  Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité.
  Il est réalisé entre deux lés d'écran de sous-toiture de manière à ne pas le percer. Dans ce cas, un recouvrement minimal de 100 mm à 200 mm doit être respecté en fonction de la pente de la toiture. Dans le cas où le passage entre deux lés est impossible, des entailles doivent être réalisées dans l'écran de manière à créer des passages de diamètre inférieur à celui des câbles. Après le passage des câbles, une bande adhésive (compatible avec l'écran de sous-toiture considéré) doit être posée autour des entailles. Dans tous les cas, il est nécessaire de se reporter au DTU 40.29 et à la certification relative à l'écran de sous-toiture considéré.

L'ensemble des câbles doit ensuite être acheminé dans des gaines techniques repérées et prévues à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100 et guides UTE C 15-712 (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts...).*

L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur grâce à un multimètre : continuité, tension de circuit ouvert, ...

2.3.4.3. Cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs

Dans le cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs, ceux-ci doivent être fixés aux lattes support au droit de la partie centrale du module. Les micro-onduleurs sont fixés par vis au travers des trous prévus à cet effet dans la plaque de fixation des micro-onduleurs.

Le micro-onduleur doit être positionné de façon à respecter les consignes de distances de ventilation du fabricant du micro-onduleur par rapport à l'écran souple de sous-toiture et au laminé du module photovoltaïque. Il convient de s'assurer que le cheminement des câbles est réalisé sous le système de montage des modules.

Des exemples de mise en œuvre couvrant la plupart des cas rencontrés parmi les micro-onduleurs actuels sont donnés à la Figure 14. La société GSE INTEGRATION assure une assistance technique pour la définition de la mise en œuvre selon le modèle de micro-onduleur.

En cas de micro-onduleurs multi-modules, le câblage s'effectue à l'aide de rallonges suivant le même principe que décrit dans le § 2.3.4.2 tout en conservant chaque micro-onduleur fixé à une latte support au droit de la partie centrale d'un module.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au *§ 1.2.3.2.1* "Stabilité" doivent être respectées.

La planéité des lattes support (voir *§ 2.4.4.1.2*) doit être vérifiée par l'installateur. En cas de défaut de planitude supérieur à 1/100e en travaux neufs, il est à la charge du charpentier de corriger la planéité des chevrons. Dans les autres cas, l'installateur est en charge des calages éventuels requis pour obtenir un défaut de planitude inférieur à 1/200e.

Le montage doit impérativement être réalisé au-dessus d'un écran de sous-toiture : si cet écran n'est pas présent sur la toiture, il est obligatoire d'en ajouter un. Dans ce cas, cet écran de sous-toiture doit être sous certification conforme aux préconisations du Dossier Technique (§ 2.2.4.2 : *sous certification « QB 25 » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1*). Il doit être mis en œuvre jusqu'à l'égout conformément aux dispositions définies dans le DTU 40.29 et complétées par les indications du Dossier Technique (cf. *§ 2.4.1)*.

La mise en œuvre, ainsi que les opérations d'entretien, de maintenance et de réparation du procédé photovoltaïque doivent être assurées par des installateurs formés aux particularités du procédé et aux techniques de pose. Les lattes support du procédé et les liteaux ajoutés doivent être des lattes neuves et liteaux neufs répondant aux préconisations les concernant (*lattes non fournies, voir § 2.2.4.3 du Dossier technique*).

La mise en œuvre doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture afin d'évacuer jusqu'à l'égout la condensation pouvant se créer sous les modules. Dans le cas d'une toiture neuve ou d'une toiture existante ne disposant pas d'écran de sous-toiture, cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre sur tout le pan de toiture accueillant le champ photovoltaïque (*par conséquent il débouche à l'égout*). La pose de cet écran doit se faire conformément aux dispositions définies dans le DTU 40.29. Les contrelattes doivent avoir une largeur d'appui ≥ 30 mm (cf. § 2.4.4.1.2).

2.4.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par la société GSE INTEGRATION (cf. *§ 2.9*).

Pour la mise en place d'un champ photovoltaïque, les installateurs doivent disposer des compétences suivantes :

- qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques,
- pour la partie couverture : compétences en couverture pour la mise en œuvre en toiture,

- pour les connexions électriques : compétences électriques, habilitation BP pour la connexion des modules et habilitation BR pour le branchement aux onduleurs.

2.4.3. Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité *(protections collectives, nacelle, harnais, ceintures, dispositifs d'arrêt...)* est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur *(par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente)* ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (*échelle de couvreur, ...*).

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison.

Les risques inhérents à la pose de modules photovoltaïques et les dispositions à prendre lors de la conception, de la préparation et de l'exécution du chantier sont décrits dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS.

2.4.4. Mise en œuvre en toiture

2.4.4.1. Préparation de la toiture

2.4.4.1.1. Détuilage en cas de toiture existante et calepinage

Les éléments de couverture sont retirés sur la zone d'implantation du champ photovoltaïque, dont les dimensions indiquées dans le *§ 2.3.2,* + 200 mm sur les bords latéraux et + 320 mm en haut de champ pour les abergements hauts et latéraux.

Par ailleurs, afin de limiter les coupes des éléments de couverture, il convient de procéder à une étude préalable du plan de couverture et d'établir un calepinage en fonction du modèle d'éléments de couverture utilisé (cf. § 2.4.4.3.1, § 2.4.4.4.1et § 2.4.4.5.2).

Il convient de reconstituer les orifices de ventilation dont les sections totales doivent être assurées selon les dispositions précisées dans les DTU de la série 40.1 ou 40.2 concernés. La lame d'air située au-dessous de la couverture doit avoir une épaisseur minimale de 20 mm et doit être continue de l'égout au faîtage. La section totale (*entrées et sorties*) des orifices de ventilation de cette lame d'air est définie dans les DTU de la série 40.1 ou 40.2 concernés.

2.4.4.1.2. Pose du lattage sous le champ photovoltaïque

La planéité de la charpente doit être contrôlée et des calages sont à prévoir si un défaut de planitude entre 3 lattes support du champ photovoltaïque est supérieur à 1/200e de la portée (*cf.* Figure 15*)*.

Les lattes support du procédé et les liteaux ajoutés doivent être des lattes neuves et liteaux neufs répondant aux préconisations les concernant (*lattes non fournies, voir § 2.2.4.3*) avec une section (h x l) minimale de (27 x 100) mm et une épaisseur égale à l'épaisseur des liteaux supportant les éléments de couverture environnants. Les lattes support sont fixées à chaque point d'intersection avec la contrelatte à l'aide d'1 vis 5 x L (*non fournies, voir § 2.2.4.5*).

Pour la mise en œuvre en association avec des tuiles à pureau plat ou des tuiles planes en béton, le positionnement latéral s'effectue de telle sorte que les couloirs en décaissé se situent en dehors de la position des contrelattes.

On pose le platelage conformément à la Figure 16 ou Figure 17 selon le format de plaque polypropylène à utiliser (cf. Tableau 2). On pose les lattes de contrelatte à contrelatte sans porte-à-faux (voir représentation Figure 22). La largeur d'appui des contrelattes doit être ≥ 30 mm. Dans le cas d'un liteau de couverture adjacent, fixer une cale en bois sur le côté de la contrelatte et fixer le liteau dessus. Les liteaux existant se trouvant à l'emplacement des lattes support doivent être retirés. On doit disposer deux lattes (*entraxe de 120 mm*) en bas de champ supportant l'extrémité inférieure du champ photovoltaïque. Ces deux lattes en bas de champ doivent avoir une épaisseur de 9 mm inférieure à l'épaisseur des autres lattes. Puis on dispose au-dessus des séries de lattes par ligne de modules photovoltaïques, en respectant les distances indiquées sur la figure (*la première latte de fixation sert de référence pour la disposition des autres lattes*). Pour la ligne de module du haut de champ, on termine par une latte supérieure afin de supporter les abergements supérieurs.

Dans le cas des tuiles à pureau plat ou tuiles planes en béton, en parties latérales du champ photovoltaïque, on réalise une fonçure telle que décrite au § 2.4.4.5.1.

2.4.4.2. Pose du procédé – dispositions générales

2.4.4.2.1. Pose des plaques polypropylène

Se référer aux Figure 16*,* Figure 17 et Figure 18.

Les plaques sont posées ligne par ligne de la droite vers la gauche et du bas vers le haut. Elles s'emboîtent entre elles à l'aide des ondes droites et gauches. Les extrémités basses des plaques de bas de champ sont positionnées à 280 mm au-dessous du haut de la latte de référence.

Dans le sens de la pente, le recouvrement est de 105 mm minimum.

Une demi graduation :

- de 0 à 55 mm pour les demi plaques 1650_XXXX,
- de 0 à 30 mm pour les demi plaques 1840_XXXX,

permet d'ajuster le recouvrement pour s'adapter à la hauteur des modules (Figure 21).

La société GSE INTEGRATION ou les distributeurs liés au présent Avis Technique par une extension commerciale fournissent la graduation à respecter en fonction du module photovoltaïque.

Le procédé étant conçu afin de supporter la dilatation des plaques polymères, chacune disposant de 1 point fixe et de 4 points dilatant, il convient de suivre correctement les consignes de montage suivantes afin de limiter une éventuelle dégradation des plaques polymères lors des mouvements de dilatation et de retrait.

Au fur et à mesure, les plaques sont fixées sans préperçage au niveau de leur point fixe (*point de fixation de référence*) et elles sont prépercées d'un diamètre de 10 mm aux points de fixation dilatant et aux points de fixation des étriers. Les vis utilisées sont les vis Capinox 6,5 x 60 fournies. Il est préconisé de faire attention à bien positionner la vis au centre du prépercement.

Les cales de bord de champ sont positionnées à droite et à gauche du champ photovoltaïque au droit de la position des étriers simples. Elles sont prépercées (*diamètre 10 mm*) en même temps que la plaque polypropylène. Les cales sont positionnées en les appuyant sous les nervures des plaques polypropylène de sorte qu'elles ne glissent pas. L'installateur vérifie la présence de la cale au moment de la fixation de l'étrier (cf. § 2.4.4.2.2).

2.4.4.2.2. Pose des modules

Se référer à la Figure 19.

Les modules photovoltaïques sont posés sur les plaques polypropylène en butée sur les 2 butées supérieures. Les câbles doivent passer sous les plaques.

Les modules sont fixés aux lattes support par l'intermédiaire de 4 étriers par module. Au préalable, sur chantier, le joint EPDM (*fourni, voir § 2.2.3.3)* est collée en sous-face des étriers. La vis Capinox 6,5 x 60 fournie se reprend dans les lattes support en les traversant.

La présence des cales sous chaque étrier simple (*en polypropylène*), doit être vérifiée par l'installateur. Attention, il existe une cale pour le côté gauche et une cale pour le côté droit (cf. Figure 4).

Les étriers doubles ou simples sont utilisés selon que l'on se trouve entre deux modules ou en bordure de champ. Leur position est notée à l'aide d'un marqueur blanc au moment de la pose des cadres (*afin de retrouver la position des lattes de support*). Le cadre aluminium du module photovoltaïque est alors en appui sur les bossages extérieurs de la plaque polypropylène. La chaine de cotes est donnée Figure 20. Le positionnement relatif de la boîte de connexion des modules et des plaques polypropylène est décrit Figure 21.

2.4.4.3. Dispositions spécifiques au kit TS-2 (tuiles à relief)

2.4.4.3.1. Calepinage

- Tuiles à emboîtement ou à glissement à relief (DTU 40.21 et 40.24) :
  Lorsque le calepinage ne permet pas de conserver les tuiles entières, elles peuvent être coupées comme suit :
  - Calepinage longitudinal :
    La partie inférieure des tuiles étant conçue pour rejeter l'eau, il est indispensable de ne pas la couper. Par conséquent, il convient de ne réaliser aucune découpe des tuiles en partie haute de l'installation. Suivant la ligne de plus grande pente, seules les tuiles situées au-dessous du procédé peuvent être coupées en tête. Les tuiles coupées doivent alors être fixées au liteau et la partie basse du procédé photovoltaïque doit comporter une étanchéité basse recouvrant d'au moins 120 mm ces tuiles afin d'assurer l'étanchéité de l'ouvrage.
  - Calepinage transversal :
    Pour les tuiles situées en partie latérale, il convient d'utiliser une des solutions suivantes :
    - optimiser le positionnement du procédé photovoltaïque afin que le côté galbé de la tuile se situe toujours au-dessus du couloir latéral,
    - recourir à des tuiles spéciales (*demi-tuiles ou doubles tuiles par exemple*).
- Tuiles canal (*DTU 40.22*) :
  Pour les tuiles canal, seules les tuiles de couvert sont à couper. Tant sur la partie basse du procédé que sur la partie haute, la coupe se fait en tête de tuile.

2.4.4.3.2. Pose du bas de champ

Se référer à la Figure 22.

Il convient de réaliser un lattage support de la bande d'étanchéité basse souple affleurant les surfaces d'écoulement des tuiles inférieures et dimensionné de telle sorte qu'une pente résiduelle minimale de 5 % (3 °) soit présente et que la distance entre la latte support et la tête de tuile soit de 10 mm maximum. La bande d'étanchéité est déroulée sur toute la largeur du champ photovoltaïque plus 200 mm à droite et à gauche de celui-ci. Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant.

La largeur de la bande d'étanchéité doit être telle que les tuiles sont recouvertes de 120 mm minimum et que la bande d'étanchéité soit recouverte par les plaques polypropylène sur une hauteur de 150 mm minimum. On réalise des plis de retour de 20 mm sur le bord supérieur de la bande et sur ses bords gauche et droit. La bande ne doit pas être percée. Elle est maintenue par des agrafes. On termine par le marouflage de la bande sur les tuiles.

2.4.4.3.3. Pose des abergements supérieurs

Se référer à la Figure 23.

Un lattage support doit être réalisé pour soutenir la partie haute des abergements et pouvoir fixer les agrafes.

Sur site, il est possible de raccourcir l'abergement haut. Cela permet de décaler vers le bas les abergements supérieurs pour s'adapter à la position des tuiles. Les crochets longs, fixés par un clou sur la tanche de la latte support de la plaque polypropylène, aident au positionnement des abergements supérieurs, lors de la mise en œuvre.

L'abergement est maintenu en partie haute par les agrafes crochets et arrivent sur les butées supérieures des plaques polypropylène. Les recouvrements des abergements haut sur les plaques polypropylène sont de 160 mm.

2.4.4.3.4. Pose des abergements latéraux

Se référer à la Figure 24.

Les couloirs latéraux se recouvrent entre eux de 150 mm. La zone de recouvrement doit être en dehors des emplacements des étriers. Les agrafes crochets sont utilisées pour fixer le bord extérieur aux planches à raison d'une agrafe au recouvrement et une agrafe au milieu de chaque abergement.

En partie supérieure, le haut de l'abergement latéral est replié pour être utilisé en tant qu'abergement d'angle haut.

2.4.4.3.5. Mise en place des éléments de couverture

Les appuis de tuiles sont disposés sur les abergements supérieurs au niveau des nez de tuiles. Le feuillard inséré dans la fente de l'appui permet de fixer ce dernier à la latte support (Figure 25).

La mousse triangulaire fournie est disposée sur les parties latérales et sur la partie haute des abergements (Figure 26). La mousse doit reposer à 30 mm minimum et 40 mm minimum de la pince des abergements supérieurs et des couloirs respectivement. Elle doit descendre jusqu'à la partie basse de la bande d'étanchéité basse en bas de champ.

Placer les éléments de couverture sur les abergements (Figure 27). Ils doivent être fixés mécaniquement aux liteaux. En haut de champ, les éléments de couverture recouvrent les abergements supérieurs au minimum de 150 mm. La longueur de recouvrement minimale des éléments de couverture sur le couloir latéral doit être de 90 mm.

Se référer à la Figure 28 pour une vue d'ensemble du kit mis en œuvre.

2.4.4.4. Dispositions spécifiques au kit A-2 (ardoises)

2.4.4.4.1. Calepinage

Les coupes des éléments de couverture et l'utilisation d'éléments spéciaux doivent être réalisées en respectant les principes de mise en œuvre des DTU de la série 40.1.

2.4.4.4.2. Pose du bas de champ

Se référer à la Figure 29.

Il convient de réaliser un lattage support de la bande d'étanchéité basse souple affleurant les surfaces d'écoulement des ardoises inférieures et dimensionné de telle sorte qu'une pente résiduelle minimale de 5 % (3 °) soit présente et que la distance entre la latte support et la tête d'ardoise soit de 10 mm maximum. La bande d'étanchéité est déroulée sur toute la largeur du champ photovoltaïque plus 200 mm à droite et à gauche de celui-ci. Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant.

La largeur de la bande d'étanchéité doit être telle que les ardoises sont recouvertes de 120 mm minimum et que la bande d'étanchéité soit recouverte par les plaques polypropylène sur une hauteur de 200 mm minimum. On réalise des plis de retour de 20 mm sur le bord supérieur de la bande et sur ses bords gauche et droit. La bande ne doit pas être percée. Elle est maintenue par des agrafes.

La bande d'étanchéité ne doit pas s'arrêter à droite et à gauche sur la jonction entre deux éléments de couverture (*elle doit s'arrêter à plus d'un quart de largeur d'élément de couverture*).

2.4.4.4.3. Pose des abergements supérieurs

Se référer à la Figure 30.

Un lattage support doit être réalisé pour soutenir la partie haute des abergements et pouvoir fixer les agrafes.

L'abergement est maintenu en partie haute par les agrafes crochets et arrive au niveau de la première graduation. Les recouvrements des abergements haut sur les plaques polypropylène sont de 160 mm. En partie basse des abergements, un maintien s'effectue à l'aides des crochets longs pliés et fixés par un clou sur la tanche de la latte support de la plaque polypropylène (voir également Figure 23).

Une pièce vient faire la jonction des abergements haut à la façon d'un coulisseau plat. L'assemblage est frappé en partie haute afin de le verrouiller. La pièce de jonction est ensuite fixée à l'aide d'une pointe sur sa partie plane dans la latte support.

2.4.4.4.4. Pose des abergements latéraux

Se référer à la Figure 31.

Les couloirs latéraux se recouvrent entre eux de 150 mm. La zone de recouvrement doit être en dehors des emplacements des étriers. Le bas des abergements latéraux sont maintenus par des crochets longs.

On place les angles supérieurs sur les abergements latéraux et sur les abergements centraux, la partie plane des angles supérieurs servant de noquet. La liaison des pièces d'angle avec l'abergement supérieur est frappée pour verrouillage (Figure 30). La patte inférieure des angles supérieurs est repliée dans le couloir de l'abergement latéral. L'aileron des angles supérieurs est plié au-dessus du haut de l'abergement latéral (Figure 31).

2.4.4.4.5. Mise en place des éléments de couverture

Placer les éléments de couverture sur les abergements (Figure 32). Ils doivent être fixés mécaniquement aux liteaux. En haut de champ, les éléments de couverture recouvrent les abergements supérieurs au minimum de 120 mm.

On place les noquets conformément aux DTU 40.11 et 40.13. Ils s'insèrent sous la pliure de l'abergement latéral. Ils sont cloués aux liteaux de couverture. On réalise le remplissage latéral à l'aide des ardoises.

Se référer à la Figure 33 pour une vue d'ensemble du kit mis en œuvre.

2.4.4.5. Dispositions spécifiques au kit TN-1 (tuiles à pureau plat)

2.4.4.5.1. Pose d'une fonçure

En parties latérales du champ photovoltaïque, on réalise une fonçure (Figure 34) à l'aide de planches en contreplaqué (*non fournies, cf. § 2.2.4.4*) de 10 à 12 mm d'épaisseur, vissées sous les liteaux à l'emplacement des couloirs latéraux pour leur permettre de s'enfoncer dans le plan des liteaux de couverture. Les liteaux sont coupés au-dessus de la planche sur la largeur nécessaire au support des couloirs latéraux (*200 mm de largeur minimum*). Les étriers ne doivent pas se trouver sur une partie en porte-à-faux des lattes support.

2.4.4.5.2. Calepinage

Les extrémités de la bande souple d'étanchéité basse doivent se trouver à une distance de l'élément de couverture d'au moins un quart de sa largeur pour éviter d'être à l'aplomb de la jonction de deux tuiles.

2.4.4.5.3. Pose du bas de champ

Se référer à la Figure 35.

Il convient de réaliser un lattage support de la bande d'étanchéité basse souple affleurant les surfaces d'écoulement des tuiles inférieures et dimensionné de telle sorte qu'une pente résiduelle minimale de 5 % (3 °) soit présente et que la distance entre la latte support et la tête de tuile soit de 10 mm maximum. La bande d'étanchéité est déroulée sur toute la largeur du champ photovoltaïque plus 200 mm à droite et à gauche de celui-ci. Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant.

La largeur de la bande d'étanchéité doit être telle que les tuiles sont recouvertes de 120 mm minimum et que la bande d'étanchéité soit recouverte par les plaques polypropylène sur une hauteur de 200 mm minimum. On réalise des plis de retour de 20 mm sur le bord supérieur de la bande et sur ses bords gauche et droit. La bande ne doit pas être percée. Elle est maintenue par des agrafes.

Les plaques polypropylène doivent être positionnées à 35 mm du bord des lattes support.

2.4.4.5.4. Pose des abergements supérieurs

Se référer à la Figure 36.

Un lattage support doit être réalisé pour soutenir la partie haute des abergements et pouvoir fixer les agrafes.

L'abergement est maintenu en partie haute par les agrafes crochets et arrive au niveau de la première graduation des plaques polypropylène. Les recouvrements des abergements haut sur les plaques polypropylène sont de 160 mm. En partie basse des abergements, un maintien s'effectue à l'aides des crochets longs pliés et fixés par un clou sur la tanche de la latte support de la plaque polypropylène (voir également Figure 23).

Sur site, il est possible de raccourcir l'abergement haut. Cela permet de décaler vers le bas les abergements d'angles supérieurs pour s'adapter à la position des tuiles. Les crochets longs aident au positionnement des abergements supérieurs, lors de la mise en œuvre.

2.4.4.5.5. Pose des abergements latéraux

Se référer à la Figure 37 - 1/2 et 2/2.

Les angles inférieurs sont posés sur la fonçure et fixés sans percer la bande d'étanchéité. Des crochets longs (*non pliés*) sont fixés en affleurant le bas de la plaque polypropylène.

Les couloirs latéraux se recouvrent entre eux de 150 mm. La zone de recouvrement doit être en dehors des emplacements des étriers. Les agrafes crochets sont utilisées pour fixer le bord extérieur aux planches à raison d'une agrafe au recouvrement et une agrafe au milieu de chaque abergement. En haut de champ, ils sont découpés à la forme de l'angle supérieur.

Les abergements latéraux se recouvrent entre eux de 150 mm et sont disposés jusqu'à 230 mm du haut de la plaque polypropylène supérieure. En bas de pente, ils s'insèrent dans les crochets longs.

Les angles supérieurs sont posés en affleurant l'abergement supérieur, avec un recouvrement de 150 mm sur l'abergement latéral.

2.4.4.5.6. Mise en place des éléments de couverture

Se référer à la Figure 38.

Les appuis de tuiles sont disposés sur les abergements supérieurs au niveau des nez de tuiles. Le feuillard inséré dans la fente de l'appui permet de fixer ce dernier à la latte support.

La mousse fournie est disposée sur les couloirs latéraux et sur la partie haute des abergements. La mousse doit reposer à 30 mm minimum de la pince des abergements supérieurs et des couloirs latéraux. Elle doit descendre jusqu'à la partie basse de la bande d'étanchéité basse en bas de champ.

Placer les éléments de couverture sur les abergements. Ils doivent être fixés mécaniquement aux liteaux. En haut de champ, les éléments de couverture recouvrent les abergements supérieurs au minimum de 150 mm. La longueur de recouvrement minimale des éléments de couverture sur le couloir latéral doit être de 80 mm.

Se référer à la Figure 39 pour une vue d'ensemble du kit mis en œuvre.

2.5. Utilisation, entretien et réparation

2.5.1. Généralités

La continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque doit être maintenue, même en cas de maintenance ou de réparation.

En présence d'un rayonnement lumineux, les modules photovoltaïques produisent du courant continu et ceci sans possibilité d'arrêt. La tension en sortie d'une chaîne de modules reliés en série peut rapidement devenir dangereuse ; il est donc important de prendre en compte cette spécificité et de porter une attention particulière à la mise en sécurité électrique de toute intervention menée sur de tels procédés.

L'installateur doit recommander de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-2:2020.

En cas de bris de glace ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, un bâchage efficace doit être assuré et un remplacement de ce module défectueux réalisé dans les plus brefs délais.

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur.

En cas d'intervention sur le procédé photovoltaïque nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée (cf. § 2.5.4).

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés et habilités. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (cf. *§ 2.4.2*).

2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'entretien de la toiture au moins une fois par an :

- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer au jet d'eau (haute pression et jets concentrés interdits).
- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des plaques polypropylène sous les modules. On peut utiliser une soufflette à air comprimé afin de faire sortir tout élément s'étant introduit sous les modules photovoltaïques. Ne pas utiliser de solvant pour nettoyer les plaques polypropylène.
- Vérification de l'étanchéité : vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau dans les abergements.
- Vérification du câblage et des connexions électriques.
- Vérification des fixations : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie.

2.5.3. Maintenance électrique

Si, tenant compte de l'ensoleillement réel, une baisse mesurable de la production d'une année sur l'autre est observée, il convient de faire vérifier le bon fonctionnement de l'onduleur et des modules individuellement.

2.5.4. Remplacement d'un module

En cas de bris de glace ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer en respectant la procédure suivante :

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ photovoltaïque et l'onduleur.
- Dévisser les vis des étriers du module photovoltaïque endommagé et retirer la cale sous l'onde et le(s) module(s) à remplacer (*l'ensemble est mis au rebut*).
- Débrancher la liaison à la terre du module sans rompre la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque, et déconnecter les connecteurs électriques du module.
- Visser une vis Capinox à l'endroit de l'ancien perçage.
- Effectuer un nouveau prépercement de 10 mm décalé de 25 mm au-dessus de l'ancienne position en ayant préalablement placé une nouvelle cale en polypropylène sous l'onde (Figure 40).
- Positionner et connecter le nouveau module photovoltaïque et fixer les nouveaux ensembles (*étrier + joint EPDM + vis Capinox*).
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procède à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

2.6. Traitement en fin de vie

Conformément à l'article L. 541-10 du Code de l'Environnement, à la directive 2012/19/UE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques et au décret n°2014-928 du 19 août 2014, les producteurs de modules photovoltaïques, dans le cadre de la Responsabilité Élargie des Producteurs, pourvoient ou contribuent à la collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers au prorata des équipements qu'ils mettent sur le marché. L'article R. 543-180.-I. du Code de l'Environnement et l'arrêté du 8 octobre 2014 prévoient qu'en cas de vente d'un équipement, le distributeur de modules

photovoltaïques reprend gratuitement ou fait reprendre gratuitement pour son compte les équipements usagés dont le consommateur se défait, dans la limite de la quantité et du type d'équipement vendu.

Pour le reste des éléments (système de montage notamment), il n'y a pas d'information apportée.

2.7. Fabrication et contrôles

2.7.1. Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques a été examinée dans le cadre de la vérification des modules. Les informations principales (*site(s) de fabrication, certification ISO 9001, tolérance sur le flash-test, mesure(s) par électroluminescence, inspection finale*) sont données dans la grille de vérification des modules.

2.7.2. Plaques polypropylène

Le mélange de matière première est fourni par la société Fournier en France. Le certificat matière est systématiquement contrôlé. Les plaques sont fabriquées selon les plans de la société GSE INTEGRATION par injection à chaud sur les sites de Langeais et de Sablé-sur-Sarthe en France de la société Plastivaloire, certifiés ISO 9001:2015.

Lors de la fabrication, des contrôles visuels (*sur la base d'une défauthèque*), dimensionnels (*à l'aide de gabarits*), fonctionnels et de poids sont effectués toutes les 60 pièces.

2.7.3. Autres constituants du procédé

Les étriers et les abergements sont fabriqués selon les plans de la société GSE INTEGRATION sur le site de la société Sika Profili à Casier en Italie, certifié ISO 9001:2015.

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués selon les préconisations définies dans le plan Qualité.

2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.8.1. Modules photovoltaïques

Les modalités de conditionnement (*nombre de modules par emballage, nature de l'emballage, position des modules, séparateurs entre modules*) des modules sont indiquées dans la grille de vérification des modules.

Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

Le module est lui-même identifié par un étiquetage conforme à la norme NF EN 50380.

Sauf spécificité du fabricant indiquée dans la grille de vérification des modules, le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.

2.8.2. Plaques polypropylène

Les plaques polypropylène sont conditionnées par palette de 50 unités et sont stockées à la verticale. Un filmage opaque est réalisé autour de la palette. Les palettes sont étiquetées avec un code barre directement à l'usine de fabrication pour permettre un suivi qualité après la production. Ce numéro de suivi est ensuite reporté sur les bons de préparation des kits avant livraison.

Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri des intempéries.

2.8.3. Autres constituants du procédé

Les éléments de fixation et les abergements sont conditionnés en cartons de 30 à 250 unités selon leur nature. Les préparations de kits se font sur des palettes de (1 x 1,2 x 1,95) m. Comme pour les plaques polypropylène, les palettes sont étiquetées avec un code barre directement à l'usine de fabrication pour permettre un suivi qualité après la production. Ce numéro de suivi est ensuite reporté sur les bons de préparation des kits avant livraison.

Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri des intempéries.

2.9. Formation

La société GSE INTEGRATION ou le distributeur lié au présent Avis Technique par une extension commerciale dispense systématiquement aux installateurs, une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender les procédés photovoltaïques en général ainsi que le montage de son procédé.

Cette formation peut être réalisée sur les sites de Canteleu ou des Mureaux disposant d'une maquette ou sur chantier lorsqu'un nombre suffisant de participant le justifie. Elle consiste en :

- une formation théorique portant sur les spécificités du procédé, notamment sur sa conception (*zones d'écoulement, points de fixations, dilatation, dimensionnement du lattage,...*),
- une formation pratique incluant une mise en œuvre concrète par l'installateur sur maquette ou sur chantier. Le formateur y présente l'ensemble des éléments du kit, leurs fonctions et procède à la mise en œuvre étape par étape du procédé.

Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

À l'issue de cette formation, la société GSE INTEGRATION délivre une attestation de formation nominative.

La société GSE INTEGRATION tient à jour une liste d'entreprises agréées par ses soins.

Les entreprises de mise en œuvre doivent bénéficier d'une qualification ou certification professionnelle délivrée par un organisme accrédité par le Cofrac ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. Cette qualification ou certification professionnelle doit correspondre aux types de travaux effectués, à la puissance de l'installation et, pour des projets relevant de l'obligation d'achat, respecter les critères fixés par l'arrêté tarifaire correspondant.

2.10. Assistance technique

La société GSE INTEGRATION est tenue d'apporter son assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part de la société GSE INTEGRATION ou du distributeur lié au présent Avis Technique par une extension commerciale, pour sa première installation photovoltaïque avec l'aide sur place d'un technicien maitrisant la mise en œuvre du procédé, pendant une journée. Il s'assure ainsi que la mise en œuvre est comprise et maitrisée en contrôlant chaque étape de l'installation.

La société GSE INTEGRATION ou le distributeur lié au présent Avis Technique par une extension commerciale assure ensuite sur demande une assistance technique téléphonique pour tous renseignements complémentaires.

Lorsque des cas particuliers d'installations se présentent, tant au niveau de la mise en œuvre des modules que des conditions d'implantation (*ombrages éventuels*), elle peut également apporter son assistance technique pour la validation de la solution retenue.

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent Avis Technique. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT sur la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/23-83_V1 (voir § 1.2.9.
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques. La charge à laquelle les essais de charge mécanique MQT 16 ont été réalisés doit être au moins égale à 5 400 Pa (charge d'essai).
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
- Le procédé photovoltaïque a été testé selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules de la grille de vérification.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB pour des essais d'étanchéité à la pluie en soufflerie climatique « Jules Verne » (*rapport d'essais n° EN-C2A 22.14645-A C-V0*).
- Le procédé photovoltaïque a fait l'objet au CSTB d'un essai mixte de fatigue-étanchéité (*rapport d'essais n° MRF 15 26056677*).
- Les cadres polymères ont fait l'objet de tests de vieillissement accéléré au CSTB selon la NF EN ISO 4892-1 et 2, associés à des essais de traction selon la norme ISO 527 (*rapport n° EMI 13-26044709*).
- Les cadres polymères ont fait l'objet de tests de choc Charpy au CSTB selon la NF EN ISO 179-1/1eA, à l'état neuf et vieilli (*rapport n° BV15-910*).
- La justification aux zones sismiques est basée sur un rapport d'étude par SafeTech Ingénierie, suivant les Eurocodes 8-1, EN 1998-1 § 4.3.5, ayant comparé les sollicitations agissantes avec les capacités résistantes des vis de fixation du procédé.

2.11.2. Références chantiers

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis 2022.

1 500 m² ont été commercialisés en France.

2.12. Annexe du Dossier Technique

Note : Toutes les dimensions sont en millimètres (sauf indication contraire)

Matériau	**Revêtement de finition sur la face exposée**	**Éléments du procédé concernés**	**Atmosphères extérieures**							
			Rurale non pollué	**Industrielle ou urbaine**		**Marine**				**Spéciale**
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3 km)	Mixte	
Aluminium EN AW-6060 T66, 6060 T6, 6063(A) T5, 6063(A) T6, 6063 T66	anodisation 10 à 15 µm	cadres de module	●	●	□	●	□	□	□	□
Aluminium EN AW-1050 H24	-	abergements	●	●	□	●	□	□	□	□
Aluminium EN AW-3005 H44	25 µm polyester RAL 9005	abergements	●	●	□	●	●	□	□	□
Polypropylène + charges EPDM + silice	-	plaque	●	●	□	●	●	□	□	□
Inox A2 + acier cémenté	Supracoat 2C (sur partie acier)	vis Capinox	●	●	□	●	●	□	□	-
Inox 1.4307	-	étriers, agrafes	●	●	□	●	●	-	□	-
Inox 1.4307	50 µm polyester RAL 9005	étriers	●	●	□	●	●	□	□	-

Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes NF P 34-301, NF P 24-351, DTU 40.36 et DTU 40.41

● : Matériau adapté à l'exposition

□ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du titulaire de l'Avis Technique

- : Non adapté à l'exposition

* : à l'exception du front de mer

Tableau 1- Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique

	Dimensions module PV				Etriers	
	Hauteur		*Largeur*		*Epaisseur module (mm)*	
Réf.	*Min.*	*Max.*	*Min.*	*Max.*	***30***	***35***
DPo_1650_995	1610	1760	990	995	H16	H21
DPo_1650_1070	1610	1760	1065	1070	H16	H21
DPo_1650_1100	1610	1760	1095	1100	H16	H21
DPo_1650_1120	1610	1760	1115	1120	H16	H21
DPo_1650_1135	1610	1760	1130	1135	H16	H21
DPo_1650_1140	1610	1760	1135	1140	H16	H21
DPo_1650_1145	1610	1760	1140	1145	H16	H21
DPo_1650_1160	1610	1760	1155	1160	H16	H21
DPo_1840_995	1800	1900	990	995	H16	H21
DPo_1840_1020	1800	1900	1015	1020	H16	H21
DPo_1840_1030	1800	1900	1025	1030	H16	H21
DPo_1840_1040	1800	1900	1035	1040	H16	H21
DPo_1840_1045	1800	1900	1040	1045	H16	H21
DPo_1840_1050	1800	1900	1045	1050	H16	H21
DPo_1840_1070	1800	1900	1065	1070	H16	H21
DPo_1840_1090	1800	1900	1085	1090	H16	H21
DPo_1840_1095	1800	1900	1090	1095	H16	H21
DPo_1840_1100	1800	1900	1095	1100	H16	H21
DPo_1840_1135	1800	1900	1130	1135	H16	H21

Tableau 2- Correspondances entre plaques polypropylène, étriers et dimensions des modules photovoltaïques

3. Annexes graphiques

Note : Toutes les dimensions sont en millimètres (sauf indication contraire)

Figure 1 – Schéma éclaté du procédé

a. Schéma de principe des fonctions des différentes structures géométriques de la plaque

b. Vues et coupes de la plaque : cotes communes à toutes les plaques DPo_1650

Figure 2 – Plaque polypropylène

c. Vues et coupes de la plaque : cotes communes à toutes les plaques DPo_1840

d. Vues 3D des plaques

DPo_1650_995	
DPo_1650_1070	

Figure 2 (suite) – Plaque polypropylène

DPo_1650_1100	
DPo_1650_1120	
DPo_1650_1135	
DPo_1650_1140	
DPo_1650_1145	
DPo_1650_1160	

Figure 2 (suite) – Plaque polypropylène

DPo_1840_995	
DPo_1840_1020	
DPo_1840_1030	
DPo_1840_1040	
DPo_1840_1045	
DPo_1840_1050	

Figure 2 (suite) – Plaque polypropylène

DPo_1840_1070	
DPo_1840_1090	
DPo_1840_1095	
DPo_1840_1100	
DPo_1840_1135	

Figure 2 (suite) – Plaque polypropylène

Réf.	Côte A +/- 0,3	Côte B +/- 0,3
H16	18,6	28,6
H21	23,6	33,6

étrier double

Réf.	Côte A +/- 0,3	Côte B +/- 0,3
H16	17,8	27,8
H21	22,8	32,8

étrier simple

Joint EPDM

Figure 3 – Étriers

Figure 4 – Cales de bord de champ

Figure 5 – Vis à bois (voir texte § 2.2.3.3)

Figure 6 – Abergement latéral pour kit TS-2

ABERGEMENT HAUT (exemple H1135 (1 203 x 312) mm) :

SUPPORT TUILES ET FEUILLARD :

Figure 7 – Abergements supérieurs kits TS-2 et TN-1

Figure 8 – Abergements pour kit A-2 (et kit TN-1)

Figure 9 – Abergements supérieurs kit A-2

Figure 10 – Ensemble d'abergement latéral pour kit TN-1

ABERGEMENT SUPERIEUR : identique à celui du kit TS-2, cf. Figure 7

ABERGEMENT ANGLE SUPERIEUR (côté droit)

ABERGEMENT ANGLE SUPERIEUR (côté gauche)

SUPPORT TUILES ET FEUILLARD : identique à celui du kit TS-2, cf. Figure 7

Figure 11 – Abergements supérieurs kit TN-1

AGRAFE CROCHET

CROCHET LONG ET FEUILLARD

Figure 12 – Crochets (voir texte § 2.2.3.4.5)

Figure 13 – Principe de câblage

Exemple d'un micro-onduleur par module

Exemple d'un micro-onduleur multi-module
(les étriers ne doivent pas être fixés sur des lattes en porte-à-faux)

Respecter les consignes de distances de ventilation du fabricant du micro-onduleur par rapport à l'écran souple de sous-toiture et au laminé du module photovoltaïque.

Assurer le cheminement des câbles sous le système de montage des modules.

La société GSE INTEGRATION assure une assistance technique pour la définition de la mise en œuvre selon le modèle de micro-onduleur.

Figure 14 – Exemples de mise en œuvre de micro-onduleurs

Figure 15 – Contrôle de la planitude

Tolérance : ± 2 mm

Longueur de module (mm)	Côte premier rang double et rang double suppl. (mm)	Côte premier rang et rang suppl. (mm)	Demi-Ajustement (mm)	Chevauchement plaques (mm)
$L_M \leq 1\ 650$	1 650	830	0	160
$1\ 650 \leq L_M \leq 1\ 760$	L_M	$(L_M + 10)/2$	$(L_M - 1\ 650)/2$	$160 - (L_M - 1\ 650)/2$

Figure 16 – Support et recouvrement des plaques polypropylène –plaques DPo_1650_xxx

tolérance : ± 2 mm

Longueur de module (mm)	Côte premier rang double et rang double supplémentaire (mm)	Côte premier rang et rang supplémentaire (mm)	Demi Ajustement (mm)	Chevauchement plaques (mm)
$L_M \leq 1\ 840$	1 840	925	0	160
$1\ 840 \leq L_M \leq 1\ 900$	L_M	$(L_M + 10)/2$	$(L_M - 1\ 840)/2$	$160 - (L_M - 1\ 840)/2$

Figure 17 – Support et recouvrement des plaques polypropylène – plaque DPo_1840_XXX

Emboitement des plaques et réglage du recouvrement :

Fixation de la plaque au niveau des points fixes et points dilatant :

Attention à bien positionner la vis au centre du prépercement.

Figure 18 – Pose de plaques polypropylène

Placez la 1ère ligne de modules sur les supports
Le module se pose sur les 2 plots supérieurs afin d'être maintenu

1 Coller la cale EPDM sous l'étrier

2 Enfiler la vis une première fois et la retirer

3 Répéter l'action une seconde fois pour enlever le surplus de matière

4 Visser votre étrier à son emplacement

Figure 19 – Pose des modules

Bridage du module	8 ≤ Y ≤ 13,5 mm
Écrasement du joint	Z = 0,4 mm
Épaisseur du module	B = 30 ou 35 mm
Épaisseur plots	A = 14 mm

Figure 20 – Exemples de chaines de cotes de l'écrasement du joint EPDM sous les étriers

Cotes bridage module d'épaisseur de cadre 30 mm

Cotes bridage module d'épaisseur de cadre 35 mm

Figure 20 bis –Chaines de cotes de l'écrasement du joint EPDM sous les étriers (suite)

Coupes de l'espace intermodule dans le sens de la pente :

Figure 21 – Positionnement des modules verticalement et en haut de champ

Figure 22 – Mise en œuvre du bas de champ (kit TS-2)

POSE DES CROCHETS LONGS (tous kits) :

Figure 23 – Pose des abergements supérieurs (kit TS-2)

Partie supérieure du couloir :

Figure 24 – Pose des abergements latéraux (kit TS-2)

Figure 25 – Pose des appuis de tuiles (kit TS-2)

Figure 26 – Pose de la mousse triangulaire (kit TS-2)

Figure 27 – Mise en place des éléments de couverture (kit TS-2)

Figure 28 – Éléments du kit TS-2 mis en œuvre

Figure 29 – Mise en œuvre du bas de champ (kit A-2)

Figure 30 – Pose des abergements supérieurs (kit A-2)

Abergements latéraux

Noquets

Figure 31 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs (kit A-2)

➢ Découpage et pliage des abergements d'angles:

Découper la partie supérieure
(si besoin)

Plier la patte inférieure

Plier de l'aileron
(à mi hauteur, de façon
Faire un pli à 180°)

Figure 31 (suite) – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs (kit A-2)

A-A (1:2)

B-B (1:4)

Figure 32 – Mise en place des éléments de couverture (kit A-2)

Figure 33 – Éléments du kit A-2 mis en œuvre

Figure 34 – Pose de la fonçure (kit TN-1)

Figure 35 – Mise en œuvre du bas de champ (kit TN-1)

Figure 36 – Pose des abergements supérieurs (kit TN-1)

POSE DES ANGLES INFERIEURS :

POSE DES COULOIRS LATERAUX :

Figure 37 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs (kit TN-1) 1/2

POSE DES ABERGEMENTS LATERAUX :

POSE DES ANGLES SUPERIEURS :

Figure 37 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs (kit TN-1) 2/2

POSE DES APPUIS DE TUILES :

RECOUVREMENTS :

Figure 38 – Mise en place des éléments de couverture (kit TN-1)

Figure 39 – Éléments du kit TN-1 mis en œuvre

A : Dévisser l'ancien étrier, retirer le module et retirer la cale sous-jacente

B : Visser une vis CAPINOX à l'endroit de l'ancien perçage en ayant préalablement placé une nouvelle cale en bois (ou en polypropylène s'il s'agit du bord de champ) sous l'onde

C: Effectuer un nouveau pré-percement de 10mm décalé de 25 mm au-dessus de l'ancienne position

D : Placer le module et fixer les nouveaux ensembles (étrier + joint EPDM + vis CAPINOX).

Figure 40 – Remplacement de module (exemple en bord de champ)