

Avis Technique 21/15-50

Annule et remplace l'Avis Technique 21/12-26

Module photovoltaïque verre/polymère mis en œuvre en toiture

Procédé photovoltaïque

Photovoltaic panel

Photovoltaikpanel

"Tuiles PV" et "Ardoises PV" modèle Standard

Titulaire : CAPTELIA
ZAC Chavanne - 3 Impasse de Chavanne
FR-69400 ARNAS
Tél. : 04 74 67 82 88
Fax : 04 69 96 26 87
E-mail : contact@captelia.fr
Internet : www.captelia.fr

Distributeur : IMERYS T.C.
1 rue des Vergers
BP 22 Parc d'activités de Limonest
FR-69579 LIMONEST Cedex
Tél. : 04 72 52 02 72
Fax : 04 72 17 08 54
E-mail : contact.solaire@imerys.com
Internet : www.imerys-solaire.com

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 23 juillet 2015



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 29 janvier 2015, le procédé photovoltaïque "Tuiles PV" et "Ardoises PV" modèle Standard, présenté par la société CAPTELIA. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne. Il annule et remplace l'Avis Technique 21/12-26.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpente en bois avec liteaux, en remplacement de petits éléments de couverture (*ardoises et tuiles*).

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

Il intègre :

- un(des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 66 et 72 Wc, muni(s) d'un châssis monté en usine (*permettant la mise en œuvre en toiture*), constituant la(les) tuile(s) ou l'(es) ardoise(s) photovoltaïque(s),
- des accessoires de montage supplémentaires sous forme de kits (*fonction des éléments de couverture avoisinants*) permettant une mise en œuvre en mode "paysage".

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

1.2 Identification

La marque commerciale et la référence du module photovoltaïque non cadré 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.

Les "Tuiles PV" et "Ardoises PV" et leurs accessoires sont identifiables par leurs géométries particulières et sont référencés, lors de leur livraison, par une étiquette présente sur les cartons les contenant et par une fiche présente dans ces mêmes cartons.

2. AVIS

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.

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi proposé au § 1.2 du Dossier Technique, restreint aux dispositions énoncées dans le § 2.222 "Sécurité en cas de séisme" du présent Avis.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques associés à leur châssis 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.

2.22 Aptitude à l'emploi

2.221 Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C 15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de - 40 °C à 90 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, 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 associés à leur châssis sont certifiés d'une classe d'application A selon la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II jusqu'à 1 000 V DC.

Les connecteurs utilisés (*entre modules et pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur*), ayant un indice de protection IP 67, sont des connecteurs débouchables au moyen d'un outil 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 spécifiques (*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.

L'utilisation de cosses Faston simples ou doubles insérées dans des pattes réparties sur le châssis des "Tuiles PV" et "Ardoises PV" pour un raccordement en peigne des masses métalliques de l'installation permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

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.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

Le tableau suivant recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

CAP-CNPV-66P ou M-16	66 Wc
CAP-CNPV-68P ou M-16	68 Wc
CAP-CNPV-70P ou M-16	70 Wc
CAP-CNPV-72P ou M-16	72 Wc
CAP-SXTEC-66-P	66 Wc
CAP-SXTEC-68-P	68 Wc
CAP-SXTEC-70-M	70 Wc
CAP-SXTEC-72-M	72 Wc

2.222 Fonction couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
 - sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*) :
 - 2 333 Pa pour le modèle Standard de "Tuile PV" ;
 - 2 766 Pa pour le modèle Standard d'"Ardoise PV".
 - 2 142 Pa sous charge de vent normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- de la fixation du champ photovoltaïque uniquement sur des liteaux neufs répondant aux préconisations du Dossier Technique (§ 8.57),
- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques définies dans le tableau 3 du Dossier Technique,
- de l'adéquation de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" avec les tuiles ou ardoises de la couverture au regard du *Tableau 2* du Dossier Technique.

Sécurité en cas de séisme

Les applications du procédé sont limitées :

- en zone de sismicité 1, aux bâtiments de catégories d'importance I à IV,
- en zone de sismicité 2 :
 - aux bâtiments de catégories d'importance I et II,
 - aux bâtiments scolaires simples remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés",
- en zones de sismicité 3 et 4 :
 - aux bâtiments de catégorie d'importance I,
 - aux bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés".

Les zones de sismicité et les catégories d'importance des bâtiments mentionnées ci-dessus s'entendent 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".

Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique (*avec notamment la limitation de la longueur de rampant de la toiture projetée horizontalement à 9 m maximum*), la réalisation d'un présiliconage des rivets multiserrage avant montage sur les éléments du châssis, la mise en œuvre d'abergements spécifiques aux éléments de couverture avoisinants, et les retours d'expérience permettent de considérer l'étanchéité à l'eau satisfaisante.

Risques de condensation

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

Ventilation de la toiture

La mise en œuvre des "Tuiles et Ardoises PV" telle que décrite dans le Dossier Technique et dans les notices de montage ne vient pas perturber la ventilation naturelle de la toiture qui doit être conforme au(x) DTU concerné(s).

Sécurité au feu

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

Les critères de réaction et de résistance au feu, ainsi que le comportement au feu extérieur de toiture, prescrits par la réglementation doivent être appliqués en fonction du bâtiment concerné.

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

Sécurité des usagers

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

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 ».

2.223 Données environnementales et sanitaires

Aspects environnementaux

Il n'existe pas de PEP (Profil Environnemental des Produits) ou FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire) pour ce produit. Il est rappelé que le PEP ou la FDES n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

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 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.

Prévention, maîtrise des accidents et maîtrise de la mise en œuvre et de l'entretien

Le joint mastic-colle Sikaflex Pro 11 FC dispose d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce produit sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port des Equipements de Protection Individuels (EPI).

2.23 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 le Dossier Technique, la durabilité de cette indure peut être estimée comme satisfaisante.

2.24 Fabrication et contrôle

Les contrôles internes de fabrication systématiquement effectués dans les usines de fabrication du module photovoltaïque et des châssis de montage ainsi que dans les usines d'assemblage, permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication du procédé photovoltaïque.

2.25 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des entreprises obligatoirement averties des particularités de pose de ce procédé (*disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences en génie électrique pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques*) 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.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

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.

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 est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

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 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.

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guides UTE C 15-712, guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec et « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » édité par l'ADEME et le SER.

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.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

La notice de montage, comprenant l'annexe de consignes de sécurité et de préparation chantier et l'annexe de notice de câblage PV doit être fournie avec le procédé.

2.322 Installation électrique

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

2.323 Mise en œuvre

Chaque mise en œuvre requiert une vérification préalable des éléments de couverture avoisinants pour vérifier leur adéquation avec les "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" selon le *Tableau 2* du Dossier Technique.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 2.222 "Stabilité" et "Sécurité en cas de séisme" doivent être respectées.

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 homologation ou certification conforme aux préconisations du Dossier Technique (§ 3) avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1. Il doit être mis en œuvre jusqu'à l'égout conformément aux dispositions définies au § 8.51 du Dossier Technique.

La mise en œuvre des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" ainsi que les interventions d'entretien et de réparation doivent être assurés par des installateurs ayant les compétences requises en couverture et en génie électrique conformément au Dossier Technique (cf. § 8.2).

Il est nécessaire de noter que la mise en œuvre requiert une attention particulière afin d'éviter tout ombrage entre les "Tuiles PV" ou "Ardoises PV". Il convient à ce titre de respecter le tableau 4 du Dossier Technique.

En cas de bris de glace ou d'endommagement d'une "Tuile PV" ou "Ardoise PV", un remplacement de cette "Tuile PV" ou "Ardoise PV" défectueuse doit être réalisé dans les plus brefs délais.

2.324 Assistance technique

Les sociétés CAPTELIA et IMERYS sont tenues d'apporter leur assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31 janvier 2020.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président

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 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,
 - 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 le fait que dans le cas d'une mise en œuvre avec larmiers souples en plomb, elle doit être réalisée impérativement avec le mastic-colle Sikaflex Pro 11 FC tel que préconisé dans le Dossier Technique.

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.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpente en bois avec liteaux, en remplacement de petits éléments de couverture (*ardoises et tuiles*).

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

Il intègre :

- Un(des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 66 et 72 Wc, muni(s) d'un châssis monté en usine (*permettant la mise en œuvre en toiture*), constituant la(les) tuile(s) ou l'(es) ardoise(s) photovoltaïque(s),
- Des accessoires de montage supplémentaires sous forme de kits (*fonction des éléments de couverture avoisinants*) permettant une mise en œuvre en mode "paysage".

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

Sa dénomination commerciale est "Tuiles PV" modèle Standard (TPVS) ou "Ardoises PV" modèle Standard (APVS) selon la nature des éléments de couverture avoisinants : tuiles ou ardoises.

Les "Tuiles PV" se déclinent en 2 châssis en fonction du pureau "p" des tuiles de couverture avoisinantes : châssis TPVS si $p < 375$ mm et châssis TPVS10 si $p \geq 375$ mm.

Les kits formant les accessoires de montage peuvent être de différents types pour s'adapter aux éléments de couverture avoisinants :

- Kit FAG : pour tuiles FAiblement Galbées (*galbe ≤ 40 mm*) dont le pureau est compris entre 340 et 410 mm,
- Kit FOG10 : pour tuiles FORtement Galbées (*galbe > 40 mm, typiquement 10 tuiles/m²*) dont le pureau est compris entre 375 et 410 mm ou inférieur à 340 mm, ou pour tuiles canal,
- Kit FOG13 : pour tuiles FORtement Galbées (*galbe > 40 mm, typiquement 13 tuiles/m²*) dont le pureau est compris entre 340 et 375 mm,
- Kit PP : pour tuiles à Pureau Plat (ce kit ne peut se poser que jusqu'à l'égout),
- Kit PM : pour tuiles Petits Moules, c'est-à-dire tuiles faiblement galbées (*galbe ≤ 40 mm*) dont le pureau est < 340 mm,
- Kit TP : pour Tuiles Plates 17 x 27 d'épaisseur ≥ 10 mm. Pour les autres formats de tuiles plates, des noquets latéraux spécifiques peuvent être fournis. Les autres éléments du kit ne changent pas.
- Kit Ard : pour Ardoises 32 x 22, d'épaisseur < 6 mm. Pour les autres formats d'ardoises, des noquets latéraux spécifiques peuvent être fournis. Les autres éléments du kit ne changent pas.

Le *Tableau 5* indique les associations possibles entre châssis, kits d'accessoires de montage et éléments de couverture avoisinants.

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France européenne :
 - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
 - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie, sans agression chimique ou biologique.
 - Mise en œuvre :
 - 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,
 - exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture (*couvertures ardoises et tuiles conformes aux DTU 40.11, 40.13, 40.21, 40.211, 40.22, 40.23, 40.24, 40.241 et 40.25*).
- Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU des séries 40.1 et 40.2 concernés (*notamment pour la pente, la longueur de rampant et la présence ou non d'un écran de sous-toiture*),
- au-dessus d'un écran de sous-toiture,

- avant toute mise en œuvre du procédé avec un nouvel élément de couverture, il est indispensable de vérifier auprès de CAPTELIA la compatibilité du procédé avec les tuiles ou ardoises de couverture avoisinantes et de prendre connaissance des kits d'accessoires de montage et spécificités de mise en œuvre associées : CAPTELIA tient à disposition des installateurs un tableau de compatibilité des tuiles et ardoises de couverture avoisinantes. Celui-ci est mis à jour dès que la compatibilité d'une nouvelle tuile ou ardoise de couverture est validée. Ce tableau indique, pour chaque modèle de tuile et ardoise de couverture, les caractéristiques des éléments de couverture, le(s) modèle(s) de "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" compatible(s), la date de validation, et des observations particulières de mise en œuvre. Le *Tableau 2* liste les modèles de tuiles et ardoises de couverture validés par CAPTELIA.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
 - les épaisseurs minimales des liteaux et les distances maximales entre chevrons sont définies dans le *Tableau 3*,
 - le *Tableau 4* définit, en fonction des latitudes et des pentes de toiture, le pureau des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" minimum à respecter. Ce pureau minimum permet d'éviter l'ombrage des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" entre elles,
 - des versants dont la pente, imposée par la toiture, est comprise entre 20 % (11°) et 214 % (65°) dans le cas des kits FOG, FAG, PP, TP et Ard, et entre 30 % (17°) et 214 % (65°) dans le cas du kit PM. De plus, la pente doit respecter les dispositions définies par les DTU de la série 40 correspondant aux éléments de couverture avoisinants avec prise en compte des dispositions énoncées dans les éventuels Documents Techniques d'Application ou Avis Techniques de ces éléments de couverture.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
 - en mode "paysage",
 - en partie partielle de toiture. Il est toutefois possible de raccorder le champ photovoltaïque à l'égout et au faitage. Le kit PP est obligatoirement mis en œuvre jusqu'à l'égout. Un rang de tuiles ou d'ardoises de couverture minimum doit être conservé en rives latérales,
 - sur des longueurs de rampants de toiture projetées horizontalement de 9 m maximum,
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (selon les règles NV65 modifiées) n'excédant pas :
 - 2 333 Pa pour le modèle Standard de "Tuile PV",
 - 2 766 Pa pour le modèle Standard d'"Ardoise PV",
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (selon les règles NV65 modifiées) n'excédant pas 2 142 Pa.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le *Tableau 1* précise les atmosphères extérieures permises.

2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "Tuiles PV" et "Ardoises PV" modèle Standard est l'association d'un module photovoltaïque non cadré (*Figure 1* et *Figure 2*), muni d'un châssis spécifique monté en atelier constituant une "Tuile PV" (*Figure 3*) ou "Ardoise PV" (*Figure 4*), et de kits d'accessoires de montage fonction des éléments de couverture avoisinants lui permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société CAPTELIA.

2.1 Modules photovoltaïques

Deux modules photovoltaïques différents peuvent être utilisés avec le procédé :

- Les modules photovoltaïques CAP-CNPV-xxP/M-16 (*Figure 1*) fabriqués par la société CNPV dont la dénomination commerciale se décline en fonction de la nature des cellules polycristallines (P) ou monocristallines (M) et en fonction de la puissance crête "xx" allant de 66 Wc à 72 Wc par pas successifs de 2 Wc.
- Les modules photovoltaïques CAP-SXTEC-xx-P/M (*Figure 2*) fabriqué par la société Soluxtec dont la dénomination commerciale se décline en fonction de la nature des cellules polycristallines (P) ou monocristallines (M) et en fonction de la puissance crête "xx" allant de 66 Wc à 68 Wc pour les modules P ou de 70 Wc à 72 Wc pour les modules M, par pas successifs de 2 Wc.

Les références de tous les composants suivants ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

2.11 Film polymère

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16
 - Composition : à base de PET (*Polyéthylène téréphthalate*) entre deux couches de PVF (*Polyfluorure de vinyle ou Tedlar*).
 - Épaisseur : (0,32 ± 0,03) mm.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M
 - Composition : à base de trois couches, polyester non fluoré / PET modifié / primaire EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) côté cellules.
 - Épaisseur : (0,30 ± 0,03) mm.

2.12 Cellules photovoltaïques

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

Les cellules de silicium utilisées ont les caractéristiques suivantes :

 - Technologie des cellules : polycristalline ou monocristalline.
 - Dimensions : (156 ± 0,5) mm x (156 ± 0,5) mm.

Elles sont connectées en une seule série de 16 cellules et réparties en 2 lignes de 8 cellules selon la configuration suivante :

 - distance minimale entre cellules : 2 mm,
 - distance minimale au bord supérieur : (31 ± 2) mm,
 - distance minimale au bord inférieur : (10 ± 1) mm,
 - distance minimale aux bords latéraux : (27,5 ± 1) mm.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M

Les cellules de silicium utilisées ont les caractéristiques suivantes :

 - Technologie des cellules : polycristalline ou monocristalline.
 - Dimensions : (156 ± 0,5) mm x (156 ± 0,5) mm.

Elles sont connectées en une seule série de 16 cellules et réparties en 2 lignes de 8 cellules selon la configuration suivante :

 - distance minimale entre cellules : 2 mm,
 - distance minimale au bord supérieur : (31 ± 2) mm,
 - distance minimale au bord inférieur : (10⁺⁵) mm,
 - distance minimale aux bords latéraux : (27,5 ± 3) mm.

2.13 Collecteurs entre cellules

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en alliage d'étain, de plomb et d'argent.

2.14 Intercalaire encapsulant

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

Résine à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de 0,38 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M

Résine à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de 0,46 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.15 Vitrage

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16
 - Nature : verre à faible teneur en fer, imprimé et trempé conforme à la norme EN 12150,
 - Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm,
 - Dimensions : (1 317 ± 1,5) mm x (355 ± 1,5) mm.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M
 - Nature : verre à faible teneur en fer, imprimé et trempé conforme à la norme EN 12150,
 - Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm,
 - Dimensions : (1 317⁻²⁺¹) mm x (355^{-2°}) mm.

2.16 Constituants électriques

2.161 Boîte de connexion

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

Une boîte de connexion est collée avec du silicone en sous-face du module. Cette boîte de connexion est fournie avec une diode bypass (*voir § 2.162*) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules. Elle peut provenir de 2 fabricants différents :

- TE Connectivity : de dénomination commerciale Slim Junction Box 12A, elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (78 x 52 x 15,5) mm.
- Ningbo Zhonghuan : de dénomination commerciale PV-ZH011C, elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (62 x 47 x 15) mm.

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
 - Indice de protection : IP 67,
 - Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
 - Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 12 A,
 - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M

Une boîte de connexion de dénomination commerciale PV-JM826 (*d'un fabricant référencé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) est collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (92 x 60 x 15,7) mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec une diode bypass (*voir § 2.162*) et permet le raccordement aux câbles qui permettent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

 - Classe II de sécurité électrique,
 - Indice de protection : IP 67,
 - Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
 - Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 18 A,
 - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
 - Certificat n°R50277725 du TÜV selon la norme EN 50548:2011.

2.162 Diodes bypass

Une diode bypass est implantée dans chaque boîte de connexion des modules.

Elle protège la série de 16 cellules connectées à l'intérieur des modules.

Elles permettent de limiter les échauffements dus aux ombrages sur le module en basculant le courant sur le module suivant et évitent ainsi le phénomène de "point chaud".

2.163 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de (1,00 ± 0,02) mm 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 (*voir § 2.164*).

Des rallonges de câbles électriques 1/3/4/5/8/12 m de section 4 mm² prééquipés en usine des connecteurs adaptés (*voir § 2.164*) permettent de faire les liaisons entre les colonnes.

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16
 - Classe II de sécurité électrique,
 - Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 90 °C,
 - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 55 A ou 68 A,
 - Tension assignée : ≥ 1 000 V,
 - Double isolation,
 - Certificats n°R60021060 et n°R50203086 du TÜV selon les spécifications 2 PFG 1169/08.07.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M
 - Classe II de sécurité électrique,
 - Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 90 °C,
 - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 53 A,
 - Tension assignée : 1 000 V,
 - Double isolation,
 - Certificat n°R50205246 du TÜV selon les spécifications 2 PFG 1169/08.07.

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*).

2.164 Connecteurs électriques

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débrochables au moyen d'un outil, préassemblés en usine aux câbles des modules. Ils peuvent provenir de 2 fabricants différents :

- TE Connectivity :

De type Solarlok, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 25 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
- Résistance de contact : 1 mΩ,
- Certificat n°R60025797 du TÜV selon la norme EN 50521:2008.

- Ningbo Zhonghuan :

De type PV-ZH202, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
- Résistance de contact : ≤ 0,5 mΩ,
- Certificat n°R50117542 du TÜV selon la norme EN 50521:2008.

• Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débroschables au moyen d'un outil, préassemblés en usine aux câbles des modules. Du fabricant MultiContact et de type MC4, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- Résistance de contact : 0,5 mΩ,
- Certificat n°R60028286 du TÜV selon la norme EN 50521:2008.

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 se faire, la liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (*pour les connexions entre séries de modules et onduleur*) se fait au travers des rallonges (*voir § 2.163 et § 8.42*). Dans le cas de ce procédé, il y a lieu de le faire notamment pour la liaison au coffret DC dont la liaison est réalisée au moyen de connecteurs SUNCLIX fournis avec le coffret DC.

2.165 Connecteurs de liaison équipotentielle des masses

La liaison équipotentielle entre "Tuiles PV" ou entre "Ardoises PV" est réalisée au moyen de câbles de terre (*vert/jaune*) HO7VK de section conforme aux guides UTE C 15-712 et de longueur supérieure ou égale à 0,55 m (*interlignes*) ou supérieure ou égale à 1,6 m (*inter colonnes*).

Ces câbles sont pré-équipés à chaque extrémité de cosses type FASTON (*simples et doubles*) bimatières pré-étamées. Ces cosses sont insérées dans l'une des pattes prévues sur le châssis de chaque "Tuile ou Ardoise PV" en partie supérieure au droit de la sortie des câbles électriques (*voir § 2.211 et § 8.42*). Les cosses doubles permettent de débrancher un châssis sans rompre la continuité des câbles.

Le câble principal de liaison du champ photovoltaïque vers l'habitation doit être raccordé à une barrette de terre côté habitation.

2.2 Système de montage

2.21 Châssis de montage

2.211 Eléments constitutifs du châssis

Les châssis sont de géométrie différente en fonction des versions "Tuile PV" (*Figure 3*) ou "Ardoise PV" (*Figure 4*). Le châssis Tuile se décline en 2 types : TPVS et TPVS10, ce dernier étant destiné à l'association avec des tuiles à relief de pureau supérieur à 375 mm. Les châssis sont composés :

- d'un cadre support des châssis en aluminium EN AW-1050 d'épaisseur 1 mm. Ce cadre dispose de 2 passages de câble sur le retour en partie supérieure du châssis dans le cas de la version Tuile et sur 2 bossages de 10,5 mm de hauteur en fond de châssis dans le cas de la version Ardoise. Il comporte également 4 bossages de 3 mm de haut pour la fixation des profilés de maintien et à l'endroit des 3 fixations des châssis sur liteau ;

- de 4 profilés de maintien arrière du module et de liaison interpanneau en aluminium EN AW-6106 d'épaisseur 2 à 4 mm et de largeur 25 mm (*Figure 5*) destinés à maintenir le haut des modules et à assurer une liaison avec le châssis supérieur ;

- de 4 pattes de maintien avant du module en aluminium EN AW-6106 d'épaisseur 4 mm pour la version Tuile et en inox 1.4301 d'épaisseur 3 mm pour la version Ardoise et de largeur 25 mm (*Figure 6*) destinées à maintenir le bas des modules ;

- d'un joint de module par point de maintien du module (*4 en haut et 4 en bas*) en EPDM de 25 mm de largeur et de dureté 70 ShA (*Figure 7*) ;

- d'un tube rectangulaire de section (20 x 35) mm et de longueur 25 mm en aluminium EN AW-6060 d'épaisseur 1,5 mm (*uniquement pour la version Tuile*) destiné à supporter les pattes de maintien avant du module ;

- de 2 butées sur liteau en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 1,5 mm destinées à caler les châssis sur les liteaux en sous face des châssis ;

- de 2 passe-câble par châssis, en EPDM, destinés à boucher les perforations du châssis pour le passage des câbles (*Figure 8*). Ils sont d'indice IP 67 ;

- d'une ou deux bande(s) en mousse PVC d'épaisseur 3 mm sur une largeur de 1 280 mm pour la version Tuile et 1 330 mm pour la version Ardoise. Elles sont disposées en sous-face du châssis en partie basse et sont destinées à protéger l'appui d'une "Tuile ou Ardoise PV" supérieure au-dessus de la "Tuile ou Ardoise PV" inférieure.

Le châssis TPVS10 est identique au châssis TPVS à l'exception (*Figure 9*) :

- d'un méplat en inox, inséré en usine dans des logements entre le fond de châssis, les tubes rectangulaires et les pattes de maintien avant du module. Il est destiné à diminuer le moment de l'effort appliqué sur les profilés de liaison interpanneau,

- d'une tôle décor en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 0,6 mm minimum prélaquée (voir § 2.22 pour le revêtement) permettant de boucher l'espace entre le châssis supérieur et le module inférieur et de conserver l'écoulement principal de l'eau en surface des modules.

Le cadre support des châssis est équipé en partie supérieure d'une patte pour effectuer les liaisons équipotentielles des masses.

2.212 Fixations des éléments constitutifs du châssis

Tous les éléments des châssis sont fixés en usine au moyen de rivets multiserrage 4,8 x 10 à corps aluminium poli et tige en acier zingué (*galvanisation à chaud de 5 µm d'épaisseur*), de 160 daN minimum de résistance à l'arrachement, sauf les pattes de maintien avant des châssis Tuile (*rivets visibles*) fixées au moyen de rivets aluminium prélaqué RAL 7016 4,8 x 10 de 160 daN minimum de résistance à l'arrachement. Les rivets de fixation sont au nombre de :

- 2 rivets pour la fixation des profilés de maintien arrière de tous les châssis, pour les tubes des châssis Tuile et pour les pattes de maintien avant des châssis Ardoise,
- 1 rivet pour les pattes de maintien avant des châssis Tuile et pour les butées sur liteau de tous les châssis.

Afin de renforcer leur étanchéité, même s'ils ne sont pas dans le passage d'eau, les fixations par rivet multiserrage des profilés arrière sur les bossages en fond de châssis sont présiliconées à l'aide d'un mastic silicone à base de polysiloxanes avant montage.

2.213 Dispositifs de fixation du module sur le châssis

Le module est maintenu par les 4 profilés de maintien arrière du module et de liaison interpanneau (voir § 2.211) en partie supérieure, avec 8 mm de prise en feuillure, et par les 4 pattes de maintien avant du module (voir § 2.211) en partie inférieure, avec 8 mm de prise en feuillure.

L'écoulement de l'eau se fait principalement en surface des modules. Les fuites éventuelles sont récupérées par le fond des châssis. L'espace entre le fond de châssis et le module est de 20 mm pour la version "Tuile PV" et de 15 mm pour la version "Ardoise PV".

2.214 Dispositifs de liaison interpanneau

Les 4 profilés de maintien arrière du module et de liaison interpanneau sont aussi destinés à permettre la liaison avec la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" supérieure.

Les longueurs d'emboîtement minimum et maximum de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" supérieure dans les pattes de liaison interpanneau de la "Tuile ou Ardoise PV" inférieure sont de 30 et 65 mm pour la version Tuile TPVS, 26 et 61 mm pour la version Tuile TPVS10, et 36 et 56 mm pour la version Ardoise.

2.22 Accessoires de montage

Les kits d'accessoires de montage permettent l'adéquation du châssis aux différentes familles d'éléments de couverture avoisinants.

Pour des raisons esthétiques, les parties visibles (*côtés de châssis, tôles décor, couloirs, noquets*) sont prélaquées (*référence couleur RAL 7016, gris ou RAL 8004*) à l'aide d'une peinture à base de poudre polyester thermodurcissable d'épaisseur 70 µm certifiée de qualité Qualicoil® (*essais réalisés selon les tests de l'European Coil Coating Association*).

Les kits comportent (*le nombre des composants dépend du kit retenu et de l'implantation en toiture, voir Tableau 5 et Figure 10 à Figure 16*) :

- Des crochets d'égout en bas de champ photovoltaïque destinés à retenir le nez des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" en bas de champ (*2 crochets par châssis*), en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 3 mm. Ils disposent d'un joint EPDM collé en usine de 2 mm d'épaisseur en sous-face au niveau des trous de fixation.
- Un larmier souple ou un larmier rigide, destinés à assurer la jonction entre le bas du champ photovoltaïque et les éléments de couverture. Les larmiers souples sont des plombs laqués plissés ou structurés de 0,4 mm d'épaisseur ou tout autre accessoire de couverture bénéficiant d'un Avis Technique pour cet usage, et de largeur 300 mm ou 200 mm. Le larmier rigide est en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 0,6 mm minimum et de largeur 320 mm. Il dispose de pinces de 2 mm vers le haut et vers le bas respectivement à droite et à gauche.
- Une bavette d'étanchéité haute, de dimensions (1 480 x 350) mm, destinée à assurer la jonction entre le haut du champ photovoltaïque et les éléments de couverture. Elles sont en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 0,6 mm minimum. Elle dispose de pinces de 1,5 mm vers le haut et vers le bas respectivement à droite et à gauche. Pour les "Tuiles PV", elle dispose aussi d'une pince de 15 mm sur le bord supérieur.
- Des abergements intermédiaires pour les "Tuiles PV" en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 0,6 mm minimum destinés à réaliser les liaisons latérales entre les "Tuiles PV". Ils sont de géométrie similaire au couloir droit du kit FAG et de 180 mm de large. Les abergements intermédiaires sont prémontés en usine sur le châssis du côté droit (cf. *Figure 3*).
- Des abergements droit et gauche en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 0,6 mm minimum destinés à réaliser les liaisons latérales entre les tuiles de couverture (*à l'exception des tuiles plates*) et le champ photovoltaïque :
 - dans le cas des kits FAG et FOG, il s'agit de couloirs simples.
 - dans le cas du kit PM, les abergements sont en aluminium EN AW-3005 H44 et sont constitués d'un couloir soit solo, soit pour 3 "Tuiles PV", soit de haut de champ, disposant d'une remontée intermédiaire de 50 mm de haut.
 - dans le cas du kit PP, il s'agit d'un couloir en fronçure qui descend jusqu'à l'égout.
- Des noquets droit, gauche et intermédiaire en aluminium EN AW-5754 d'épaisseur 0,6 mm minimum destinés à réaliser les liaisons latérales entre les ardoises ou tuiles plates et le champ photovoltaïque ainsi qu'entre les "Ardoises PV" entre elle.
- Des agrafes en aluminium EN AW-1060 d'épaisseur 0,6 mm minimum pour la fixation des bavettes, noquets intermédiaires et couloirs au niveau des pinces présentes sur chacun d'eux.
- De façon optionnelle sur décision de la société Captelia en fonction de l'exploitation commerciale de l'installation, des joints d'abergement en EPDM cellulaire adhésif de dureté 38 à 58 ShA et de 3 mm d'épaisseur, collés en usine, destinés à canaliser l'eau sur les abergements.
- Des joints adhésifs en mousse de polyuréthane de polyester à cellules ouvertes (*mousse PU*) de forme triangulaire (*65 mm de hauteur, 30 mm de base*) destinés à éviter l'écoulement laminaire en concomitance vent / pluie sous les tuiles de couverture en haut du champ photovoltaïque.
- Des vis à bois à tête fraisée bombée Torx 4,5 x 35 (*pour des liteaux d'épaisseur supérieure à 20 mm*) ou 4,5 x 25, en inox A2, de la société Etanco, + rondelles étanches Vulca Inox (*acier inoxydable A2 + EPDM rigide vulcanisé*) diamètre 20 permettant de fixer les châssis et les crochets d'égout sur les liteaux, ainsi que les noquets intermédiaires.

3. Autres éléments

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un procédé 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 suivants, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé :

- Liteaux et planches en bois de classe d'emploi 2 selon le fascicule de documentation FD P20-651, de classement visuel ST II suivant la norme NF B 52 001-1 présentant une humidité inférieure à 20 %. Ils sont destinés à remplacer des liteaux existants et à réaliser l'assise des larmiers en bas de champ. Les essences préconisées sont le pin laricio, le pin maritime et le pin sylvestre, devant être purgés d'aubier et sans traitement.
- Vis destinées à fixer les liteaux sur les chevrons, de résistance à l'arrachement Pk de 203 daN minimum ayant une profondeur d'ancrage de 50 mm minimum dans le chevron.
- Joint mastic-colle polyuréthane Sikaflex Pro 11 FC pour la mise en œuvre des bas de champ avec larmier souple en plomb.
- Dans le cas où l'écran de sous-toiture doit être rajouté, il doit être sous "Homologation Couverture" ou certification du CSTB avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1.

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Modules photovoltaïques

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

Un étiquetage, effectué par CNPV, est présent sur chaque module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16. Cet étiquetage en face avant et en face arrière est conforme à la norme NF EN 50380.

Les modules disposés verticalement dans des caisses en bois et protégés par des mousses intercalaires en PE sont conditionnés par 30 et livrés chez la société CAPTELIA.

- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M

Les modules sont conditionnés verticalement avec des intercalaires en carton, les coins protégés par une cale plastique, par 68 dans 2 cartons de 34 modules superposés sur palettes plastiques et sont livrés chez la société CAPTELIA. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de même nature et de même puissance.

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

L'étiquetage des modules permet d'établir la traçabilité du module lors de la fabrication et renvoie à l'ensemble des informations relatives aux caractéristiques électriques du module. Il est repris lors de l'assemblage afin de l'associer au châssis.

4.2 "Tuiles et Ardoises PV" et accessoires

Le conditionnement s'effectue dans des cartons par lot de 8 "Tuiles PV" ou 9 "Ardoises PV" maximum. Celles-ci sont protégées par des intercalaires en carton.

Les composants des kits d'accessoires de montage sont conditionnés dans des cartons identiques à ceux des "Tuiles PV" et "Ardoises PV" et protégés par des mousses.

Les larmiers souples sont conditionnés en rouleau de 5 m.

- Étiquetage du conditionnement :

Lors de l'assemblage du module sur son châssis, une étiquette avec le même code barre que celui du module associé, la date de production, le châssis associé et le nom de l'opérateur est éditée. Elle permet d'établir la traçabilité de la production et de l'assemblage des "Tuiles et Ardoises PV".

Ces étiquettes sont collées sur chaque "Tuile PV" ou "Ardoise PV" et sont scannées avant la mise en carton. Tous les cartons, une nouvelle étiquette comportant le détail de la composition de chaque carton est éditée. On trouve également sur chaque carton le type de modèle, et le nombre de modules contenus dans le lot. De plus, des pictogrammes indiquent qu'il s'agit de produits fragiles et qu'ils doivent être conservés à l'abri de l'humidité.

Par kit, un bon de livraison est édité précisant les références et les quantités de chaque composant.

Les codes barre sont destinés à assurer la traçabilité de la fabrication du module jusqu'à la livraison au client final.

Les cartons sont livrés sur palettes en bois, protégés par un film et sanglés. Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri des intempéries.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Les dimensions hors-tout des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV", leur pureau (*pureau longitudinal dans le sens du rampant*) et leur largeur utile (*pureau transversal dans le sens horizontal*) sont définis ci-dessous :

Modèle	"Tuile PV" Standard	"Ardoise PV" Standard
Dimensions du module	(1 317 x 355 x 4,5) mm	
Largeur hors-tout (sans couloir) (mm)	1 280	1 327
Largeur hors-tout (avec couloirs) (mm)	1 330 à 1 360	1 507 à 1 557
Hauteur hors-tout (mm)	499,5	496
Épaisseur hors-tout (sans / avec) butée (mm)	42 / 57	30 / 43
Masse (kg)	≈ 7	
Masse spécifique (kg/m ²)	12 à 15	
Largeur utile et pureau des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV"	"Tuile PV"	
	1 325 < Largeur utile < 1 355 mm 340 < pureau < 375 mm (TPVS) 375 < pureau < 410 mm (TPVS10)	
	"Ardoise PV"	
	1 330 < Largeur utile < 1 355 mm 335 < pureau < 355 mm	

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 L du champ (mm)	<ul style="list-style-type: none"> "Tuile PV" : <ul style="list-style-type: none"> - $L_{\text{mini}} = (NbX - 1) \times Kx + 1\ 365$ - $L_{\text{maxi}} = (NbX - 1) \times Kx + 1\ 500$ "Ardoise PV" : <ul style="list-style-type: none"> - $L_{\text{mini}} = (NbX - 1) \times Kx + 1\ 540$ - $L_{\text{maxi}} = (NbX - 1) \times Kx + 1\ 580$
Hauteur H du champ (mm)	<ul style="list-style-type: none"> "Tuile PV" : <ul style="list-style-type: none"> - Sans bavette ni larmier : $H = (NbY - 1) \times Ky + 500$ - Avec bavette et larmier : $H = 140 + (NbY - 1) \times Ky + 665$ - Avec bavette sans larmier : $H = (NbY - 1) \times Ky + 665$ "Ardoise PV" : <ul style="list-style-type: none"> - Avec bavette et larmier : $H = 120 + (NbY - 1) \times Ky + 660$
Poids de l'installation (kg/m ²)	entre 13 et 17

Avec :

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

Kx : la largeur utile des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV",

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

Ky : le pureau des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV".

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules photovoltaïques CAP-CNPV-xxP/M-16 et CAP-SXTEC-xx-P/M sont certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules photovoltaïques CAP-CNPV-xxP/M-16 et CAP-SXTEC-xx-P/M sont certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe II de sécurité électrique.

6.3 Performances électriques

Les performances électriques suivantes 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).

Module CAP-CNPV-xxP/M-16								
Technologie de cellules	poly				mono			
P_{mpp} (W)	66	68	70	72	66	68	70	72
U_{co} (V)	10,1	10,2	10,2	10,3	10,0	10,1	10,2	10,3
U_{mpp} (V)	8,05	8,10	8,25	8,35	8,25	8,40	8,45	8,60
I_{cc} (A)	8,75	8,85	9,00	9,15	8,80	8,95	9,00	9,15
I_{mpp} (A)	8,20	8,40	8,50	8,65	8,25	8,40	8,45	8,60
$\alpha T (P_{\text{mpp}})$ [%/K]	-0,40							
$\alpha T (U_{\text{co}})$ [%/K]	-0,30							
$\alpha T (I_{\text{cc}})$ [%/K]	0,05							
Courant inverse maximum (A)	20							

Module CAP-SXTEC-xx-P/M				
Technologie de cellules	poly		mono	
P_{mpp} (W)	66	68	70	72
U_{co} (V)	9,99	10,30	10,05	10,20
U_{mpp} (V)	8,1	8,30	8,35	8,45
I_{cc} (A)	8,96	9,02	9,15	9,20
I_{mpp} (A)	8,2	8,25	8,45	8,55
$\alpha T (P_{\text{mpp}})$ [%/K]	-0,44		-0,4	
$\alpha T (U_{\text{co}})$ [%/K]	-0,34		-0,35	
$\alpha T (I_{\text{cc}})$ [%/K]	0,05		0,03	
Courant inverse maximum (A)	16		16	

Avec :

P_{mpp} : Puissance au point de puissance maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de puissance maximum.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de puissance maximum.

$\alpha T (P_{\text{mpp}})$: Coefficient de température pour la puissance maximum.

$\alpha T (U_{\text{co}})$: Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.

$\alpha T (I_{\text{cc}})$: Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

7. Fabrication et contrôles

7.1 Modules photovoltaïques

- Module photovoltaïque CAP-CNPV-xxP/M-16

La fabrication des modules photovoltaïques CAP-CNPV-xxP/M-16 s'effectue sur le site de CNPV à Dongying City (*province de Shandong, Chine*) certifié ISO 9001:2008. La chaîne de fabrication commence depuis les cellules photovoltaïques jusqu'à leur assemblage en modules.

Les contrôles effectués au cours de la fabrication du module photovoltaïque portent sur les points suivants :

- Contrôle et tri électrique à 100 % des cellules photovoltaïques pour distribution par classe de puissance.
- Tous les autres composants matière sont décrits au travers d'une spécification. Les contrôles à réception sont réalisés en interne ou délégués aux fournisseurs s'ils sont certifiés ISO 9001.
- Contrôle opérateur lors de l'empilage des différents composants sur la base de modèles et d'instructions sur les postes de production.
- En sortie de lamination, un contrôle visuel et une mesure par électroluminescence sont effectués sur chaque module.
- Flash test de chaque module pour détermination de sa puissance crête ramenée sous conditions STC : les résultats sont enregistrés pour chaque numéro de série. La tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de $\pm 3\%$.

- Lors de l'étape du flash test, les soudures à l'intérieur de la boîte de connexion sont toutes contrôlées visuellement.
- Inspection visuelle de chaque module fini lors de la phase de nettoyage et d'emballage.
- Module photovoltaïque CAP-SXTEC-xx-P/M
La fabrication semi-automatique des modules photovoltaïques CAP-SXTEC-xx-P/M s'effectue sur le site de Soluxtec à Bitburg (Allemagne) certifié ISO 9001:2008.
Les contrôles effectués au cours de la fabrication du module photovoltaïque portent sur les points suivants :
 - Contrôle et tri électrique à 100 % des cellules photovoltaïques.
 - Test d'adhésion du soudage des cellules deux fois par jour.
 - Test de l'encapsulant par "gel content test" une fois par mois et à chaque changement de lot.
 - Flash test de chaque module pour détermination de sa puissance crête ramenée sous conditions STC : les résultats sont enregistrés pour chaque numéro de série. La tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de $\pm 3\%$.
 - Inspection visuelle de chaque module fini lors de la phase de nettoyage et d'emballage.

Au départ de la livraison, les registres de contrôle de chaque module sont envoyés à la société CAPTELIA permettant ainsi de retrouver toutes leurs caractéristiques électriques.

7.2 "Tuiles PV" et "Ardoises PV"

La société CAPTELIA a déposé au Secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques, la liste de ses fournisseurs et sous-traitants pour la fabrication des châssis de montage, leur assemblage avec les modules photovoltaïques et le conditionnement du procédé.

Les composants (*hors module photovoltaïque*) sont fabriqués par une société de tôlerie locale. Des contrôles dimensionnels (*épaisseur et dimensions des découpes dans la tôle, puis dimensions caractéristiques des pièces après leur mise en forme*) sont réalisés toutes les 100 à 250 pièces selon les composants.

L'assemblage des modules sur leur châssis se fait en partie sur le site de CAPTELIA à Arnas (69) et en partie chez un sous-traitant local.

Pendant l'assemblage, des contrôles visuels sont effectués par l'opérateur selon un plan de contrôle. Chaque "Tuile PV" et chaque "Ardoise PV" fait l'objet d'un contrôle unitaire visuel par un contrôleur qualité avant conditionnement.

CAPTELIA assure la traçabilité complète de la chaîne de fabrication allant du fournisseur de module au client final.

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage, un livret de consignes de sécurité et de préparation chantier, et un livret des principes de raccordement et de câblage photovoltaïque.

CAPTELIA ou IMERYS T.C. met à la disposition de ses clients un technicien pour accompagner à la réalisation au moins du premier chantier par type de "Tuile PV" et "Ardoise PV".

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.2 du présent Dossier Technique.

Les "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" peuvent être connectées en série, parallèle ou série/parallèle.

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, la présence ou non d'un écran de sous-toiture et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés soit par la société Captelia, soit par la société Imerys (cf. § 9).

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

- qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques,
- pour la partie couverture :
 - compétences en charpente et en couverture pour la mise en œuvre des "Tuiles PV" et "Ardoises PV",
 - habilitation électrique BP, au sens de la publication UTE C 18-510 ou équivalente, pour le raccordement des modules,
- pour les connexions électriques :

- compétences électriques pour la connexion et la mise en marche du champ photovoltaïque avec les organes de sécurité définis dans les guides UTE C 15 712 en vigueur,
- habilitation BR au sens de la publication UTE C 18-510 ou équivalente.

8.3 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. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (*dénommé dans la suite du texte "guide Promotelec"*) ou le « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installations de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » en vigueur édité par l'ADEME et le SER (*dénommé dans la suite du texte "guide ADEME-SER"*).

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.

8.4 Spécifications électriques

8.4.1 Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants: norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER ».

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. §.8.2).

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 V (liée à la classe II de sécurité électrique).

8.4.2 Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en *Figure 17*.

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

Avant la pose d'une "Tuile PV" ou d'une "Ardoise PV", il est nécessaire de tester la tension de celle-ci à l'aide d'un voltmètre : une tension de circuit ouvert doit être mesurée.

La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules (*de la gauche vers la droite puis du bas vers le haut*) avant leur fixation.

Les câbles électriques passent au travers du châssis à l'aide de passe-câbles positionnés lors de l'assemblage en usine pour assurer l'étanchéité de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV". Lors de la mise en œuvre, il convient de vérifier que ceux-ci sont bien positionnés (*Figure 18*).

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.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de mise à la terre doivent être mis en œuvre dans le même temps que la pose des modules. Grâce aux cosses, ils peuvent être fixés sur les pattes du châssis prévues à cet effet.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

Le passage des câbles doit se faire préférentiellement par le faitage si l'écran est interrompu avant le faitage, ou au niveau du premier recouvrement d'écran se situant juste au-dessus du champ photovoltaïque. Il est réalisé entre deux lés d'écran de sous-toiture de manière à ne pas le percer. Un recouvrement minimal de 100 mm à 200 mm doit être respecté en fonction de la pente de la toiture. Au niveau du passage des câbles sous le recouvrement entre les écrans, l'étanchéité doit être assurée par l'usage d'une bande adhésive d'étanchéité préconisée par le fabricant de l'écran de sous-toiture (*Figure 19*).

Le positionnement et le raccordement des câbles électriques doit se faire avant la fixation de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" sur la charpente. Les câbles doivent être fixés à la charpente à l'aide de serre-câbles sous les liteaux.

Les câbles doivent ensuite être acheminés dans des gaines techniques repérées et prévues à cet effet ou au travers des combles conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER » (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distinct...*).

L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur par l'électricien (*test de continuité*).

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

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, soit dans l'Avis Technique le concernant, soit dans le Cahier du CSTB n° 3651-V2 dans le cas d'un écran de sous-toiture sous "Homologation Couverture" ou certification du CSTB.

La *Figure 20* présente les possibilités d'implantation du champ photovoltaïque.

Avant toute mise en œuvre, l'adéquation du modèle de "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" avec les tuiles ou ardoises de couverture doit être vérifiée conformément au tableau de compatibilité (*voir § 1.2*).

Les chevrons ne doivent pas être espacés de plus que les valeurs indiquées dans le *Tableau 3*.

Les liteaux doivent avoir une section minimale indiquée dans le *tableau 3*. Les liteaux support des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" doivent être des liteaux neufs répondant aux préconisations les concernant (*non fournis, voir § 3*). Dans le cas d'une toiture existante, les liteaux d'origine situés sous le champ photovoltaïque doivent être remplacés en utilisant des liteaux neufs de même épaisseur.

Les fixations des liteaux sur les chevrons sous le champ photovoltaïque doivent être réalisées à l'aide de vis (*non fournies, voir § 3*).

8.52 Préparation de la toiture

Il convient de retirer les éléments de couverture sur la zone d'implantation du champ photovoltaïque (*voir § 5*) plus un rang d'éléments de couverture sur tout le pourtour du champ, puis de créer le lattage spécifique sous le champ photovoltaïque :

- Quel que soit le kit, si le pureau des éléments de couverture est compris entre les pureaux minimum et maximum des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV", le calepinage longitudinal est identique au calepinage des éléments de couverture (*1 ligne d'éléments de couverture = 1 ligne de "Tuiles PV" ou "Ardoises PV"*). Dans le cas contraire, le lattage spécifique au champ photovoltaïque est mis en œuvre sur toute la surface du champ photovoltaïque de chevron à chevron. Il peut donc déborder sur le lattage des produits de couverture.
- Dans les cas des kits PM et TP, les liteaux du champ photovoltaïque sont doublés en hauteur avec des liteaux de 20 mm d'épaisseur.
- Dans le cas du kit PP, il convient de découper les liteaux des tuiles de couverture à 140 mm du châssis des "Tuiles PV", puis d'effectuer une fronce de 140 mm à l'aide d'une volige vissée de part et d'autre sous les liteaux (*volige de 200 mm et d'épaisseur 18 mm minimum*). Cette fronce sert à supporter les couloirs d'étanchéité du kit PP (*Figure 26d*). Dans cette configuration, le champ photovoltaïque descend systématiquement jusqu'à l'égout.

8.53 Pose du procédé

8.531 Pose du bas de champ

Pose à l'égout

Des crochets d'égout permettent de retenir les nez des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" en bas de champ (*Figure 21*). Dans le sens longitudinal, la distance entre la butée sur liteau de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" et le bas du crochet est de 395 mm en "Tuile PV" et de 350 mm en "Ardoise PV". Dans le sens transversal, 2 crochets sont positionnés par "Tuile PV" ou "Ardoise PV" avec un entraxe de 986 mm en face de chaque colonne de "Tuiles PV" ou "Ardoises PV". Chaque crochet d'égout est fixé au double liteau en bas de toiture par 2 vis avec rondelles étanches fournies (*voir § 2.22*). L'emboîtement d'une "Tuile PV" ou "Ardoise PV" dans ce crochet est de 20 mm minimum.

Les "Tuiles PV" et "Ardoises PV" étant dans le même plan longitudinal et transversal que les éléments de couverture, ils ne modifient en rien la mise en œuvre des gouttières.

Pose en plain carré sans larmier

Pour les éléments de couverture de type tuile mécanique dont la zone de recouvrement transversal est plane et si le recouvrement entre le champ photovoltaïque et l'élément de couverture est suffisant (*selon le DTU du produit de couverture et se référer au tableau de compatibilité*), deux liteaux superposés positionnés à 10 mm derrière la tuile de couverture permettent de positionner les crochets d'égouts (*Figure 21*). Les distances de positionnement des crochets sont identiques à celles de la pose à l'égout.

Les recouvrements transversaux sont détaillés *Figure 22a*. La mousse PVC de sous-face du châssis (*collée en usine*) en bas de la "Tuile PV" de bas de champ, vient en contact avec les tuiles de couverture.

Pose en plain carré avec larmier souple

Pour les tuiles de couverture (*pour les ardoises de couverture, un larmier rigide est utilisé, voir plus bas*) dont la zone de recouvrement transversal n'est pas plane ou n'est pas suffisante pour garantir l'étanchéité avec les "Tuiles PV" (*se référer au tableau de compatibilité*), ainsi que pour les tuiles plates, il est nécessaire de mettre en œuvre les larmiers souples en bas du champ photovoltaïque.

Pour la mise en œuvre des larmiers souples avec "Tuile PV" (*Figure 22b et Figure 23*), il est nécessaire de poser une volige de (h x 150) mm, h étant l'épaisseur des liteaux, pour supporter les tuiles coupées en bas de champ et une seconde volige de (27 x 150) mm pour supporter les nez des "Tuiles PV". Couper les tuiles de couverture en bas de champ au regard des préconisations données dans la *Figure 24*, à 10 mm de la volige et suivant un angle de 30°, et les coller à l'aide du mastic-colle polyuréthane Sikaflex Pro 11 FC. Le larmier est ensuite déroulé puis marouflé en suivant le galbe des éléments de couverture, en assurant un recouvrement sur les tuiles de couverture et sous les "Tuiles PV" d'au moins 120 mm. Latéralement, le larmier souple dépasse le champ photovoltaïque d'une demi-tuile minimum. Dans le cas des larmiers en plomb, réaliser un cordon continu de colle polyuréthane Sikaflex Pro 11 FC sur les éléments de couverture à 15 mm du bord du larmier.

Pour la mise en œuvre des larmiers souples avec "Ardoise PV" et tuiles plates (*Figure 22c*), 2 liteaux superposés positionnés à 10 mm derrière la tuile de couverture la plus haute permettent de positionner les crochets d'égouts. Le larmier est ensuite déroulé puis marouflé sur les tuiles de couverture, en assurant un recouvrement sur la première tuile de couverture d'au moins 155 mm et sur la tuile de couverture juste inférieure au moins égal au recouvrement selon le DTU de la tuile (*se référer au tableau de compatibilité*), et sous les "Ardoises PV" de 120 mm minimum. Latéralement, le larmier souple dépasse le champ photovoltaïque d'une demi-tuile minimum. Dans le cas des larmiers en plomb, réaliser un cordon continu de colle polyuréthane Sikaflex Pro 11 FC sur les éléments de couverture à 15 mm du bord du larmier.

Le positionnement des crochets d'égout est identique à celui de la pose à l'égout.

Pose en plain carré avec larmier rigide

Pour les ardoises de couverture, un larmier rigide livré avec le kit permet de simplifier le doublis de liaison en bas de champ photovoltaïque. Les larmiers sont insérés dans des crochets identiques à ceux utilisés pour les ardoises de couverture et mis en œuvre de droite à gauche à 80 mm du bord du champ photovoltaïque.

Les recouvrements transversaux sont détaillés *Figure 22c*.

Les recouvrements longitudinaux entre les larmiers sont d'au moins 140 mm. Les larmiers présentent une pince et contre-pince (2 mm) à ce recouvrement.

Le positionnement des crochets d'égout est identique à celui de la pose à l'égout. Leur fixation à l'aide de vis + rondelles étanches à travers le larmier est réalisée en face des repères matérialisés sur les larmiers (*coup de pointeau*).

8.532 Pose des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV"

La mise en œuvre est réalisée de gauche à droite puis de bas en haut.

Dans le sens longitudinal, les "Tuiles ou Ardoises PV" en bas du champ photovoltaïque viennent se glisser dans les crochets d'égout (*Figure 21*). Les "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" des lignes supérieures viennent se glisser sous les pattes de liaison interpanneau des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" de la ligne en dessous.

Les recouvrements transversaux sont détaillées *Figure 22*.

Des tenons (*butées sur liteau*) permettent de positionner la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" sur les liteaux. Celle-ci est ensuite vissée dans le liteau grâce à 3 vis + rondelles étanches fournies (*voir § 2.22*) au niveau des 3 empreintes sur bossage en fond de châssis.

Dans le sens transversal, les liaisons entre les "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" sont réalisées au moyen d'abergements ou noquets intermédiaires (Figure 25). Ces abergements viennent en recouvrement sous les modules et sur les châssis. Un marquage de chaque côté du châssis permet de repérer le recouvrement minimum à respecter. Ces abergements sont livrés prémontés en usine pour la "Tuile PV". Pour celle-ci, ils doivent être verrouillés en position en fermant la pince arrière du couloir sur le châssis à l'aide d'une pince. Dans le cas des "Ardoises PV", les noquets intermédiaires de haut de champ sont fixés par une agrafe sur le liteau et les noquets intermédiaires inférieurs sont fixés par des vis à rondelles étanches (fournies, cf. § 2.22) recouvertes par le noquet intermédiaire supérieur.

Les recouvrements longitudinaux des abergements ou noquets intermédiaires sont détaillés Figure 26a et Figure 27a.

8.533 Pose des éléments de couverture

Afin de faire la liaison avec l'élément de couverture avoisinant le champ photovoltaïque, un kit d'abergements dédié à chaque famille d'éléments de couverture est fourni (voir tableau 5).

Tous les éléments de couverture autour du champ photovoltaïque doivent être fixés par des vis, clous, ou crochets (spécifiques à chaque élément de couverture).

Il convient de reconstituer les orifices de ventilation dont les sections totales doivent être assurées selon les dispositions précisées dans les DTU concernés des séries 40.1 et 40.2. 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 concernés des séries 40.1 et 40.2.

Pose des éléments de couverture sur les côtés droit et gauche du champ photovoltaïque

À droite et à gauche du champ photovoltaïque, des abergements spécifiques sont mis en place. L'abergement intermédiaire de la "Tuile PV" est remplacé par l'abergement droit fourni dans le kit dédié.

Selon les kits :

- Les abergements latéraux du kit FAG reproduisent les mêmes emboitements mécaniques latéraux que ceux des tuiles mécaniques faiblement galbées. Les liaisons avec les éléments de couverture sont illustrées Figure 26b.
- Les abergements latéraux du kit FOG reproduisent le plateau des tuiles mécaniques fortement galbées. La liaison est donc réalisée sous le cornet de la tuile et de la demi-tuile de part et d'autre du champ photovoltaïque. De part et d'autre des couloirs, des liteaux sur champ permettent de caler ces couloirs latéraux et de fixer les colonnes de tuiles autour du champ photovoltaïque. Ils sont disposés dans le sens de la pente de la toiture, au droit des cornets des tuiles de couverture et doivent courir sur toute la hauteur du champ photovoltaïque. Les liaisons avec les éléments de couverture sont illustrées Figure 26c.
- Les abergements latéraux du kit PM sont réalisés par les couloirs solo, triple ou haut de champ disposant d'une remontée destinée à guider l'eau et à boucher les interstices au niveau des nez des recouvrements des éléments de couverture. Ce couloir est fixé aux liteaux à l'aide d'agrafes (fournies, cf. § 2.22). Les liaisons avec les éléments de couverture sont illustrées Figure 27d. La pince du couloir ne devant pas être écrasée, il est possible de rogner la sous-face de la tuile de couverture. Il en est de même pour la pince supérieure du couloir de haut de champ. Un joint mousse PU (fourni, voir § 2.22) est appliqué sur toute la hauteur du couloir afin d'éviter l'écoulement laminaire de la concomitance vent/pluie. Si la mousse triangle est trop haute, pour éviter que les tuiles boitent, il convient de couper le haut de la mousse avec un cutter.
- Les abergements latéraux du kit PP sont réalisés par un couloir mis en œuvre en fronçure au niveau des chevrons sous le niveau des éléments de couverture et du châssis de la "Tuile PV". Pour ce kit, seul le montage à l'égout est possible. Les liaisons avec les éléments de couverture sont illustrées Figure 26d.
- Les abergements latéraux des kits Ardoise et TP sont réalisés par des noquets conformément aux DTU les concernant. Ces noquets sont spécifiques aux dimensions des éléments de couverture (formats standard : 32 x 22 pour l'ardoise et 17 x 27 pour les tuiles plates). Pour des formats différents, CAPTELIA propose de réaliser des noquets spécifiques ou de fournir les plans des noquets au client. Le montage est traditionnel avec 1 noquet par rang si la pente est inférieure à 58 % (30 °), sinon 1 noquet sous les demi-tuiles ou demi-ardoises de couverture. Les liaisons avec les ardoises de couverture sont illustrées Figure 27b. Les liaisons avec les tuiles plates sont illustrées Figure 27c.

Pose des éléments de couverture en haut du champ photovoltaïque

En haut de champ, une bavette par colonne (pour les kits FOG / TP / Ardoise et en général PM, se référer au tableau de compatibilité de CAPTELIA) permet de faire la liaison avec les éléments de couverture par recouvrement supérieur ou égal au recouvrement de l'élément de couverture et recouvrement d'au moins 155 mm du premier élément de couverture au-dessus du champ photovoltaïque sur la bavette. Elle est insérée à l'avant dans le logement prévu à cet effet des pattes de liaison interpanneau. En "Tuile PV", elle est fixée à l'arrière par trois agrafes sur la pince arrière. Cette pince arrière ne devant pas être écrasée, il est possible de rogner la sous-face de la tuile de couverture. En "Ardoise PV", la bavette est fixée avec 3 vis.

Dans les cas des kits FAG et PP, il n'y a pas de bavette.

La Figure 22 présente les recouvrements transversaux dans tous les cas de figure.

Pour les "Tuiles PV", il est nécessaire de couper les pattes de liaison interpanneau pour mettre en place les bavettes ou les éléments de couverture (Figure 28). En plus du recouvrement, un joint mousse PU (fourni, voir § 2.22) est appliqué sur toute la largeur soit du châssis, soit de la bavette quand elle est utilisée, afin d'éviter l'écoulement laminaire de la concomitance vent/pluie. Si la mousse triangle est trop haute, pour éviter que les tuiles boitent, il convient de couper le haut de la mousse avec un cutter.

Tous les recouvrements longitudinaux entre bavettes sont de 140mm minimum. Les bavettes présentent une pince et contre-pince (1,5 mm) à ce recouvrement.

8.534 Pose au faîtage

La pose au faîtage (Figure 29) s'effectue de la même manière que la pose en haut de champ photovoltaïque avec bavette pour "Tuile PV". La faitière recouvre la bavette d'une longueur conforme au DTU concerné. Un joint mousse PU est appliqué sur toute la largeur de la bavette pour éviter l'écoulement laminaire de la concomitance vent/pluie.

9. Formation

Une formation photovoltaïque est obligatoirement dispensée à chaque installateur leur permettant d'appréhender les systèmes photovoltaïques en général et de découvrir les spécificités des "Tuiles PV" et "Ardoises PV" CAPTELIA et de leur mise en œuvre. Ils peuvent être formés :

- soit par la société CAPTELIA, dans ses locaux à Arnas ; la partie pratique peut avoir lieu sur site,
- soit par la société IMERYS T.C. qui dispose de 5 centres de formation : St Germer de Fly (Beauvais), Quincieux (Lyon), Léguevin (Toulouse), Salon de Provence (Marseille) et St Geours d'Auribat (Dax).

Chaque centre dispose de maquettes à l'échelle 1 permettant de travailler sur la mise en œuvre des "Tuiles PV" et "Ardoises PV". Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser les installateurs sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

À l'issue de cette formation, la société IMERYS délivre une attestation de formation nominative dont la liste est tenue à jour. La société IMERYS tient à jour une liste d'entreprises ayant une expérience de mise en œuvre des produits CAPTELIA. Cette liste est disponible en contactant IMERYS.

Nota : les centres de formation IMERYS T.C. étant agréés par QUALIT'ENR, IMERYS T.C. peut également former des installateurs pour leur permettre d'obtenir l'appellation "QUALI'PV module Bâtiment". En partenariat avec l'AFPA, IMERYS T.C. propose une formation permettant d'avoir une compétence appropriée pour la délivrance d'une habilitation BP.

10. Distribution et assistance technique

Les ventes de "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" se font par projet. Elles sont réalisées exclusivement par les services commerciaux d'IMERYS T.C qui vend aux constructeurs de maisons individuelles, à des négociants en matériaux et aux solaristes.

Un accompagnement est proposé aux installateurs pour la mise en œuvre de leur premier chantier par type de kit. Cet accompagnement peut être réalisé par CAPTELIA ou IMERYS T.C.

Les livraisons sont réalisées par préparation de commande spécifique suite à une étude préalable. La société IMERYS T.C. a son propre bureau d'études en lien permanent avec le bureau d'études de CAPTELIA. Ces bureaux d'études sont à même de déterminer tous les éléments nécessaires au champ photovoltaïque et à son environnement.

Une assistance téléphonique est disponible sous la forme d'un numéro Hotline CAPTELIA et d'un numéro Hotline IMERYS spécifique au photovoltaïque.

11. Utilisation, entretien et réparation

11.1 Généralités

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.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (cf. § 8.2).

Avant l'intervention sur un champ photovoltaïque, il est nécessaire de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production. En second lieu, il est impératif de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en ouvrant l'interrupteur/sectionneur DC placé entre le champ photovoltaïque et l'onduleur.

Lors de ces interventions, une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débouchés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation.

À la fin d'une intervention, après vérification par un électricien du bon fonctionnement de la série de modules concernés avec mesure de sa plage de tension en circuit ouvert, il convient de reconnecter le champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC.

Pour terminer, il est nécessaire de reconnecter l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

11.2 Maintenance du champ photovoltaïque

Le nettoyage des "Tuiles PV" ou "Ardoises PV" doit se faire annuellement ou de façon plus fréquente en fonction des risques de salissures, et comporte notamment :

- L'enlèvement des mousses, de la végétation, des débris divers pouvant nuire au bon fonctionnement de la toiture et du champ photovoltaïque.
- Le maintien en bon état des évacuations d'eaux pluviales : libre circulation de l'eau.
- Le maintien en bon état d'ouvrages accessoires tels que solins, bavettes etc. : pas percés, épousent bien les éléments de couverture...
- Le maintien en bon état des éléments du support de la couverture : pas de pourrissement ou de dégradation dus à des animaux.
- Le maintien d'une ventilation suffisante en sous face des tuiles ou ardoises : pas d'éléments exogènes.
- La vérification visuelle du bon état des passages de câbles et des connexions. Le serrage des fils dans les coffrets électriques et dans l'onduleur doit être vérifié.

Ce contrôle est réalisé visuellement et cet entretien est réalisé manuellement et à l'aide d'un jet d'eau (*haute pression et jet concentré interdits*), de haut en bas.

11.3 Maintenance électrique

Un test mensuel des dispositifs de protection différentiel doit être réalisé.

Toute défaillance électrique est signalée par l'onduleur. Celui-ci permet également de connaître la production instantanée et le cumul de production depuis sa mise en service. Il est recommandé de vérifier les valeurs de production mesurées par l'onduleur par rapport à l'estimation de production dans le dossier technique.

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.

11.4 Remplacement d'un module

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

Le remplacement d'un module seul n'étant pas possible, il faut remplacer la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" complète. Il est nécessaire de démonter les "Tuiles ou Ardoises PV", au-dessus de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" à remplacer.

- Débrancher les câbles électriques du module.
- Déconnecter les câbles de liaison à la terre côté châssis (la cosse double permet de conserver la continuité du câble).
- Dévisser les 3 vis de la "Tuile PV" ou "Ardoise PV".
- Retirer la "Tuile PV" ou "Ardoise PV".
- Recommencer ces opérations par colonne, de haut en bas jusqu'à atteindre la "Tuile PV" ou "Ardoise PV" à remplacer.
- Le remontage se fait en sens inverse conformément aux notices de mise en œuvre. Remplacer les vis par du matériel neuf.

B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques CAP-CNPV-xxP/M-16 associés aux châssis Standard TPVS et APVS ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par Certisolis (*rapports d'essais n° 20110609-002, n° 20110921-001 et n° 20150101-001 et certificats n°CC0017-20110609-002, n° CC0020-20110921-001 et n° CC0091-20150101*).
- Les modules photovoltaïques CAP-SXTEC-xx-P/M associés aux châssis Standard TPVS et APVS ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le TÜV (*rapport d'essais n° 21200068.005 et certificat n° PV 60090190*).
- Les modules photovoltaïques CAP-CNPV-xxP/M-16 associés au châssis Standard TPVS et APVS ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme étant de classe II de sécurité électrique et appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par Certisolis (*rapports d'essais n° 20110609-002, n° 20110921-001 et n° 20150101-001 et certificats n°CC0017-20110609-002, n° CC0020-20110921-001 et n° CC0091-20150101*).
- Les modules photovoltaïques CAP-SXTEC-xx-P/M associés au châssis Standard TPVS et APVS ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme étant de classe II de sécurité électrique et appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le TÜV (*rapport d'essais n° 21200069.005 et certificat n° PV 60090191*).
- Le procédé photovoltaïque (versions Tuile et Ardoise) a été testé par le CEBTP selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent (*rapports d'essais n° BEB1-B-4048-1 et BEB1-B-4055-1*).
- Le procédé "Ardoise PV" a été testé dans la soufflerie Moby Dick II du CTMNC (*rapport d'essais n° 2034011809(2)*).
- La compatibilité du procédé avec un nouvel élément de couverture est testée systématiquement en suivant une procédure de validation de la mise en œuvre du procédé en association avec chaque modèle d'élément de couverture. Cette procédure a été mise en place par CAPTELIA. Elle est réalisée à l'aide des maquettes de toiture dans les locaux de CAPTELIA.

C. Références

C1. Données environnementales et sanitaires¹

Le procédé "Tuiles PV" et "Ardoises PV" modèle Standard ne fait pas l'objet d'un PEP (Profil Environnemental Produit) ou d'une FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire).

Les données issues des PEP ou FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (*ou procédés*) visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Autres références

Plus de 12 000 m² (soit 1,7 MWC) ont été commercialisés en France depuis 2012.

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

Tableaux et figures du Dossier Technique

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

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

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Éléments du procédé concernés	Atmosphères extérieures							Spéciale
			Rurale non pollué	Industrielle ou urbaine		Marine				
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Aluminium 5754	non revêtu	butées sur liteau, crochets d'égout, abergements	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium 5754	poudre polyester 70µm	couloirs, noquets, tôle décor	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium 1060	-	agrafes	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium 1050	-	support châssis, bavette supérieure	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium 6060	-	tube	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium 6106	-	profilés arrière, pattes avant Tuiles	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium 3005 H44	-	couloirs PM	•	•	□	•	•	□	□	□
Inox 1.4301	-	pattes avant Ardoises	•	•	□	•	•	□	□	□
Vis inox A2	-	vis à bois	•	•	□	•	•	□	□	□
Rivet 4,8 x 10 aluminium / acier	corps non revêtu tige zinguée	fixations éléments du châssis	•	•	□	•	•	□	□	□
Plomb plissé	-	larmier souple	•	•	□	•	•	□	□	□
EPDM	-	passer-câble, joint module, joint d'abergement	•	•	□	•	•	□	□	□
Mousse PVC	-	bande d'appui	•	•	□	•	•	□	□	□
Modules CAP-CNPV-xxP/M-16 et CAP-SXTEC-xx-P/M	-	modules	•	•	□	•	•	□	□	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes XP 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 fabricant.
- * : à l'exception du front de mer

Tableau 3 – Sections de liteau minimales et distances entre chevron maximales

Section minimale des liteaux (h x l) mm	Distance maximale entre chevrons (mm)
14 x 50	347
15 x 38	339
15 x 50	372
15 x 75	425
18 x 40	414
18 x 50	446
18 x 75	510
25 x 32	534
25 x 38	565
25 x 50	619
27 x 40	621
27 x 60	711
32 x 32	683

Tableau 4 – Pureau minimum (en mm) à respecter en fonction de la latitude et de la pente de toiture (pour éviter l'auto-ombrage)

TPVS et TPVS10

Latitude		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Pente %	a sol.	72,7	71,7	70,7	69,7	68,7	67,7	66,7	65,7	64,7	63,7	62,7
20	11	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
36	20	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
58	30	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
84	40	346	346	345	344	344	343	342	342	341	340	340
100	45	350	349	348	348	347	346	346	345	344	344	343
119	50	354	353	352	351	351	350	349	348	348	347	346
173	60	363	362	361	360	359	358	357	356	356	355	354
215	65	369	368	367	366	365	363	362	361	360	359	358

Ardoise

Latitude		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Pente %	a sol.	72,7	71,7	70,7	69,7	68,7	67,7	66,7	65,7	64,7	63,7	62,7
20	11	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
36	20	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
58	30	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
84	40	336	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
100	45	337	337	337	336	336	336	335	335	335	335	335
119	50	340	339	339	338	338	337	337	337	336	336	336
173	60	345	344	343	343	342	342	341	341	340	340	340
215	65	348	347	346	346	345	345	344	344	343	342	342

Tableau 5 : Gamme produits et détails des kits (avec références des éléments)

		Galbe de la tuile de couverture		
		< 40 mm	> 40 mm	
Pureau (p) de l'élément de couverture	Tuiles à relief	p < 340 mm	châssis APVS + kit PM	châssis TPVS + kit FOG10
		340 mm < p < 375 mm	châssis TPVS + kit FAG	châssis TPVS + kit FOG13
		375 mm < p < 410 mm	châssis TPVS10 + kit FAG	châssis TPVS10 + kit FOG10
	Tuiles canal	toutes valeurs de p	châssis TPVS + kit FOG10	
	Tuiles à pureau plat		châssis TPVS + kit PP	
	Tuiles plates		châssis Ardoise + kit TP	
Ardoises	châssis Ardoise + kit Ard			
rappel des p seuils p _c des châssis :		rappel des kits : - FAG : Faiblement Galbées, - FOG10 : Fortement Galbées 10 tuiles par m ² , - FOG13 : Fortement Galbées 13 tuiles par m ² , - PP : Pureau Plat, - PM : Petits Moules, - TP : Tuiles Plates, - Ard : Ardoises.		
- TPVS : 340 < p _c < 375 mm - TPVS10 : 375 < p _c < 410 mm - Ardoise PV : 335 < p _c < 355 mm				

Kit	FAG (faiblement galbée)	FOG13 (fortement galbée)	FOG10 (fortement galbée)	PM (Petit Moule)	Ardoise	TP (Tuile plate)	PP (Pureau plat)
Bavette		BAV-014 Bavette supérieure	BAV-014 Bavette supérieure	BAV-030 Bavette supérieure TPVS	ARD-BAV-010-A2 Bavette Larmier Ardoise	ARD-BAV-010-A2 Bavette Larmier Ardoise	
Accessoire Haut	Mousse triangle	Mousse triangle	Mousse triangle	Mousse triangle			Mousse triangle
Abergement Droit	TPVS-FAG-029 Couloir droit FAG	TPVS-FOG13-018 Couloir droit FOG10	TPVS10-FOG10-016 Couloir droit FOG13	PV-049 Noquet FAG-PM droit 3 panneaux PV-079 Noquet FAG-PM droit solo PV-089 Noquet FAG-PM haut droit	ARD-018-A2 Noquet latéral	TP-012-A0 Noquet droit Tuile plate	PM-010 (couloir en fronçure à l'égout pp)
Abergement Inter				ARD-020-A1 Noquet inter * 4 ARD-013-A3 Noquet inter solo	ARD-020-A1 Noquet inter * 4 ARD-013-A3 Noquet inter solo	ARD-020-A1 Noquet inter * 4 ARD-013-A3 Noquet inter solo	
Abergement gauche	TPVS-FAG-006 Couloir gauche FAG	TPVS-FOG13-019 Couloir gauche FOG10	TPVS10-FOG10-017 Couloir gauche FOG13	PV-048 Noquet FAG-PM gauche 3 panneaux PV-078 Noquet FAG-PM gauche solo PV-088 Noquet FAG-PM haut gauche	ARD-018-A2 Noquet latéral	TP-011-A0 Noquet gauche Tuile plate	PM-010 (couloir en fronçure à l'égout pp)
Larmier		Bavette souple 300	Bavette souple 300	Bavette souple 300	ARD-BAV-010-A2 Bavette Larmier Ardoise	Bavette souple 200	
Crochet d'égout	FAG-PM-FOG-PST-020 Patte de fixation égout inox	ARD-050 Patte de fixation égout ardoise	FAG-PM-FOG-PST-020 Patte de fixation égout inox	FAG-PM-FOG-PST-020 Patte de fixation égout inox			
Agrafes		PM ARD 005-E1 Agrafe (3 par bavette)	PM ARD 005-E1 Agrafe (3 par bavette)	PM ARD 005-E1 Agrafe (3 par bavette + 2 par couloir)	PM ARD 005-E1 Agrafe (1 noquet inter)	PM ARD 005-E1 Agrafe (3 par bavette + 1 par noquet inter)	
Fixations	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)	Vis + Rondelle (3/ TPVS + 2/ crochet égout)
Câble de terre 6 ² 0,6 m	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1	0,6 m par TPVS + 1,6 m par colonne -1

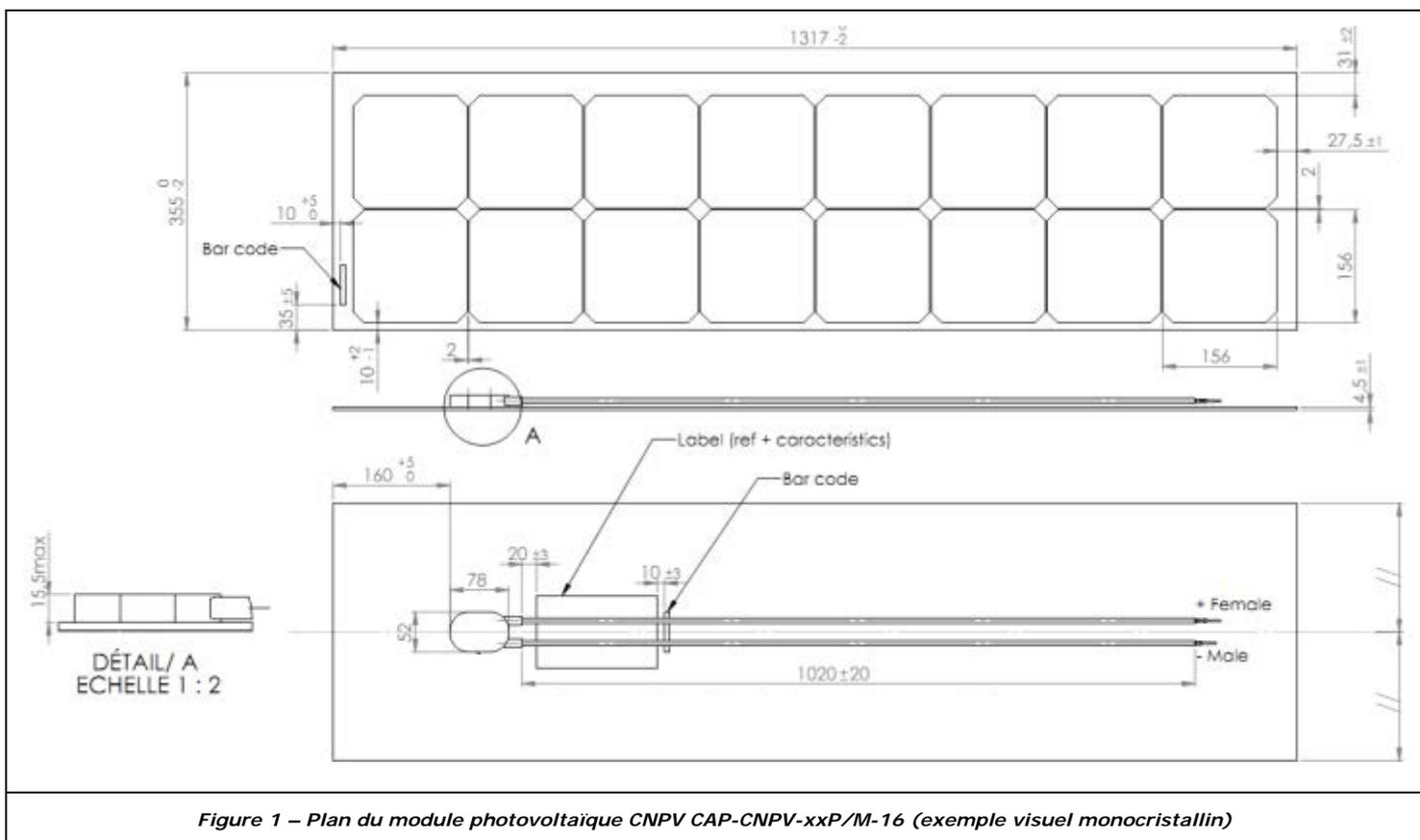


Figure 1 – Plan du module photovoltaïque CNPV CAP-CNPV-xxP/M-16 (exemple visuel monocristallin)

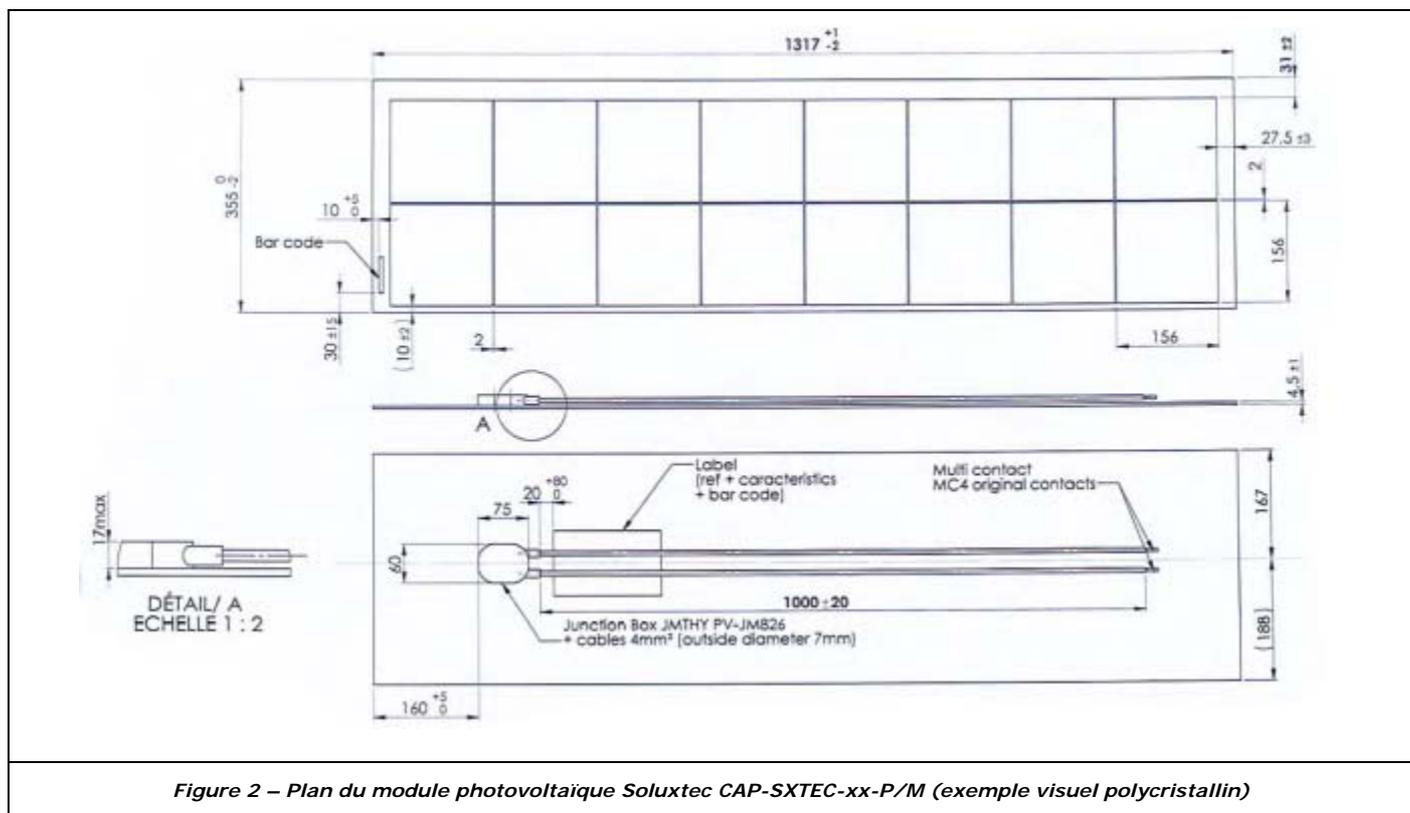


Figure 2 – Plan du module photovoltaïque Soluxtec CAP-SXTEC-xx-P/M (exemple visuel polycristallin)

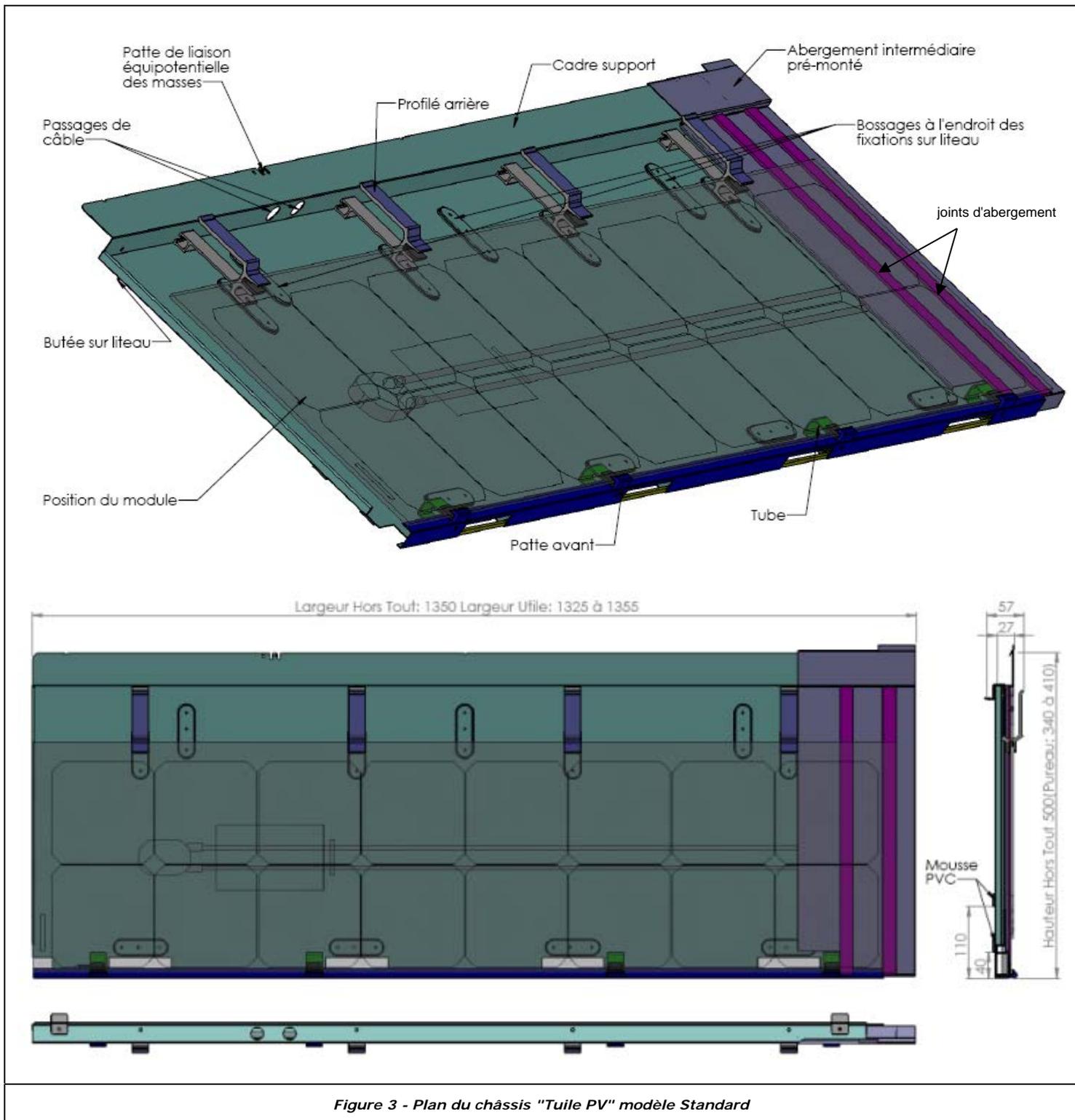
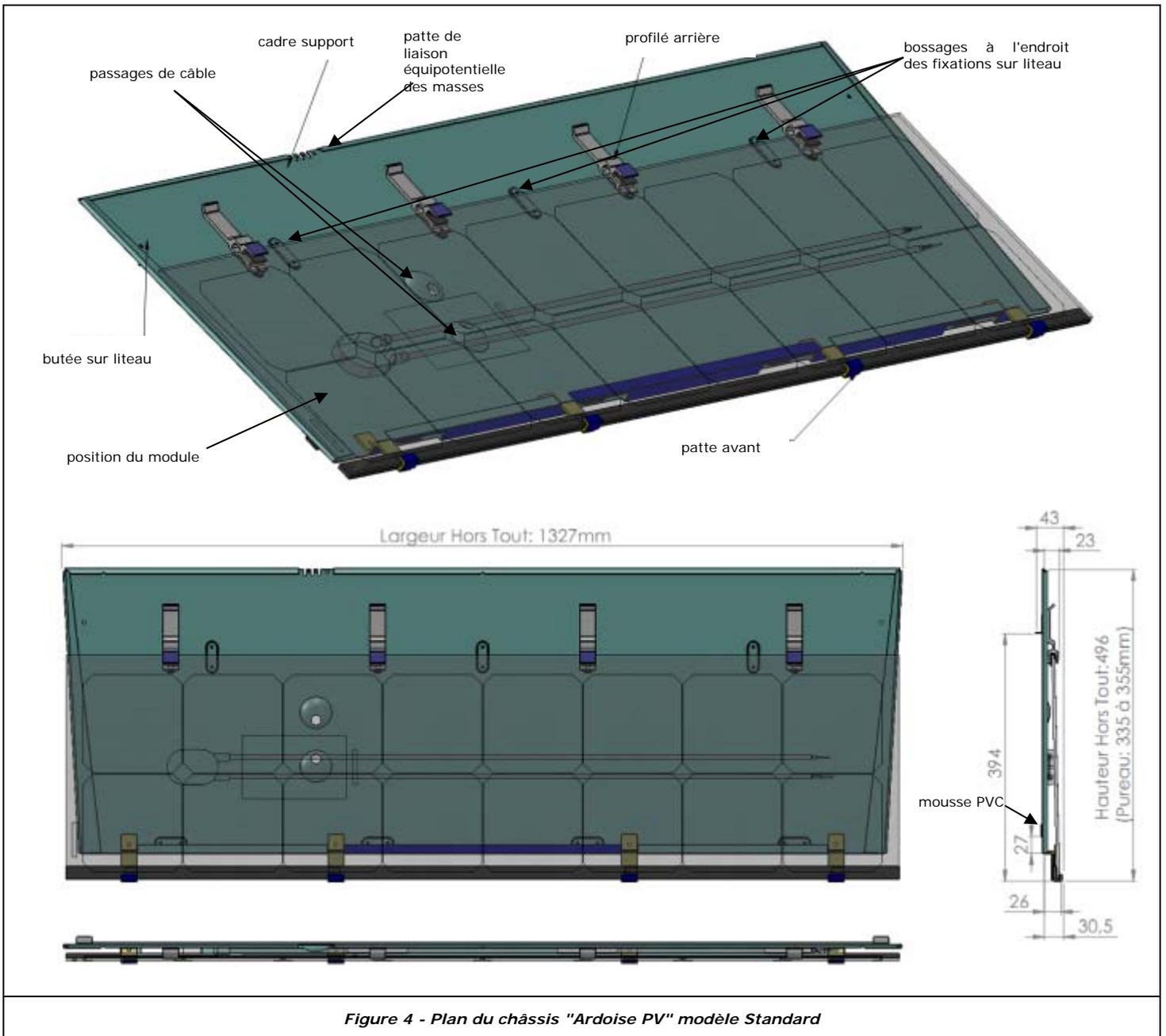
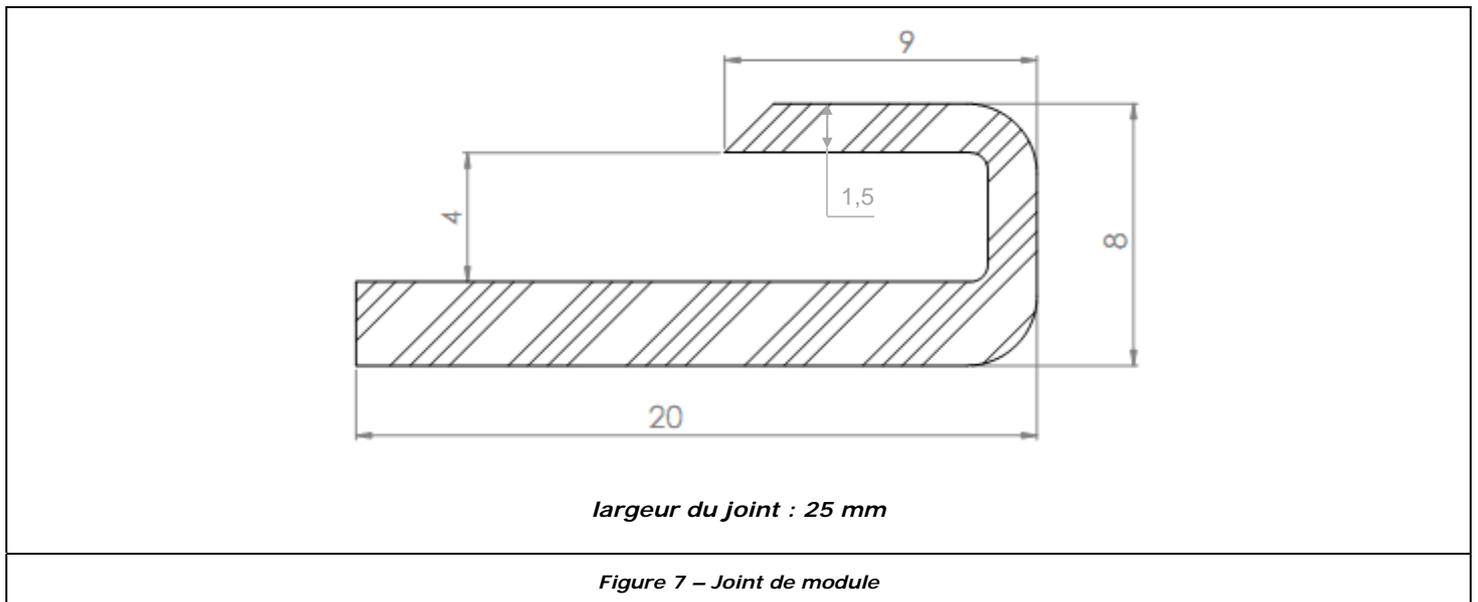
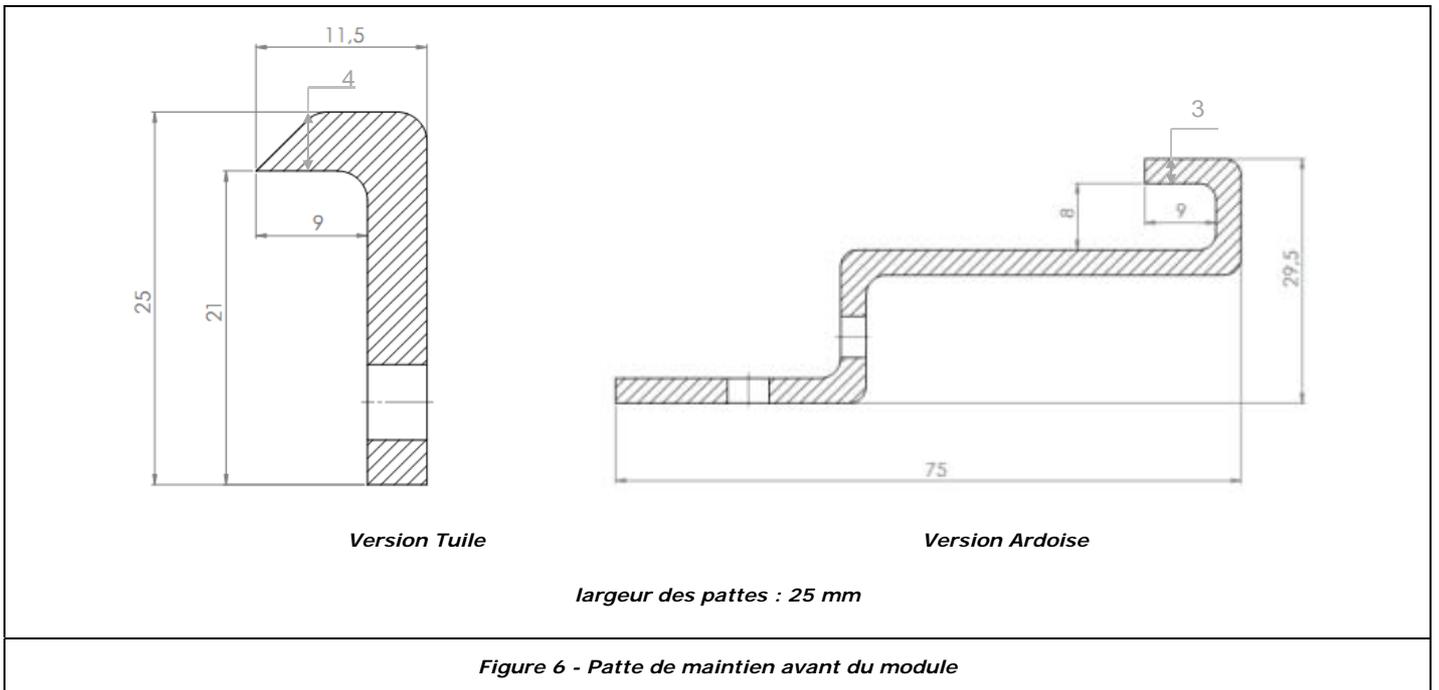
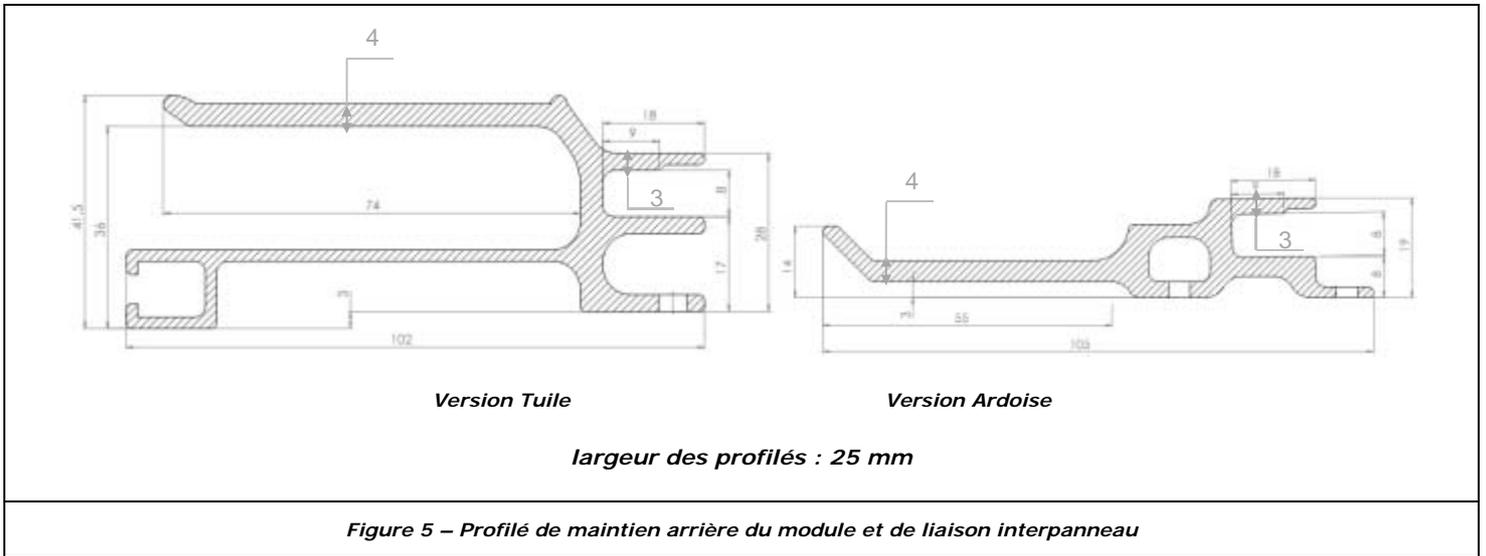
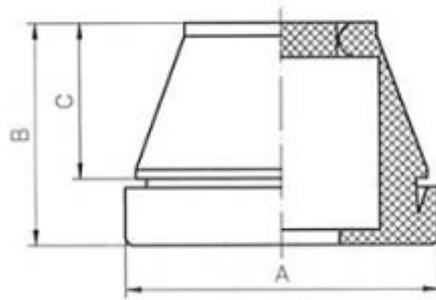


Figure 3 - Plan du châssis "Tuile PV" modèle Standard





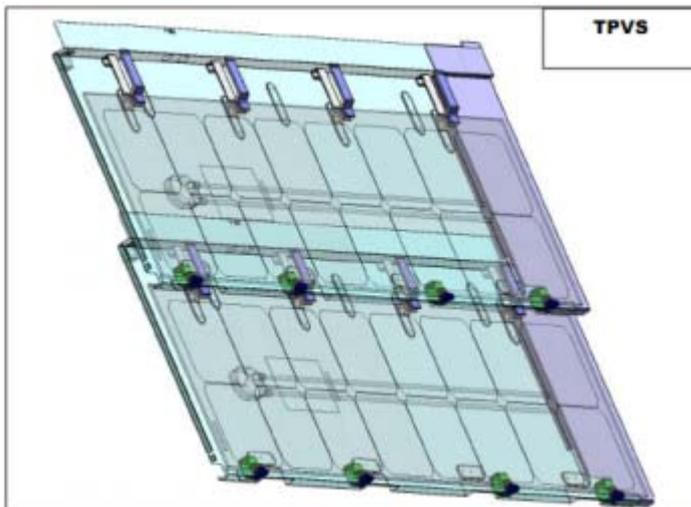


A : 21,0 ou 24,0 mm

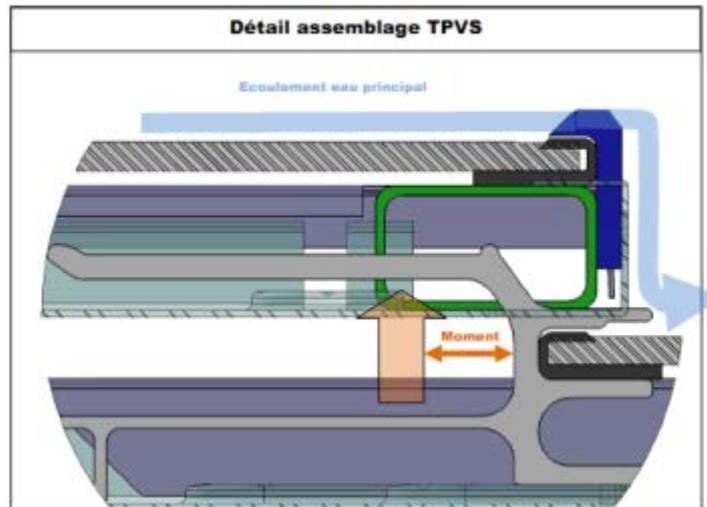
B : 17,8 ou 19,8 mm

C : 10,3 ou 12,7 mm

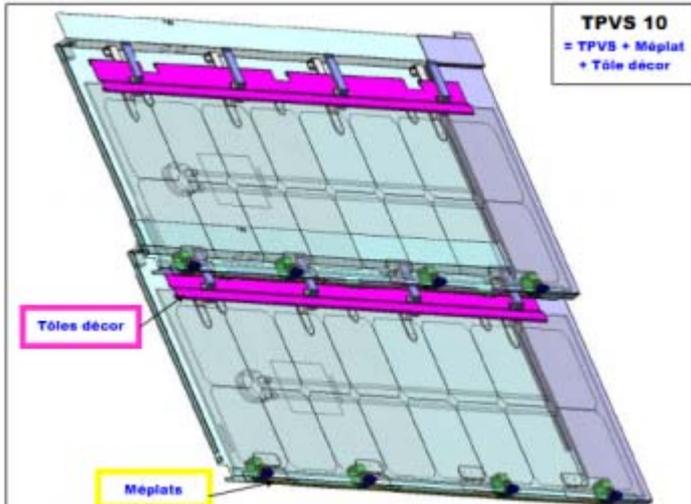
Figure 8 – Passe-câble



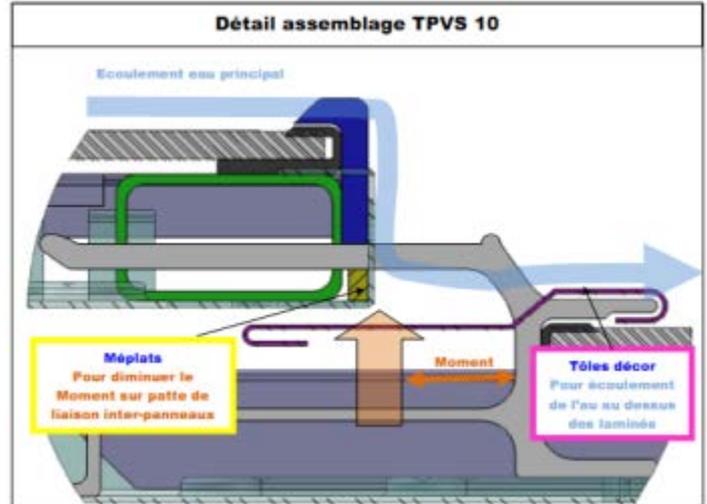
TPVS



Détail assemblage TPVS

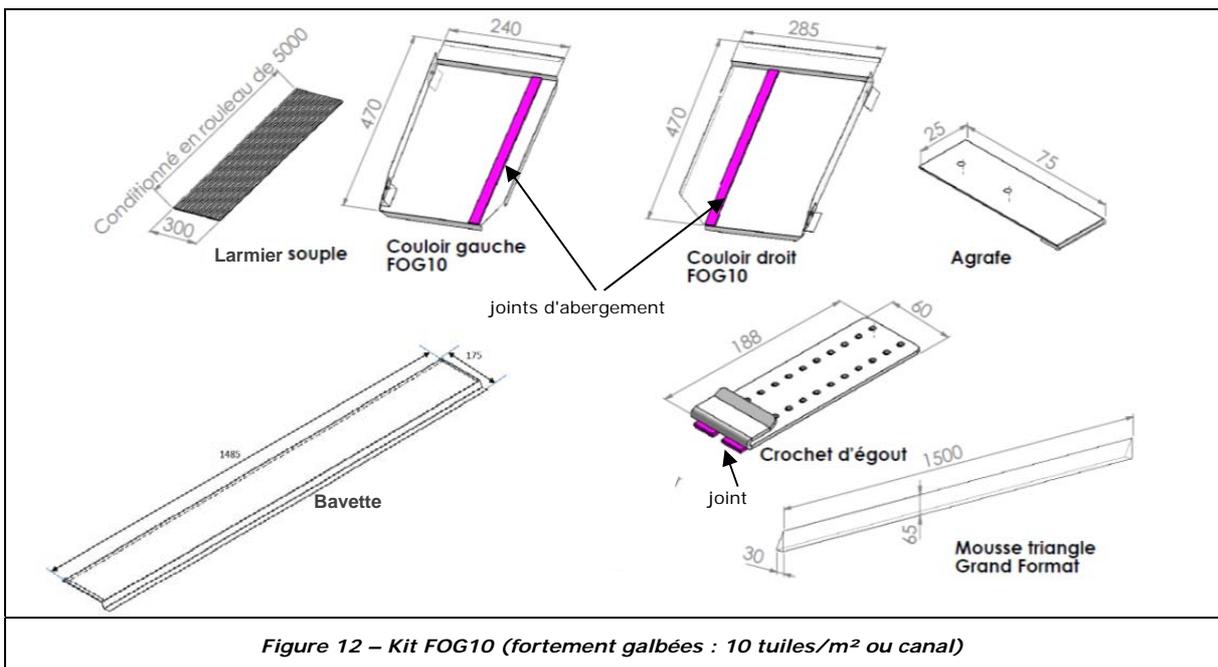
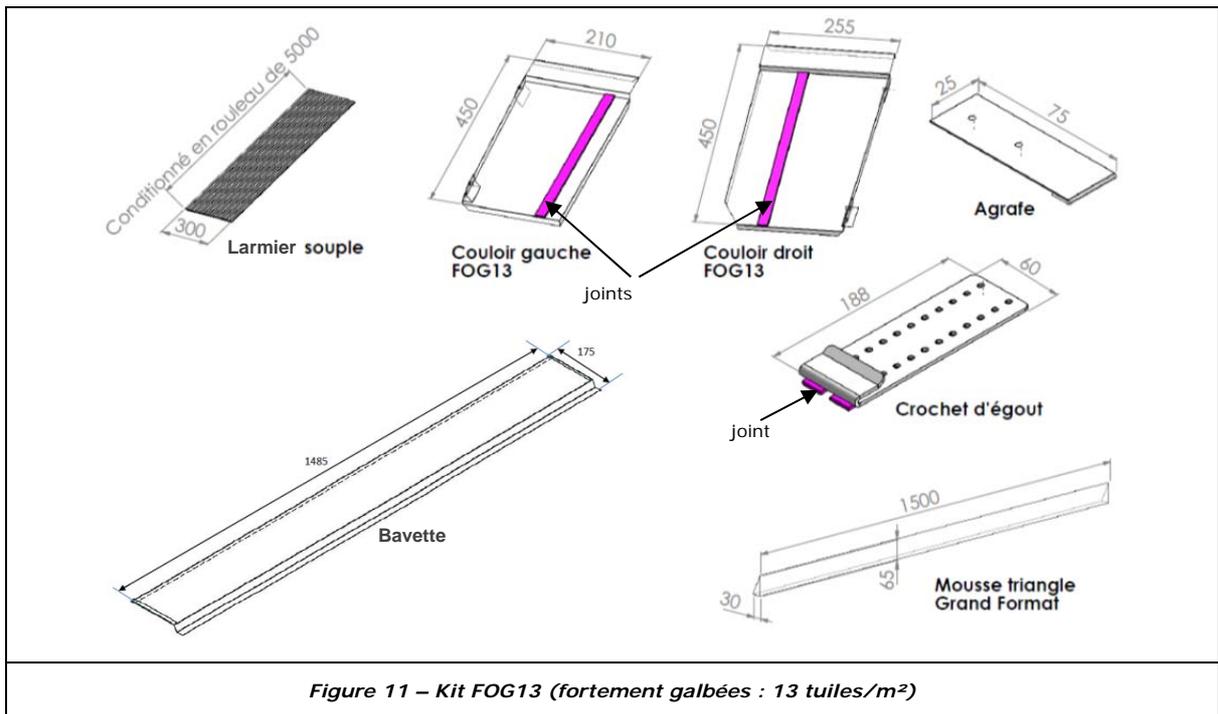
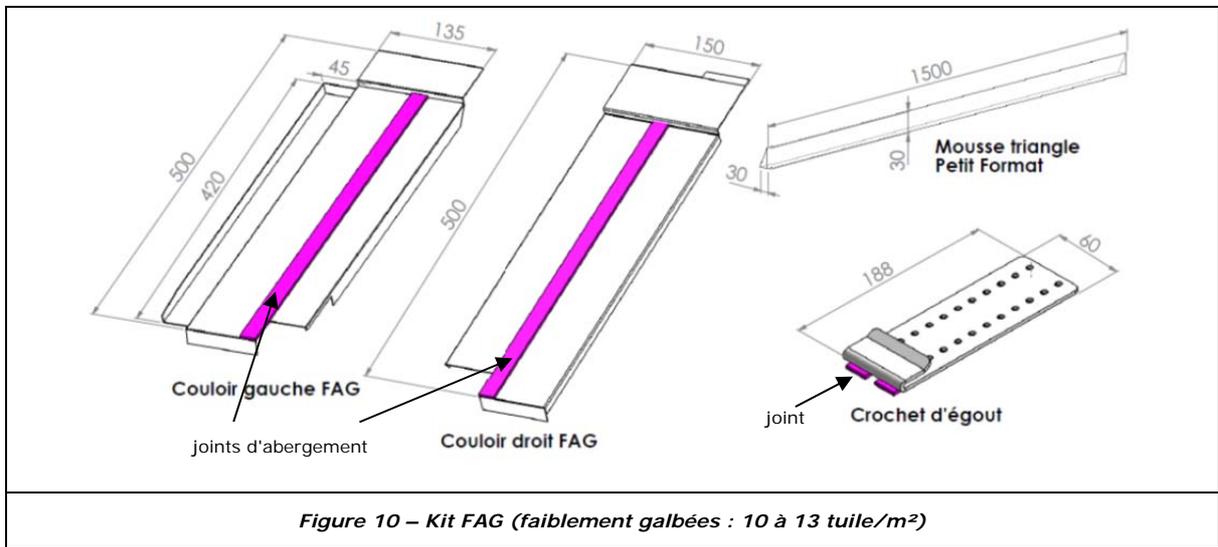


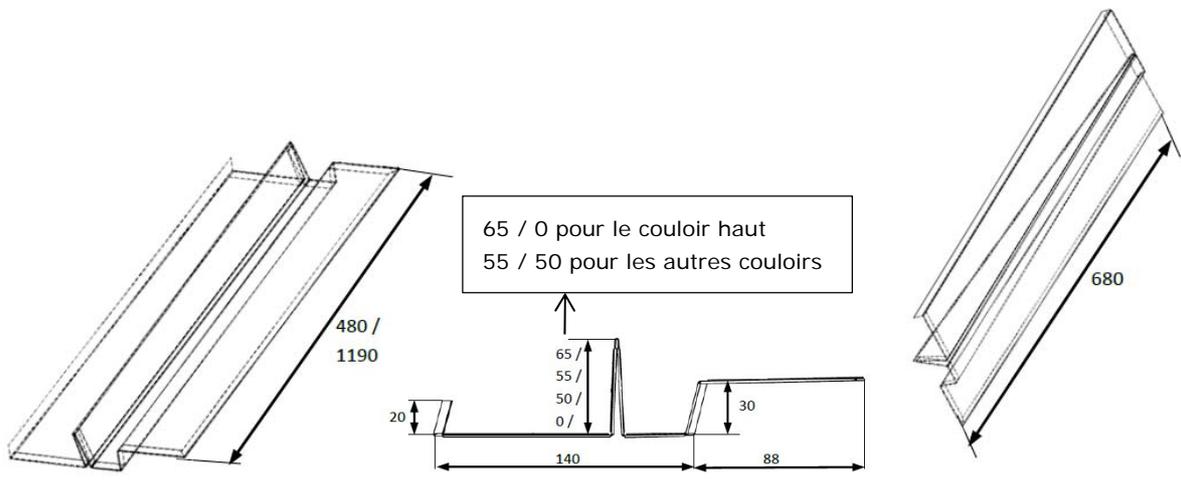
TPVS 10
= TPVS + Méplat
+ Tôle décor



Détail assemblage TPVS 10

Figure 9 – Différences entre châssis TPVS et TPVS10





Coulours solo et triple

Coulour haut de champ

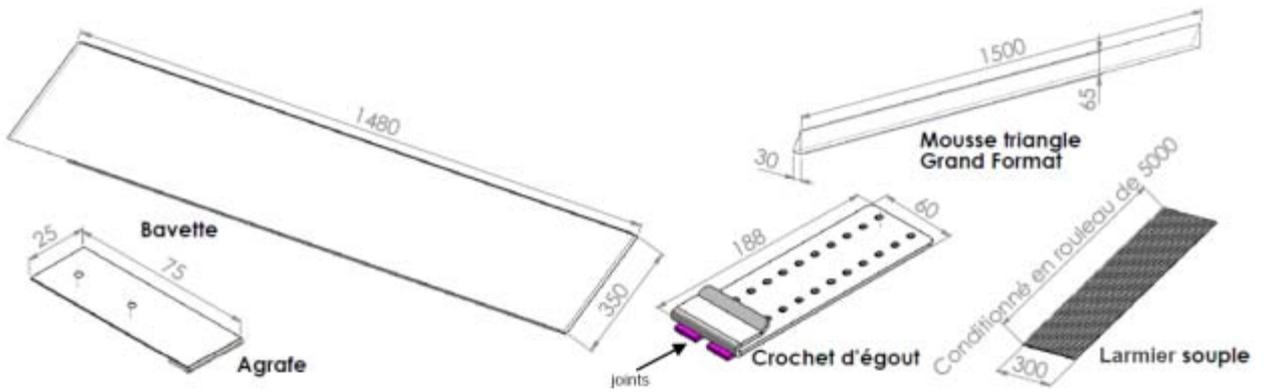


Figure 13 – Kit PM (petits moules)

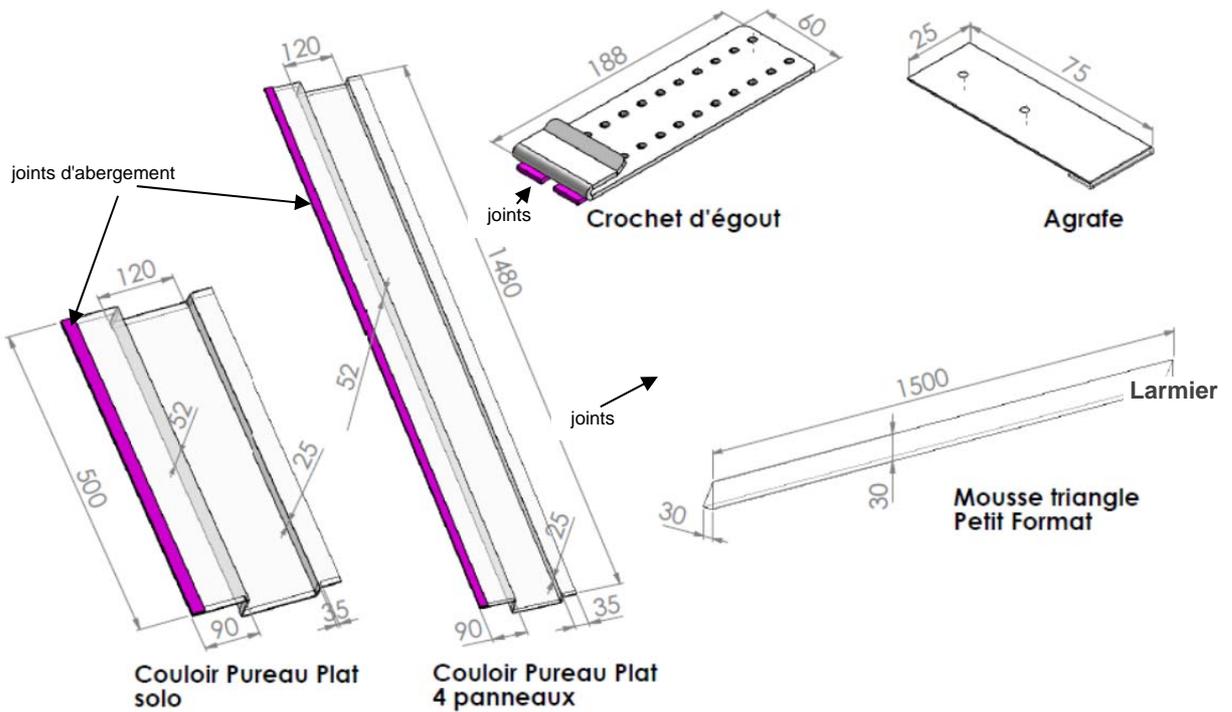


Figure 14 – Kit PP (pureau plat : ne peut se monter qu'à l'égout)

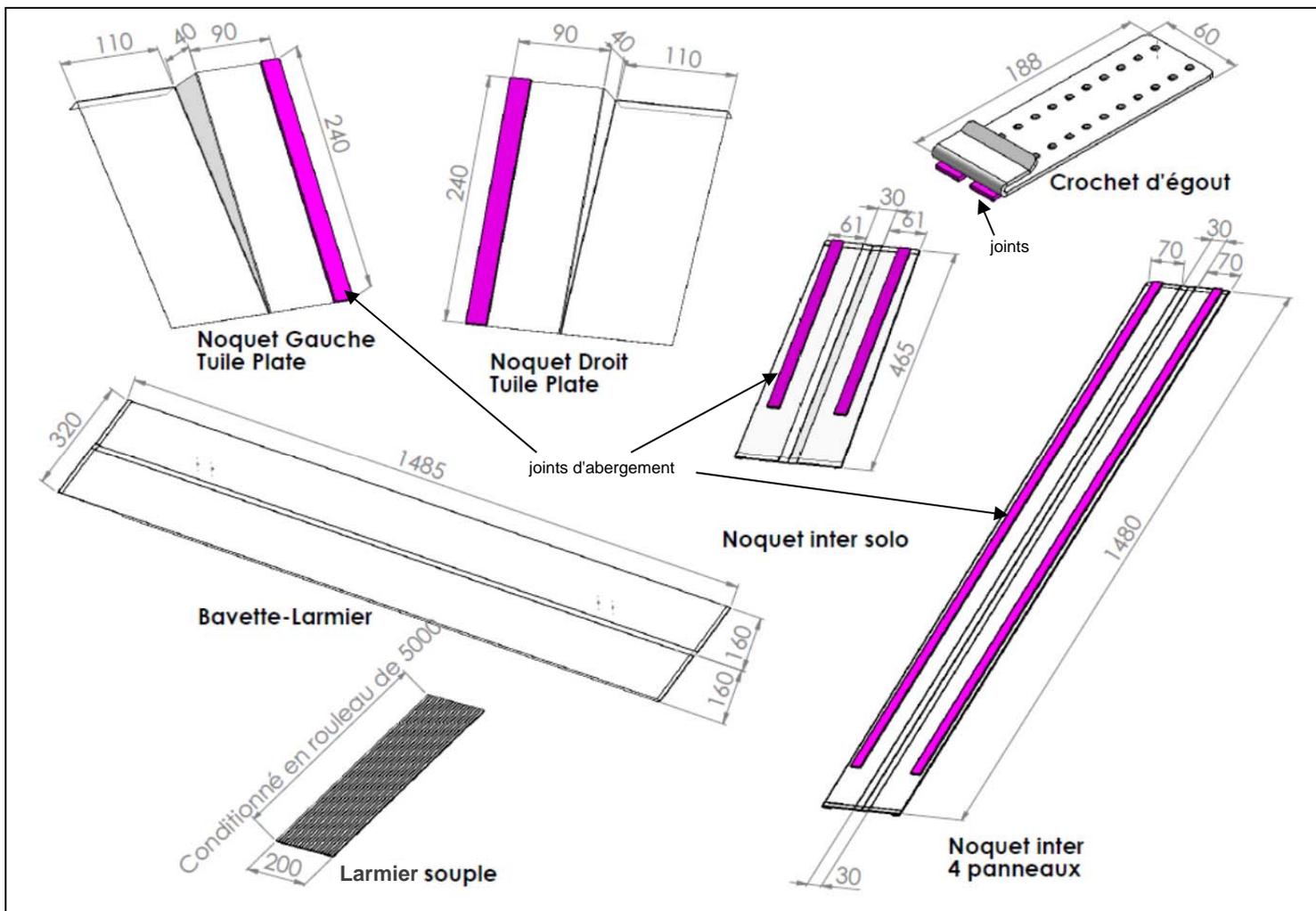


Figure 15 – Kit TP (Tuiles Plates 17 x 27) Plan des noquets sur demande si dimensions supérieures

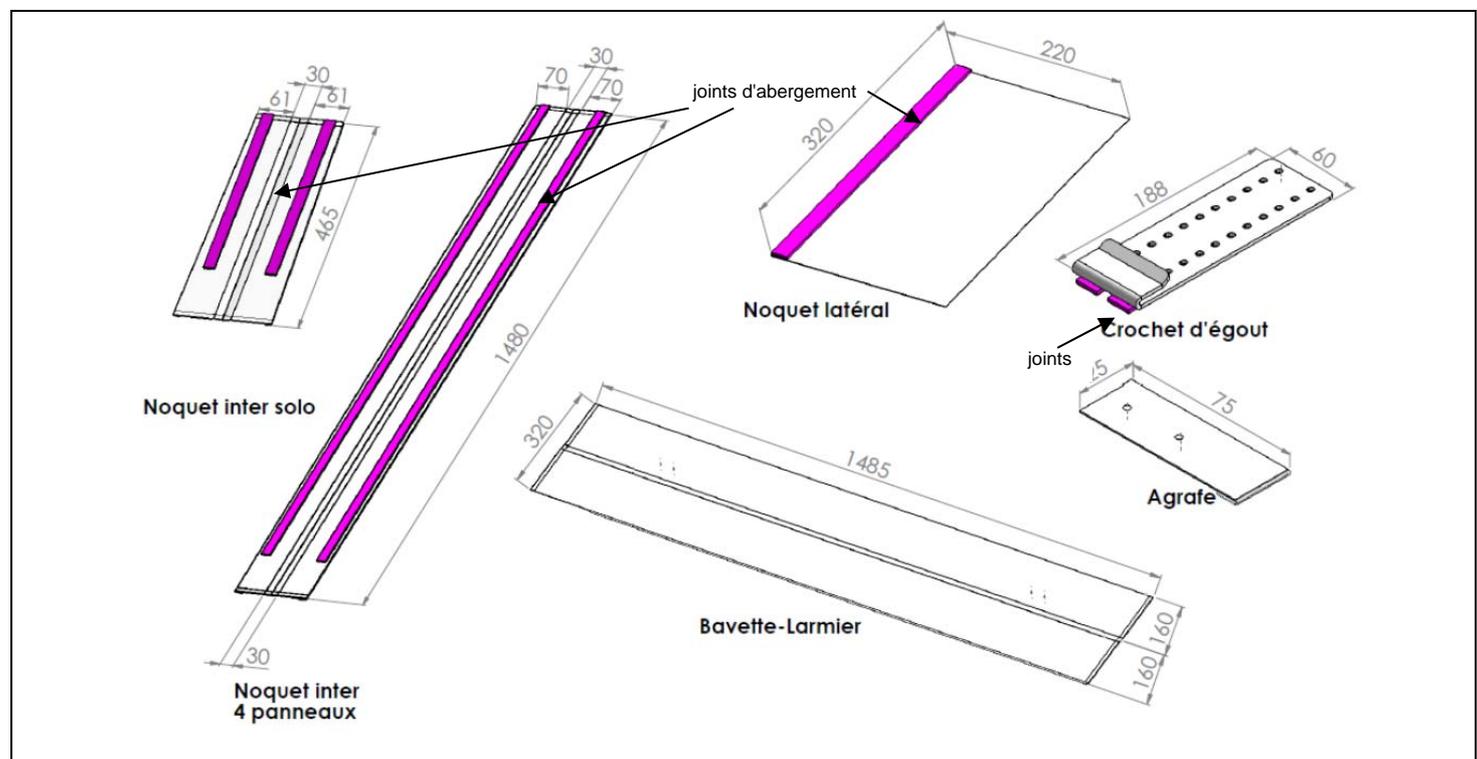
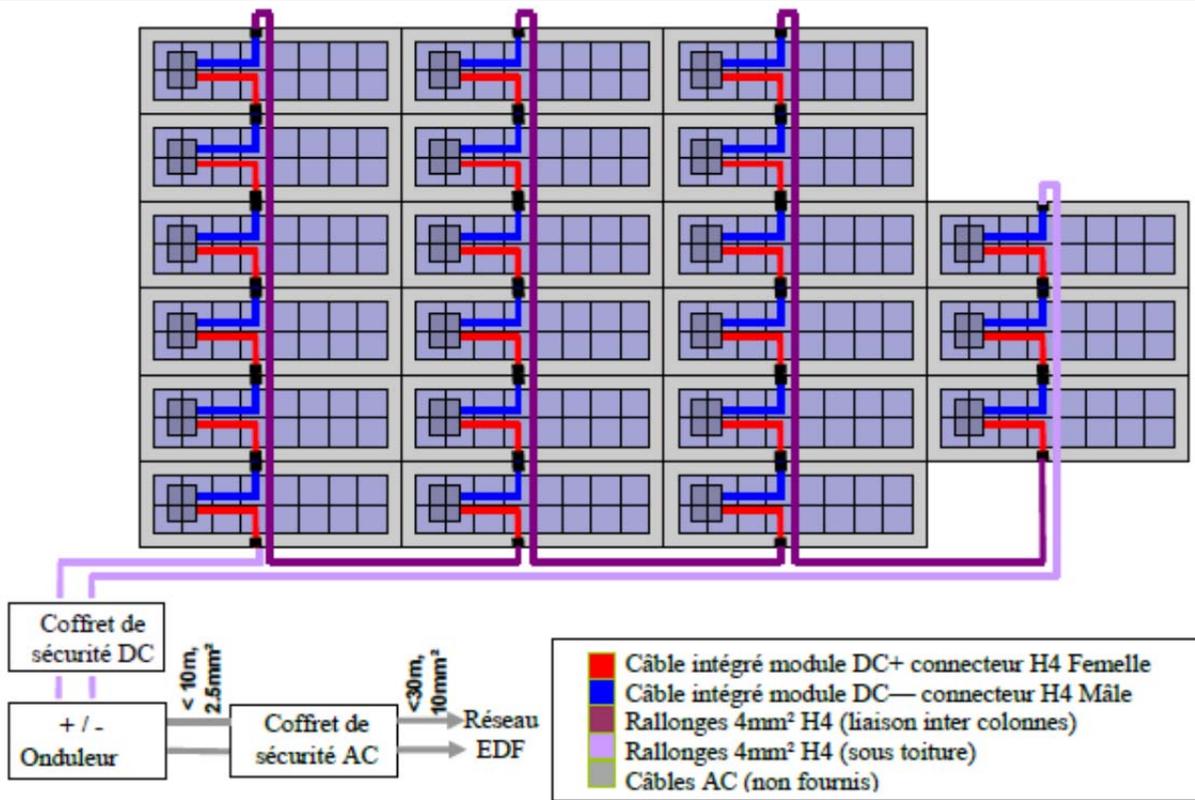
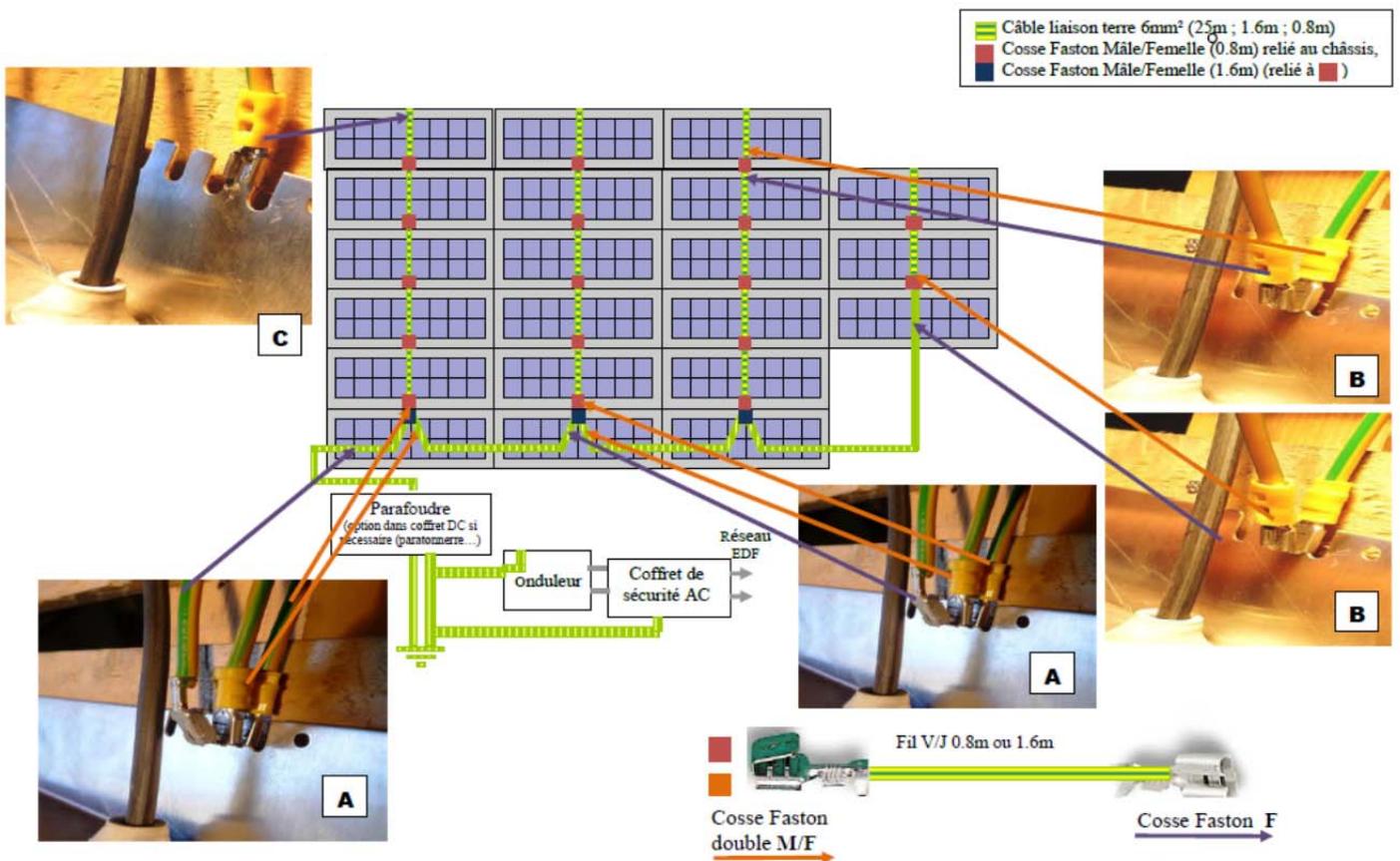


Figure 16 – Kit Ardoise (Ardoise ou shingle 32 x 22) Plan des noquets sur demande si dimensions supérieures



Principe de câblage électrique



Principe de raccordement des liaisons équipotentielles

Figure 17 – Principe de câblage du champ photovoltaïque



Figure 18 – Vérification du positionnement du passe-câble étanche

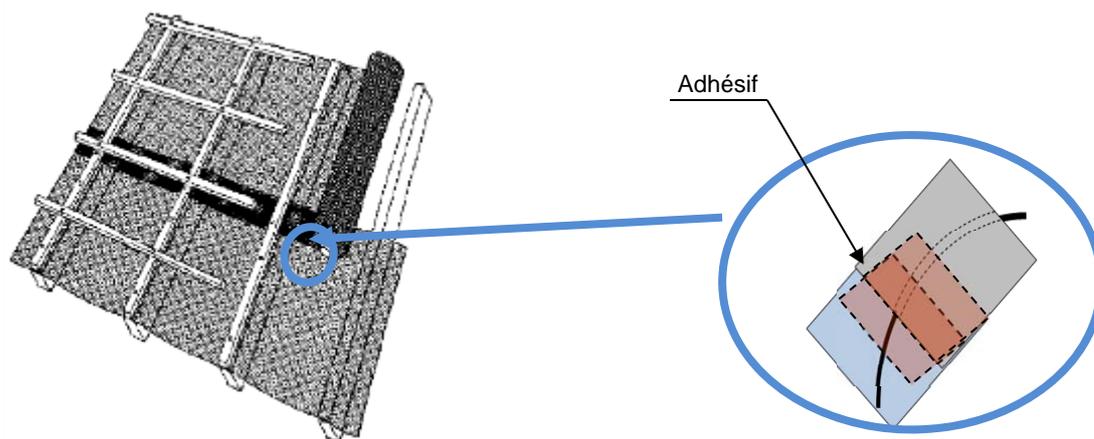


Figure 19 – Passage des câbles au travers de l'écran de sous toiture

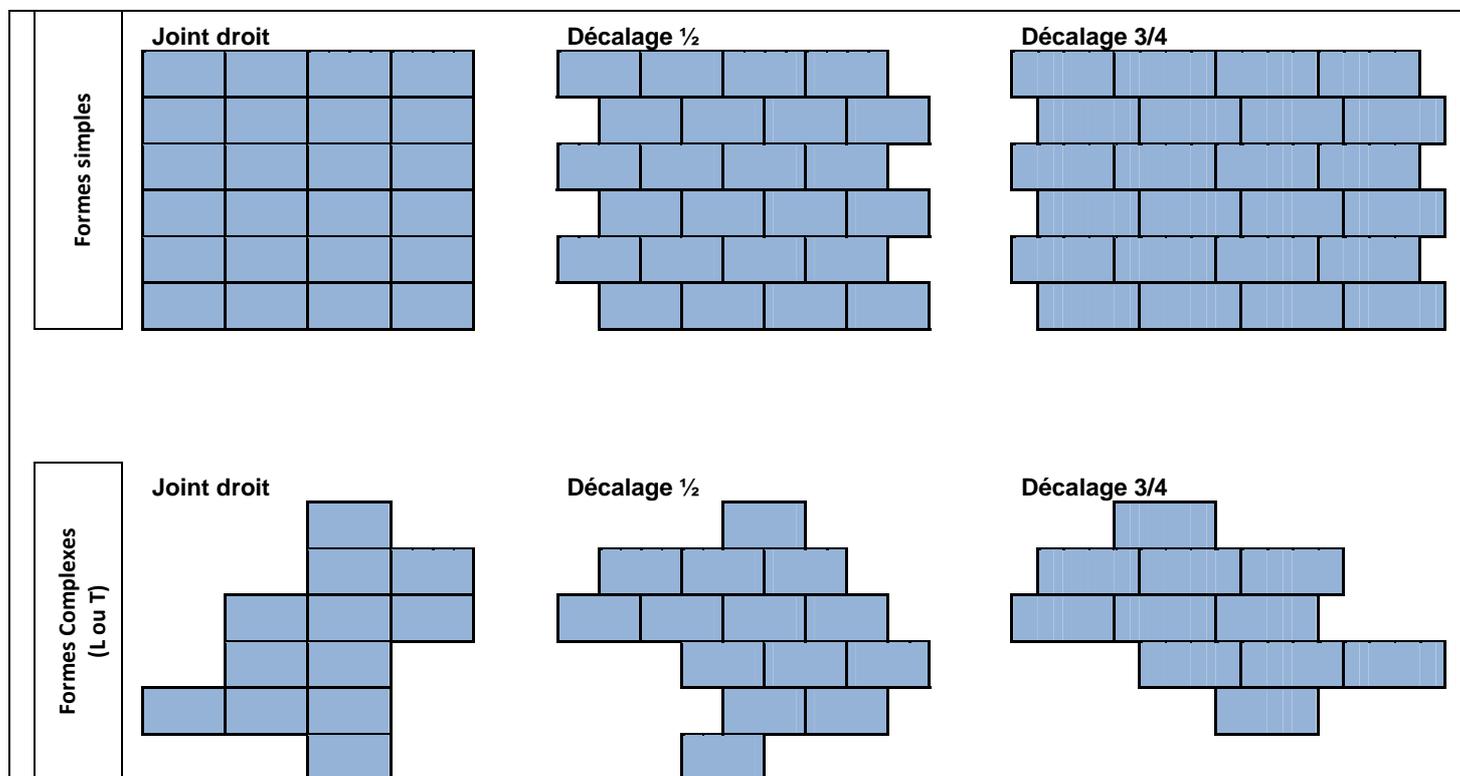
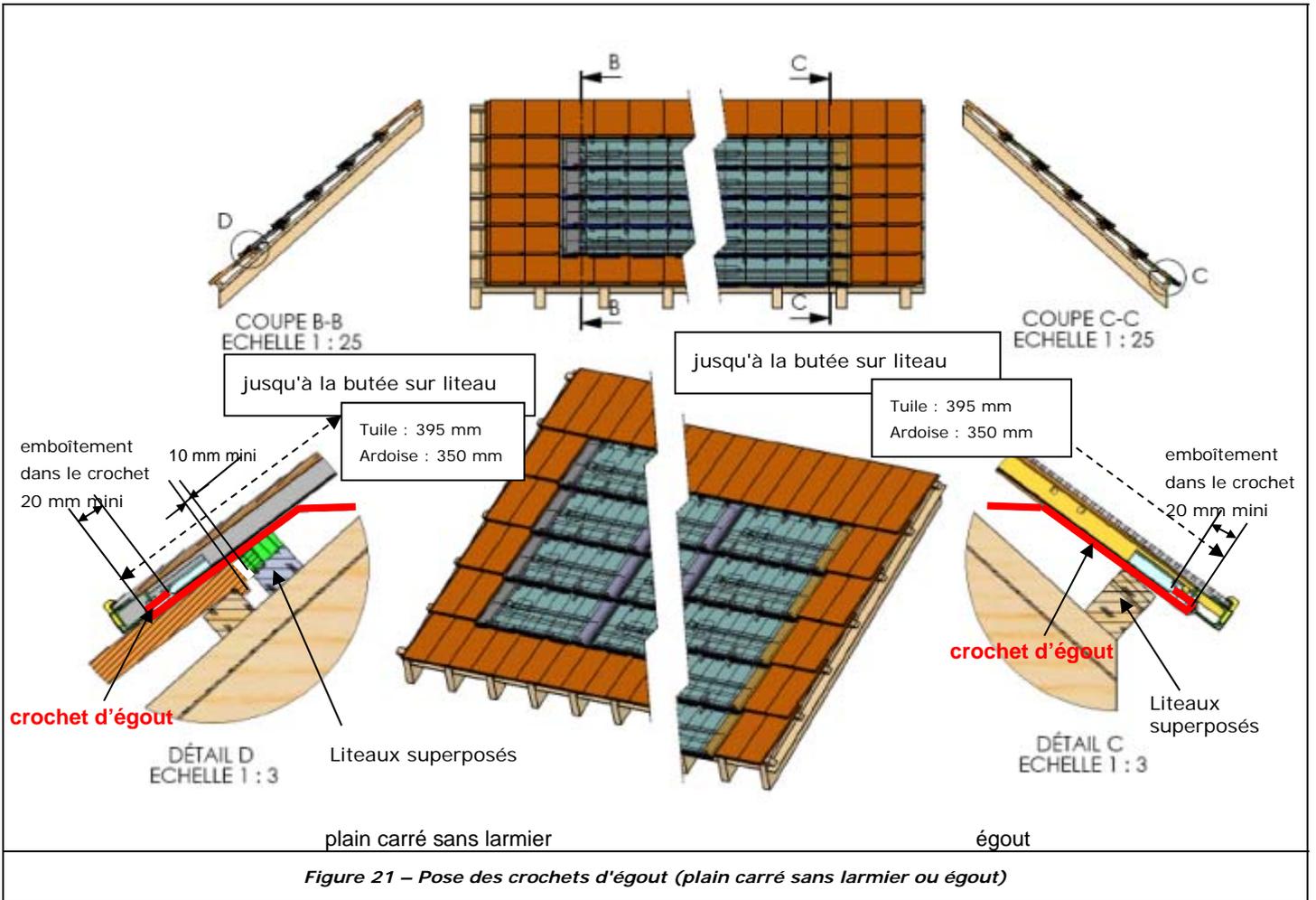


Figure 20 - Possibilités d'implantation en toiture

(les décalages et formes complexes ne sont admis que pour les kits FAG sans bavette ni larmier)



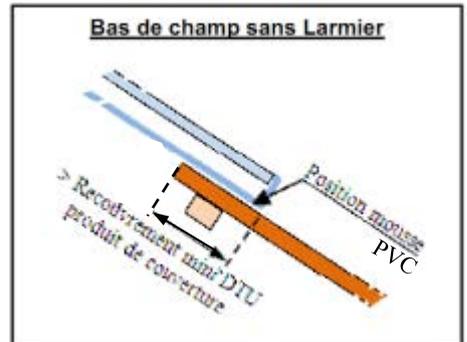
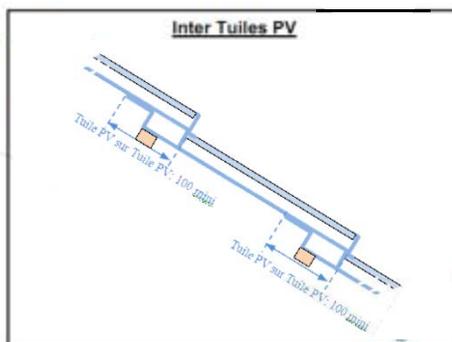
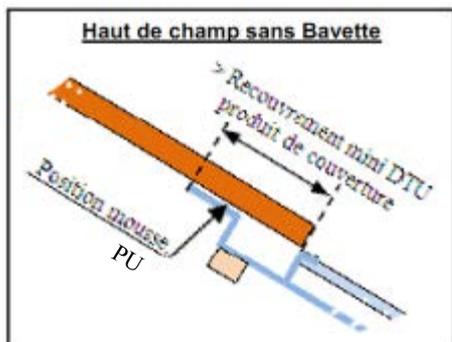
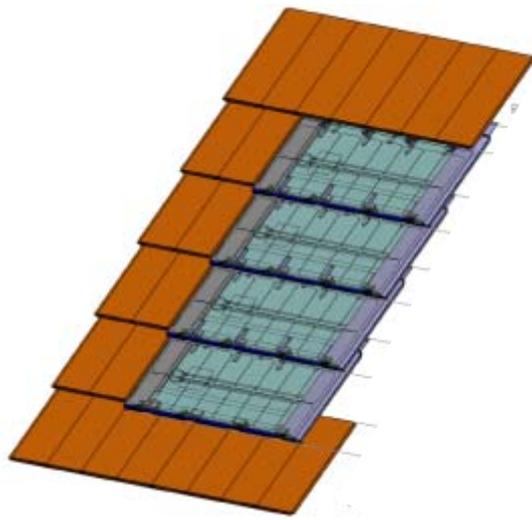


Figure 22a : Recouvrements transversaux sans abergement bas et haut ("Tuile PV")

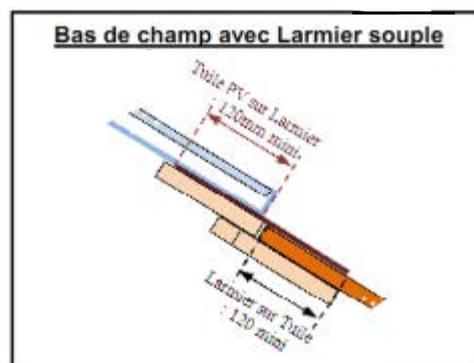
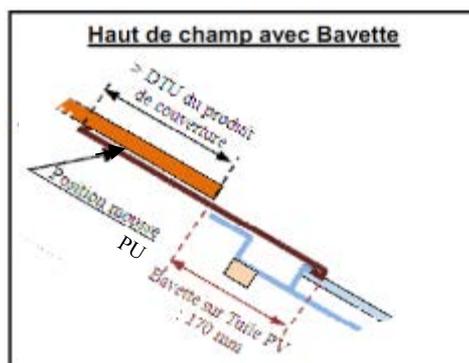
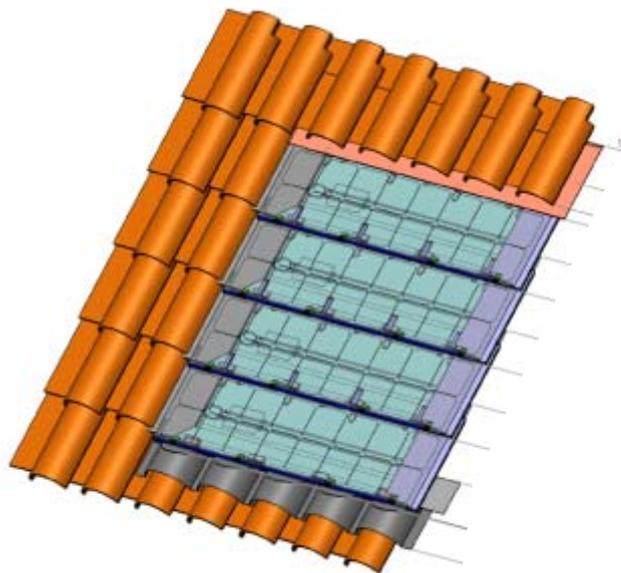
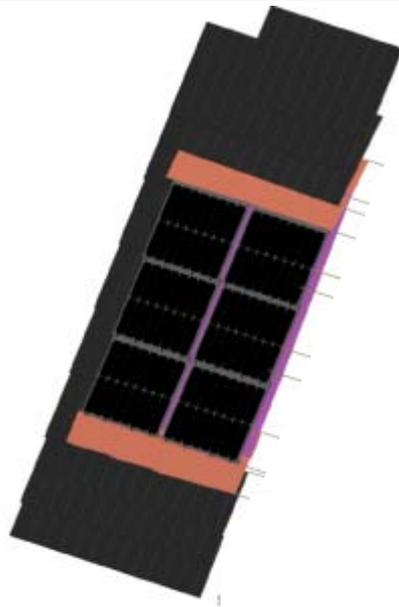
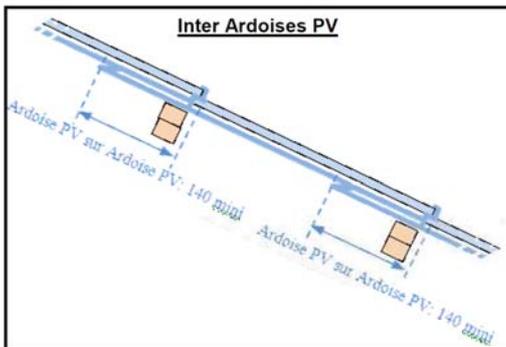
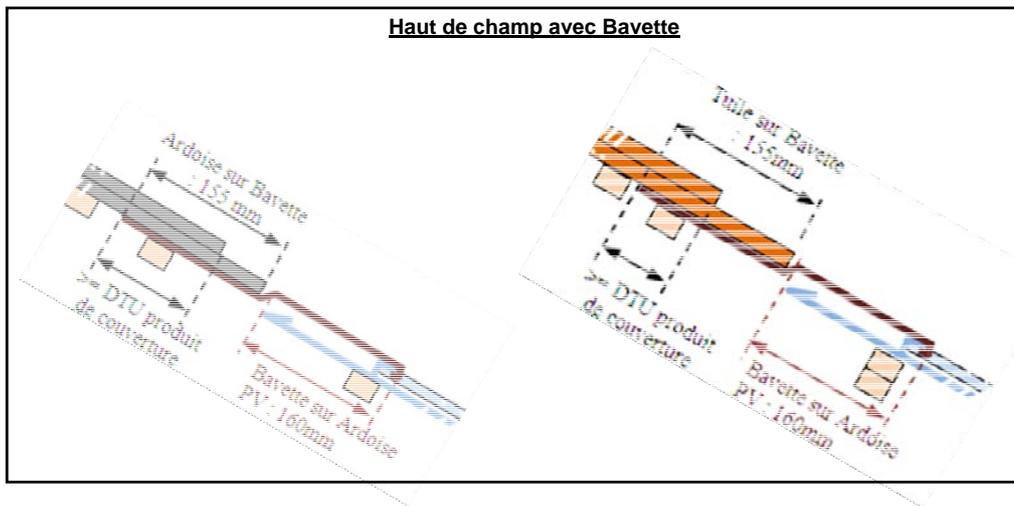


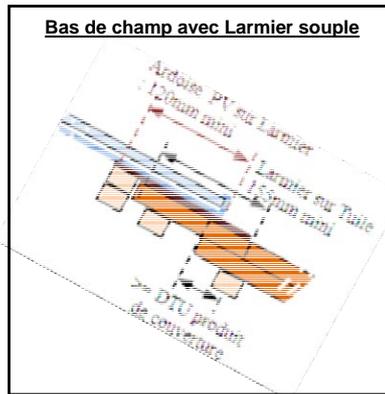
Figure 22b : Recouvrements transversaux avec abergements ("Tuile PV")



Haut de champ avec Bavette



Bas de champ avec Larmier souple



Bas de champ avec Larmier rigide

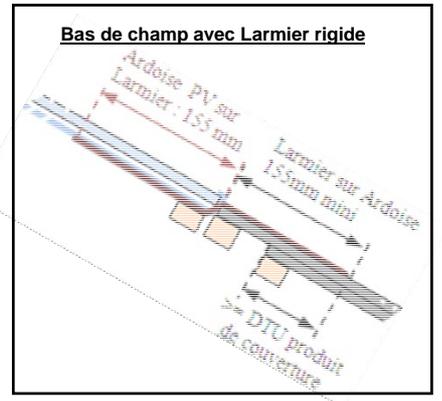
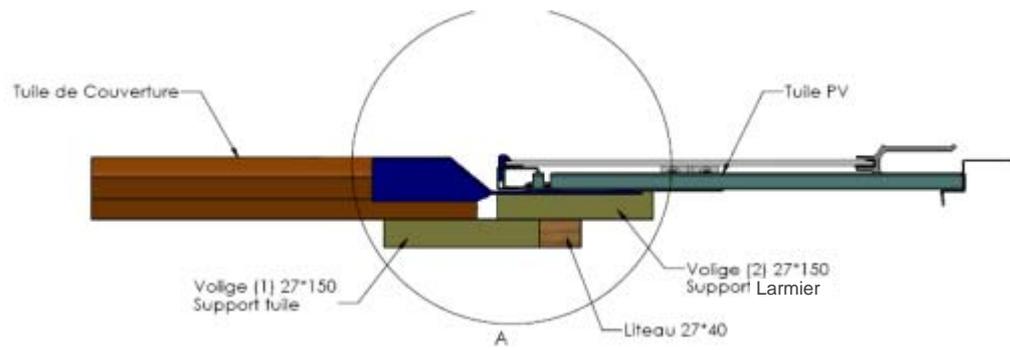


Figure 22c : Recouvrements transversaux avec abergements ("Ardoise PV")

Figure 22 – Recouvrements transversaux



exemple pour des liteaux de 27 mm d'épaisseur

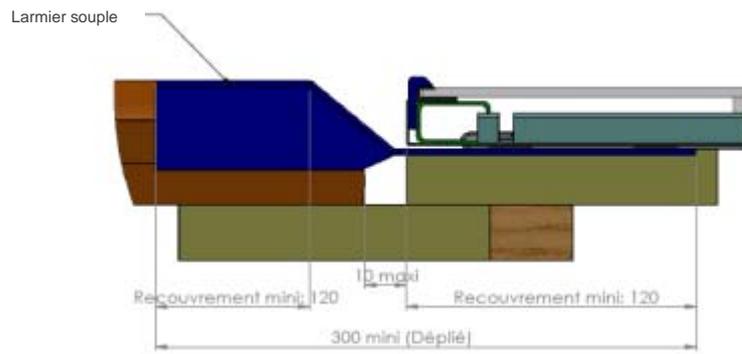
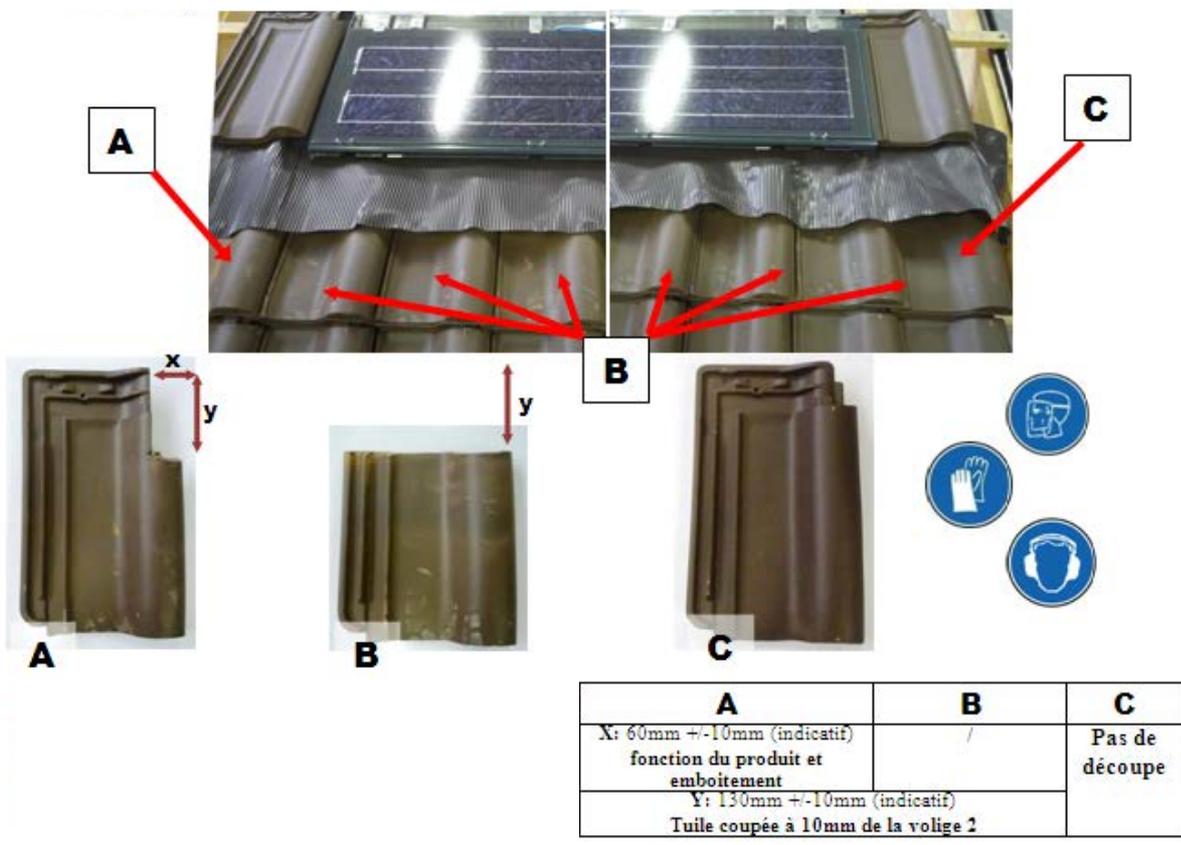
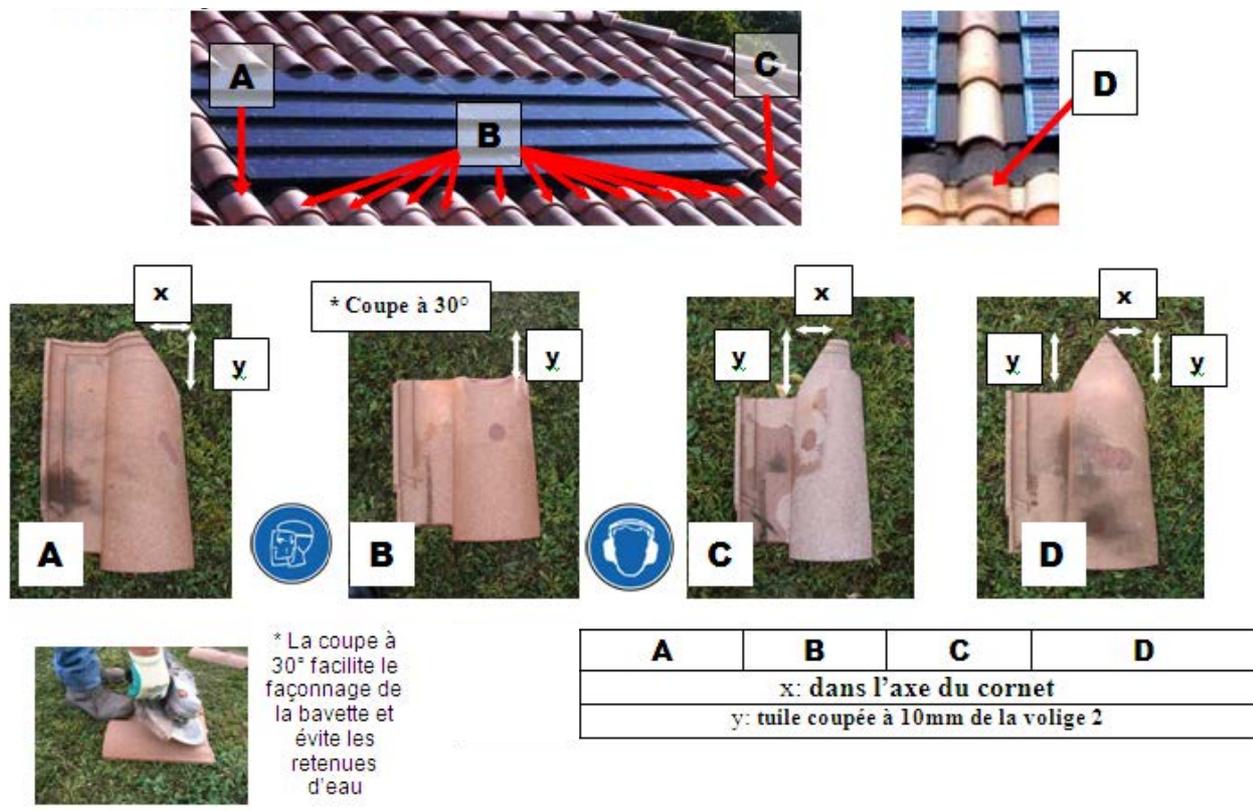


Figure 23 – Mise en œuvre des larmiers souples (l'écran de sous-toiture n'est pas représenté)

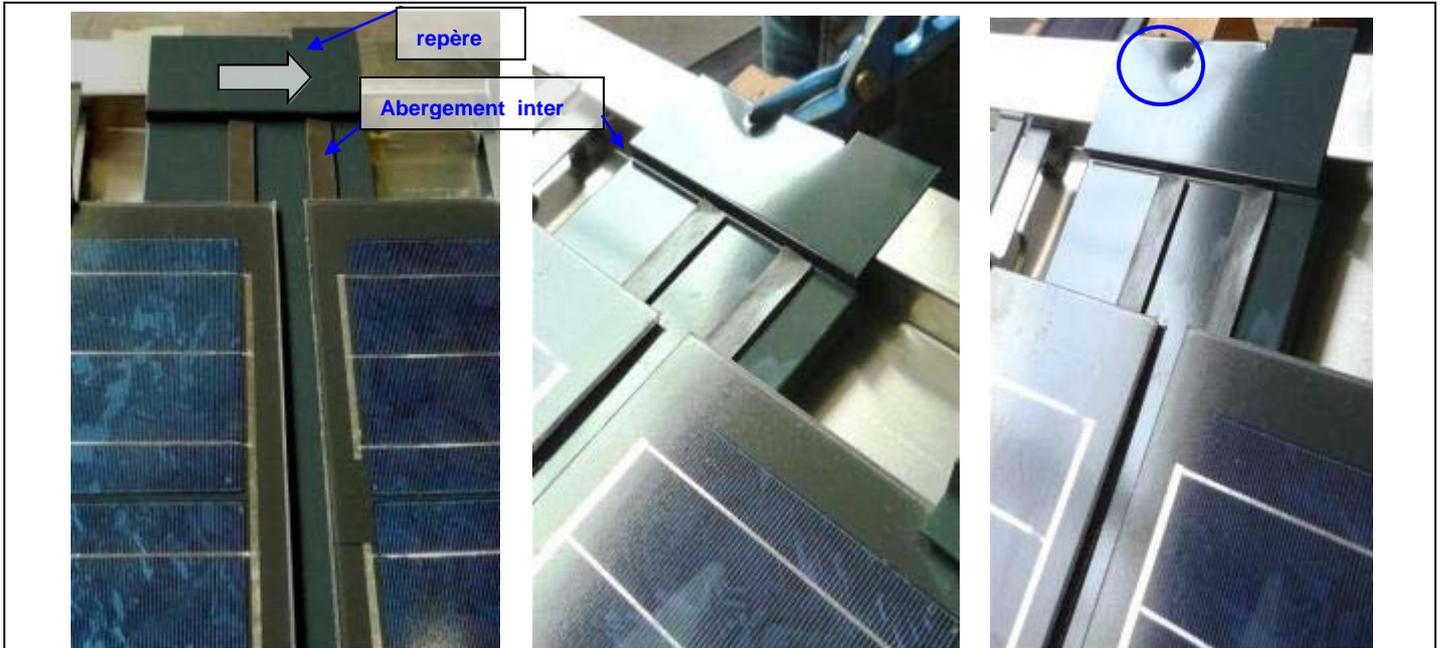


(a)



(b)

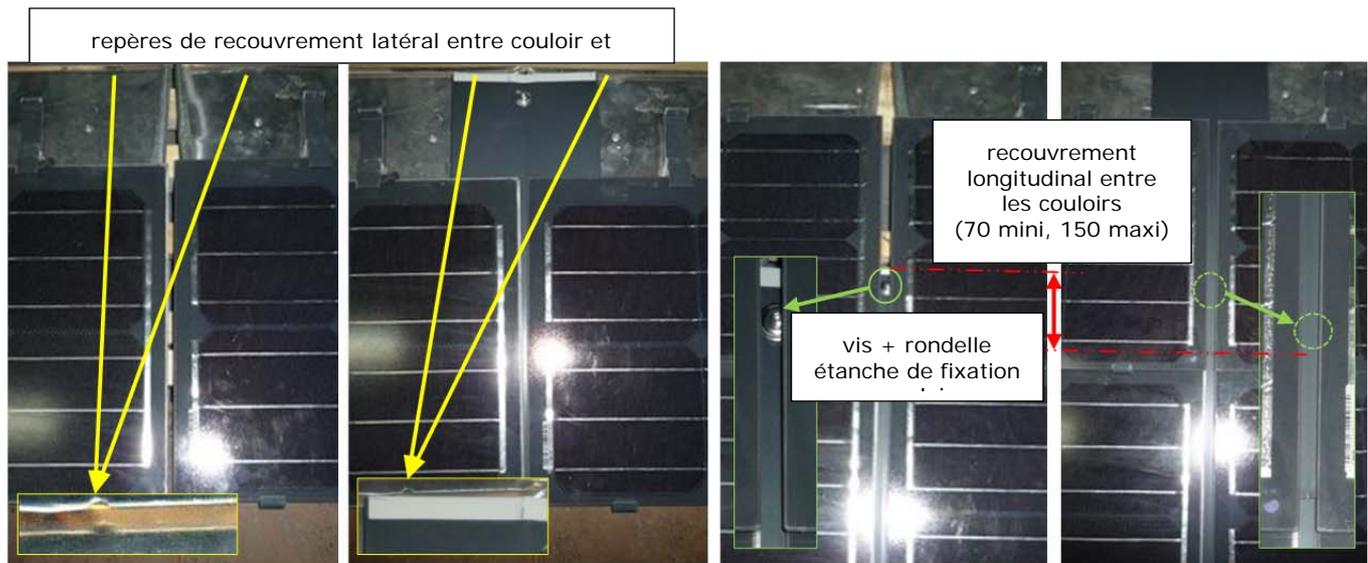
Figure 24 - Découpe des éléments de couverture en bas de champ photovoltaïque :
(a) cas faiblement galbé, (b) cas fortement galbé



Glisser les abergements inter sous le laminé et vérifier l'alignement au-delà des repères de recouvrement mini

Verrouiller le couloir à l'aide d'une pince

Cas des "Tuiles PV"



Cas des "Ardoises PV"

Figure 25 – Pose des abergements intermédiaires

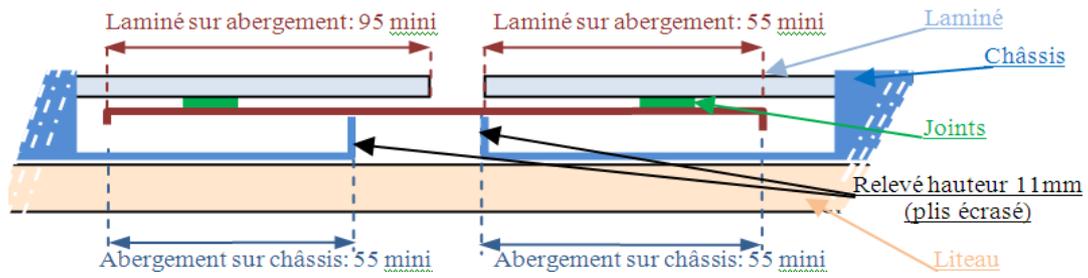


Figure 26a : Recouvrements longitudinaux "Tuiles PV"

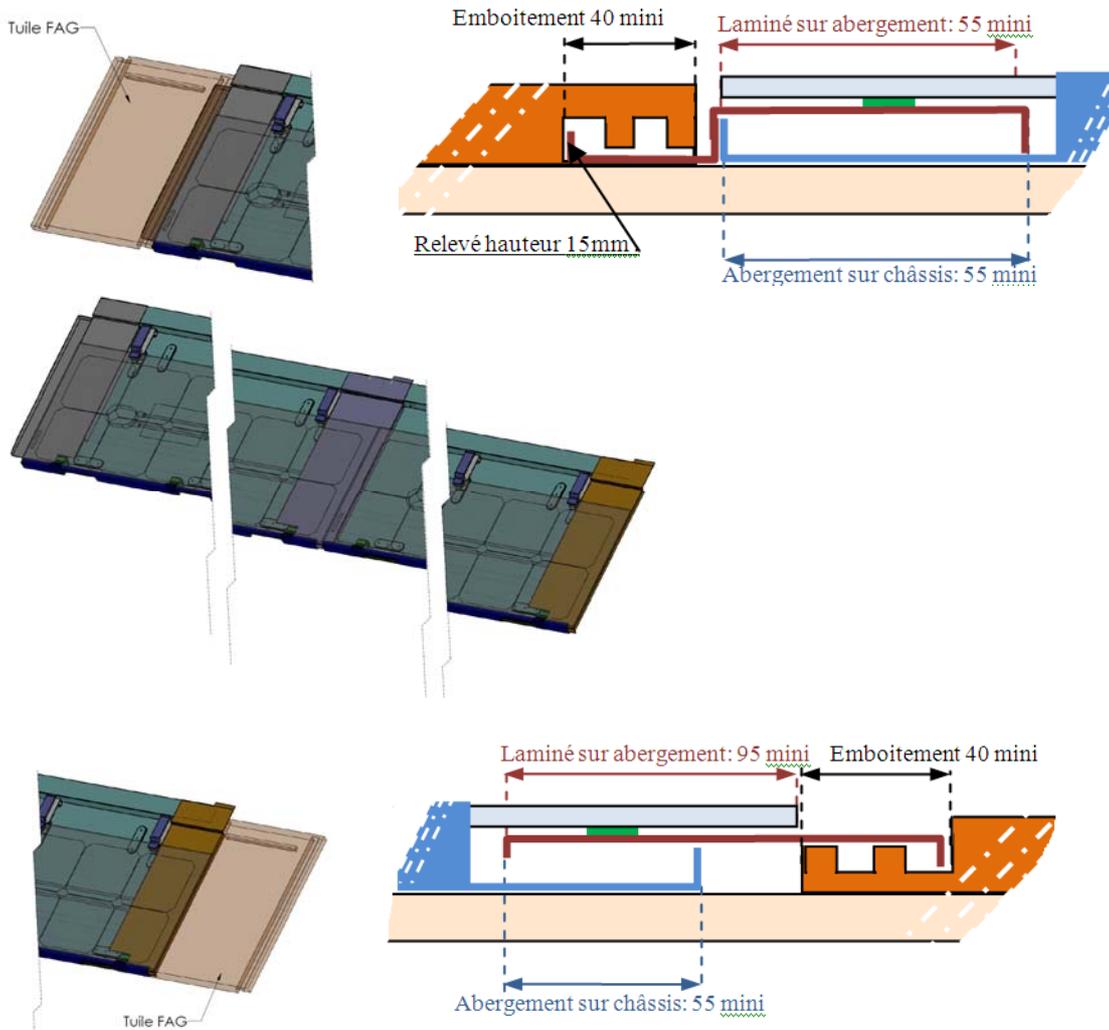


Figure 26b : Emboitements longitudinaux kit FAG avec éléments de couverture

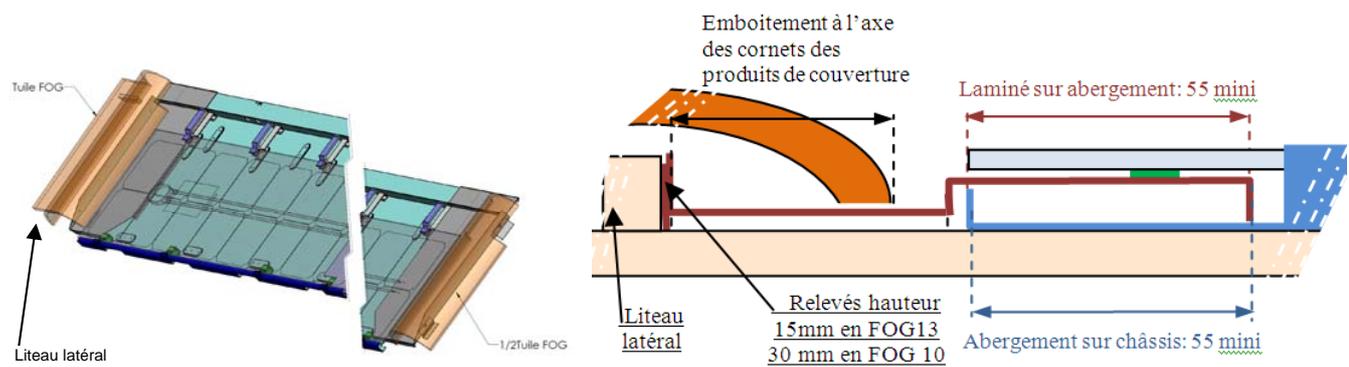
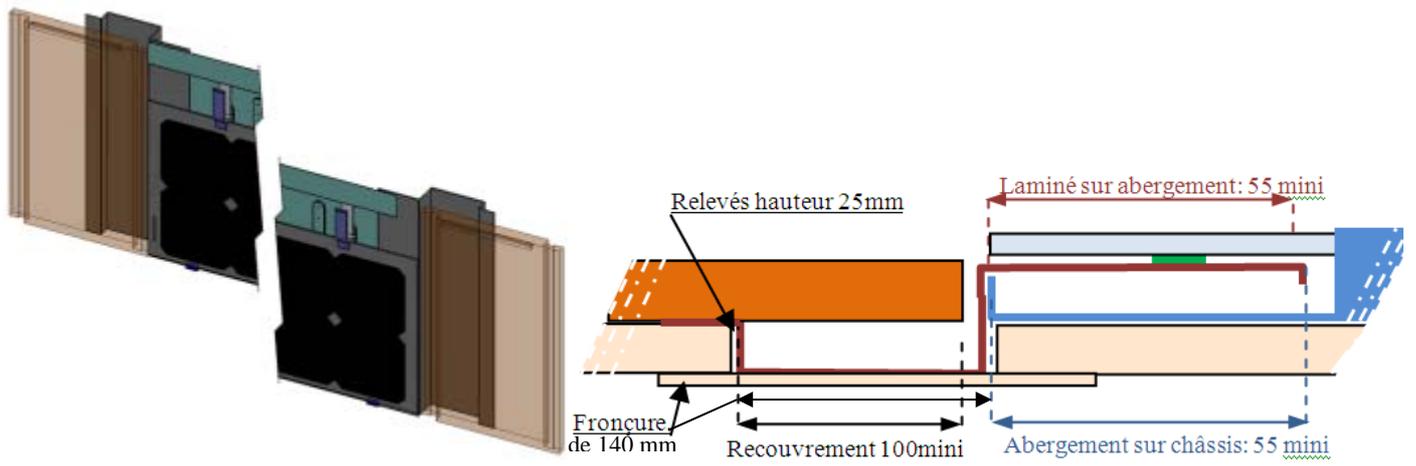


Figure 26c : Emboitements longitudinaux kit FOG avec éléments de couverture



(couloir en fronçure au niveau des chevrons. Montage à l'égout seulement)
Figure 26d : Recouvrements longitudinaux kit PP avec éléments de couverture

Figure 26 – Recouvrements longitudinaux avec "Tuiles PV"

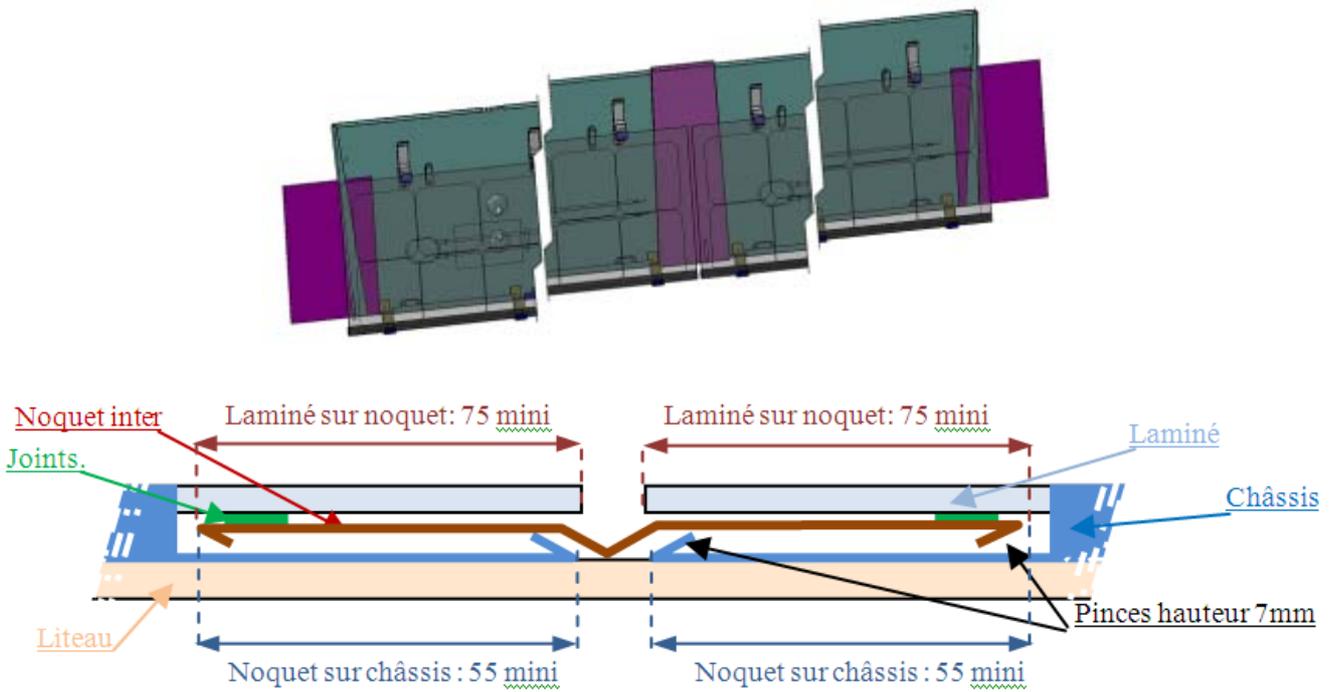


Figure 27a : Recouvrements longitudinaux Ardoise PV

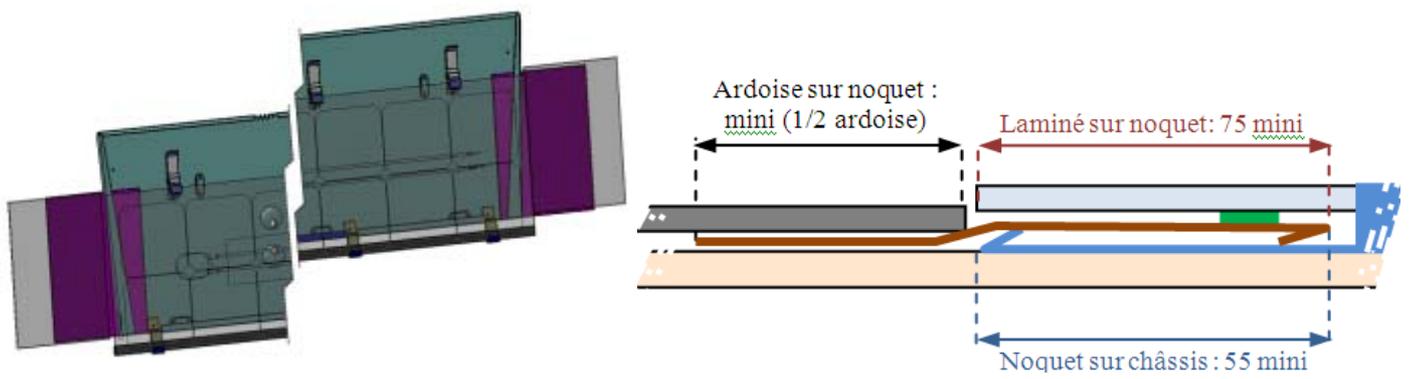


Figure 27b : Recouvrements longitudinaux kit Ardoise avec éléments de couverture

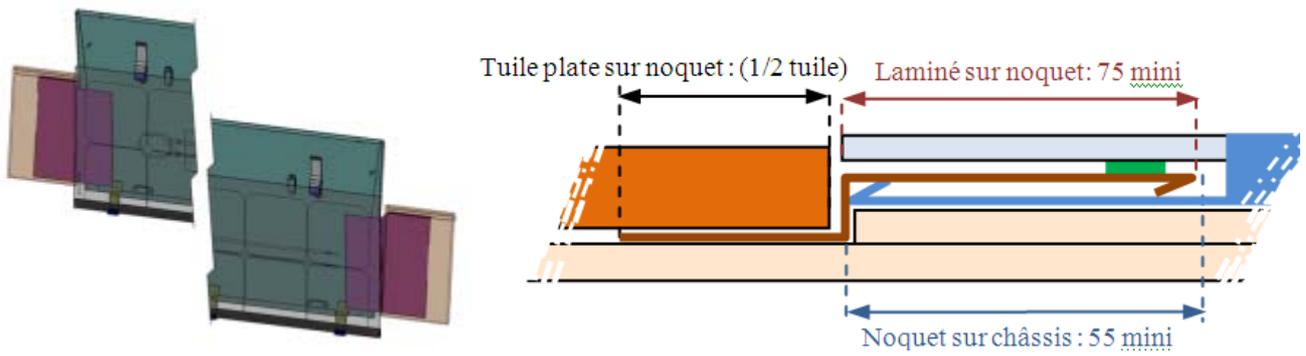


Figure 27c : Recouvrements longitudinaux kit TP

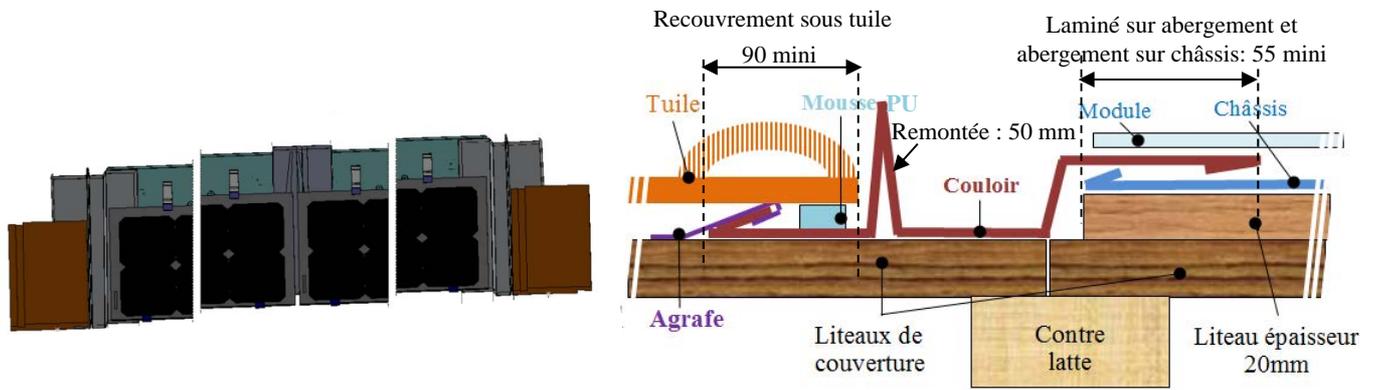


Figure 27d : Recouvrements longitudinaux kit PM avec éléments de couverture

Figure 27 – Recouvrements longitudinaux avec "Ardoises PV"



Couper les pattes de liaison inter panneaux en haut de champ PV.

Figure 28 – Découpe des pattes de liaison interpanneau ("Tuiles PV")

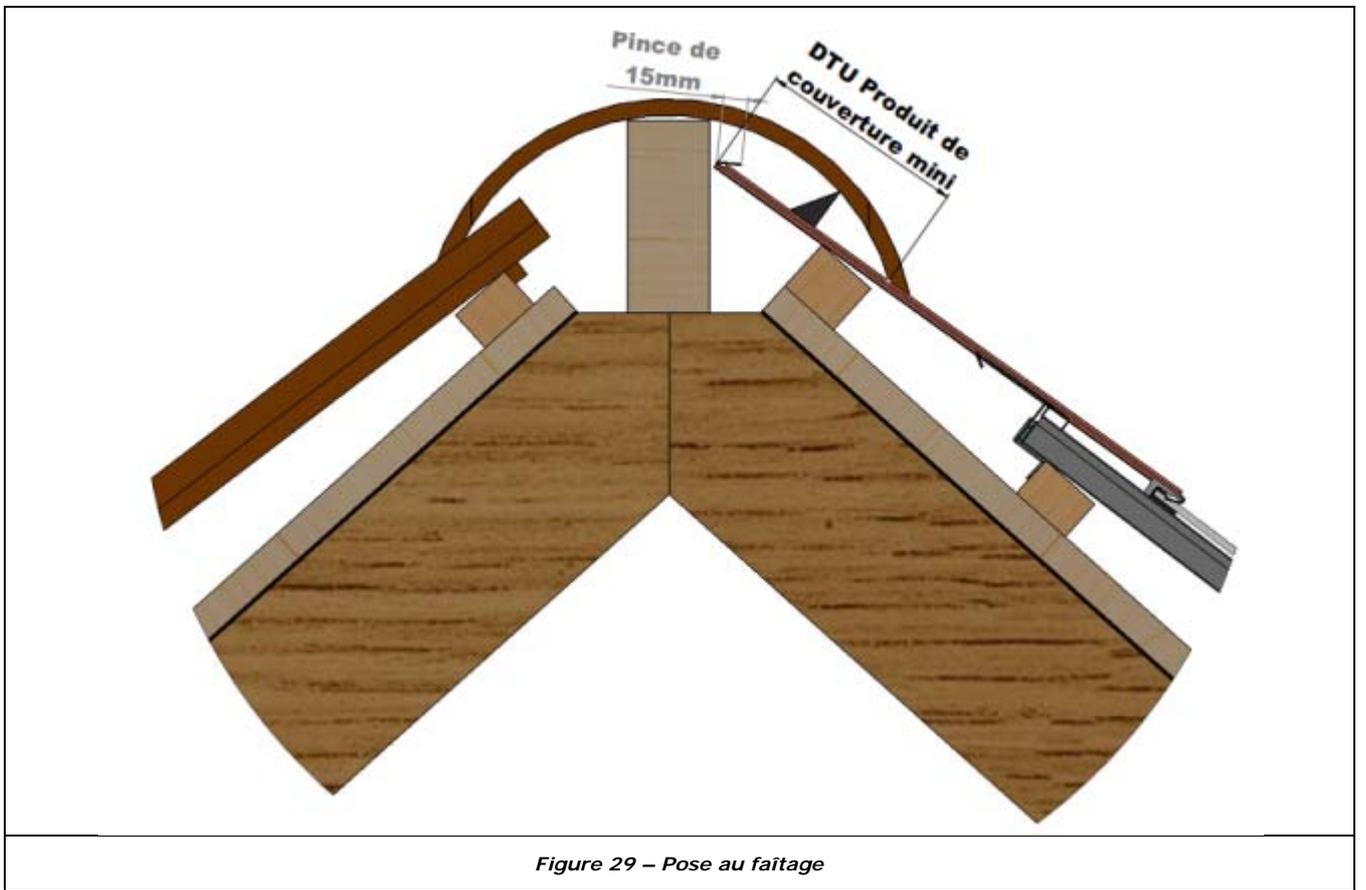


Figure 29 – Pose au faîtage