

Accord-cadre n°25 010 – CCTP - Annexe n°3

Détail du BPU : Photovoltaïque

Les références aux marques sont pour exemple. Ils n'ont aucun caractère impératif ou discriminatoire.

BPU FOURNITURE

15-01 MODULES PHOTOVOLTAÏQUE

15.1.1 MODULES PHOTOVOLTAÏQUE n°1

Le titulaire assurera la fourniture, le transport, la manutention et la pose de modules photovoltaïques bas carbone conformes aux normes en vigueur (IEC 61215, IEC 61730, CEI EN 62716, CEI EN 61701, marquage CE). Les modules devront présenter un **bilan carbone $\leq 500 \text{ kg } \text{eqCO}_2/\text{kWc}$** , attesté par un organisme agréé, et être issus de filières industrielles respectant les critères de traçabilité et d'éco-conception.

Caractéristiques minimales exigées :

- Technologie : modules monocristallins à 110 demi-cellules ou équivalent garantissant des performances similaires
- Encapsulation : verre – Tedlar cadré, cadre noir de 35 mm d'épaisseur
- Dimensions : environ **1868 × 1070 × 35 mm**
- Poids : **21 kg \pm 5 %**
- Épaisseur du verre : **3,2 mm**
- Boîtier de connexion équipé de diode(s) anti-retour
- Pré-câblage avec connecteurs rapides certifiés (MC4 ou équivalent)
- Puissance nominale unitaire : comprise entre **395 Wc et 465 Wc**
- Backsheet sans fluor (sans PFAS)
- Garantie produit : **25 ans minimum**
- Garantie de performance linéaire : **30 ans à 87,4 % de la puissance initiale minimum**
- **Clause de performances minimales :**
- **Rendement de conversion énergétique** : $\geq 20,5 \%$ en conditions normales de test (STC)
- **Tolérance de puissance** : $\pm 5 \%$
- **Température de fonctionnement** : coefficient de température du $P_{\text{max}} \leq -0,35 \text{ } ^\circ\text{C}$
- **Résistance mécanique** : capacité à supporter au moins 2400 Pa de charge statique en pression et 5400 Pa en succion pour le vent, 5400 Pa pour la neige
- **Certification environnementale** : PPE2 ou équivalent attestant le bilan carbone
- **Durabilité** : module résistant à la corrosion (IEC 61701) et à l'oxydation du cadre (certificat fabricant)

Exigences de mise en œuvre :

La pose doit être réalisée conformément aux prescriptions du fabricant et aux normes applicables. Le titulaire doit garantir la compatibilité avec les systèmes de fixation, coffrets et onduleurs. Les modules doivent être manipulés, stockés et installés sans endommager le verre, le cadre ou les connecteurs.

Livrables attendus :

- Fiches techniques et certificats de conformité des modules fournis
- Attestation de bilan carbone certifié (≤ 500 kg eqCO_2/kWc)
- Certificats de garantie produit et performance

15.1.2 MODULES PHOTOVOLTAÏQUE n°2

Le titulaire assurera la fourniture, le transport, la manutention et la pose de modules photovoltaïques bas carbone conformes aux normes en vigueur (IEC 61215, IEC 61730, CEI EN 62716, CEI EN 61701, marquage CE). Les modules devront présenter un **bilan carbone ≤ 550 kg eqCO_2/kWc** , attesté par un organisme agréé (certification PPE2 ou équivalent), et être issus de filières industrielles respectant les critères de traçabilité et d'éco-conception.

Caractéristiques minimales exigées :

- Technologie : modules monocristallins à 108 demi-cellules ou équivalent garantissant des performances similaires
- Encapsulation : verre – Tedlar cadré, cadre d'épaisseur 35 mm
- Dimensions : environ **1762 × 1134 × 30 mm**
- Poids : **$\sim 24,5$ kg ± 5 %**
- Épaisseur du verre : **2 + 2 mm** (biverre)
- Boîtier de connexion équipé de diode(s) anti-retour
- Pré-câblage avec connecteurs rapides certifiés (MC4 ou équivalent)
- Puissance nominale unitaire : comprise entre **455 Wc et 465 Wc**
- Backsheet sans fluor (sans PFAS)
- Garantie produit : **25 ans minimum**
- Garantie de performance linéaire : **30 ans à 87,4 % de la puissance initiale minimum**
- **Clause de performances minimales :**
- **Rendement de conversion énergétique** : $\geq 22,0$ % en conditions normales de test (STC)
- **Tolérance de puissance** : ± 5 %
- **Température de fonctionnement** : coefficient de température du $P_{\text{max}} \leq -0,29$ %/°C
- **Résistance mécanique** : capacité à supporter au moins 2400 Pa de charge statique en pression et 5400 Pa en succion pour le vent, 5400 Pa pour la neige
- **Certification environnementale** : PPE2 attestant le bilan carbone ≤ 550 kg eqCO_2/kWc
- **Durabilité** : module résistant à la corrosion et à l'oxydation du cadre (certification ou tests du fabricant)

Exigences de mise en œuvre :

La pose doit être réalisée conformément aux prescriptions du fabricant et aux normes applicables. Le titulaire doit garantir la compatibilité avec les systèmes de fixation, coffrets et onduleurs. Les modules doivent être manipulés, stockés et installés sans endommager le verre, le cadre ou les connecteurs.

Livrables attendus :

- Fiches techniques et certificats de conformité des modules fournis
- Attestation de bilan carbone certifié PPE2 (≤ 550 kg eqCO_2/kWc)

- Certificats de garantie produit et performance

15-02 SYSTEME D'INTEGRATION

L'entreprise adjudicataire prendra un soin particulier à l'intégration des modules photovoltaïques sur chaque site. Toute solution technique proposée devra être validée préalablement par la Maîtrise d'Ouvrage et la Maîtrise d'Œuvre avant toute exécution.

Le système d'intégration en toiture devra être conforme aux dispositions de l'article 1 de l'annexe 2 de l'arrêté du 4 mars 2011, en particulier au paragraphe §2.2. Il devra par ailleurs disposer d'un Avis Technique (ATEC), d'une Enquête Technique Nouvelle (ETN) validée par le bureau de contrôle et les assurances du Maître d'Ouvrage, ou d'un Pass Innovation équivalent.

Dans tous les cas, la solution retenue devra être couverte par une garantie décennale au bénéfice du Maître d'Ouvrage.

L'intégration architecturale de la solution technique proposée est placée sous la responsabilité du titulaire. À ce titre, il devra assurer le traitement des rives et des abergements, ainsi que l'harmonisation des coloris des modules et de leurs cadres avec l'environnement bâti.

Le système de fixation et les modules photovoltaïques devront être dimensionnés et validés d'un point de vue statique, conformément aux normes Neige et Vent NV65 modifiées 2009, en tenant compte des spécificités locales. À titre indicatif :

Pour le département du Bas-Rhin : Zone de vent 2 – Zone de neige C1

Pour le département du Haut-Rhin : Zone de vent 2 – Zone de neige B2 à C2 selon l'altitude (référentiel NV65 modifié 2009)

Les matériaux employés devront être choisis de manière à éviter tout couple électrolytique et garantir la pérennité de l'ouvrage.

Avant toute mise en œuvre, l'installateur devra s'assurer du bon dimensionnement de la structure du bâtiment et, le cas échéant, adapter la pose aux contraintes constructives propres à l'ouvrage, dans le respect des règles de l'art et des prescriptions réglementaires locales en vigueur.

Système d'intégration sous Avis Techniques ou Atex du CSTB

15.2.1 Système en surimposition sur bac acier, avec rails fixés aux pannes de la charpente métallique

Le titulaire assurera la **fourniture et la pose d'un système de fixation type Hélios B2 ou équivalent** destiné à l'installation de modules photovoltaïques sur toitures en bac acier nervuré.

Le système devra :

- Permettre la pose des modules en surimposition sans altération de l'étanchéité,
- Être réalisé en aluminium et inox pour garantir la durabilité et éviter tout couple électrolytique,
- Être dimensionné selon les charges de vent et de neige (NV65 modifiée 2009 et Eurocode),
- Disposer d'un **Avis Technique (ATEC)** validé par le bureau de contrôle et accepté par les assurances.

15.2.2 Système en surimposition sur bac métallique, avec rails fixés sur les ondes du bac

Le titulaire assurera la **fourniture et la pose d'un système de fixation en surimposition type Opti'Roof ou équivalent**, adapté aux toitures en bac métallique avec rails fixés sur les ondes.

Le système devra :

- Permettre la pose des modules en surimposition sans dégradation de l'étanchéité,
- Intégrer des rails aluminium fixés directement sur les ondes du bac, avec attaches et visserie inox,
- Être dimensionné selon les charges de vent et de neige (NV65 modifiée 2009 et Eurocode),
- Disposer d'un **Avis Technique ATEC ou AteX** validé par le bureau de contrôle et accepté par les assurances.

15.2.3 Système de plots thermosoudés sur membrane bitumeuse en toiture-terrasse, inclinaison 10°, orientation sud ou est/ouest, pose en format portrait.

Le titulaire assurera la **fourniture et la pose d'un système de plots thermosoudés type Soprasolar Fix Evo Tilt ou équivalent**, destiné à l'installation de modules photovoltaïques sur membrane bitumeuse en toiture-terrasse, avec une inclinaison de 10° et une orientation sud ou est/ouest, en pose portrait.

La prestation comprendra :

- Le **traçage et repérage des emplacements** des plots,
- Le **contrôle préalable de la mise en œuvre** de l'étanchéité,
- La **pose des plots thermosoudés** selon les prescriptions du fabricant,
- La **fourniture et mise en œuvre des réhausses et étriers** nécessaires à l'installation.

Le système devra être conforme aux normes en vigueur (NV65 modifiée 2009 et Eurocode), disposer d'un **Avis Technique (ATEC) ou ETN** validé par le bureau de contrôle et accepté par les assurances du Maître d'Ouvrage.

La responsabilité du calepinage, de l'intégration architecturale et de la conformité réglementaire incombe à l'entreprise adjudicataire.

Système d'intégration sous Enquête Technique Nouvelles E.T.N

15.2.4 Système en surimposition sur bac acier, avec rails fixés sur les ondes du bac y compris étriers et visseries

Le titulaire assurera la **fourniture et la pose d'un système de fixation en surimposition type Opti'Roof ou équivalent**, adapté aux toitures en bac métallique avec rails fixés sur les ondes.

Le système devra :

- Permettre la pose des modules en surimposition sans dégradation de l'étanchéité,
- Intégrer des rails aluminium fixés directement sur les ondes du bac, avec attaches et visserie inox,
- Être dimensionné selon les charges de vent et de neige (NV65 modifiée 2009 et Eurocode),
- Disposer d'un **E.T.N** validé par le bureau de contrôle et accepté par les assurances.

15.2.5 Système lesté pour toiture-terrasse avec profilés métalliques, inclinaison 10°, orientation est/ouest

Le titulaire assurera la fourniture et la pose d'un système de fixation type K2 D-Dome ou équivalent, destiné à l'installation de modules photovoltaïques en toiture-terrasse, sous couvert d'une Enquête Technique Nouvelle (ETN) validée par le bureau de contrôle et acceptée par les assurances du Maître d'Ouvrage.

Le système devra :

- Permettre la pose des modules en surimposition avec inclinaison de 10°, en configuration sud ou est/ouest,
- Être conçu avec des rails aluminium et accessoires inox, garantissant une durabilité optimale et l'absence de couple électrolytique,
- Être dimensionné selon les charges de vent et de neige (NV65 modifiée 2009 et Eurocode), adaptées à la zone géographique du projet,
- Prévoir les éléments de lestage nécessaires selon la notice du fabricant pour garantir la stabilité de l'installation.

La prestation comprendra la fourniture et pose du système complet, y compris les rails, étriers, accessoires et lestages. L'entreprise adjudicataire sera responsable du calepinage, du respect des prescriptions fabricant et de la conformité réglementaire de l'installation.

15.2.6 Système d'intégration de type longeron en acier avec revêtement Magnelis pour ombrière

Il sera procédé à la **fourniture et pose** d'un système d'intégration en toiture assurant la fonction de couverture étanche par les modules photovoltaïques. Ce procédé est adapté aux toitures neuves ou existantes, ombrières et toits-terrasses, jusqu'à 900 m d'altitude.

La structure porteuse sera constituée de profils métalliques anticorrosion type Magnelis® ou équivalent, fixés sur la charpente. Les modules cadrés seront insérés par glissement et maintenus par clamps de fixation par dessous.

Le système intégrera rails drainants et gouttières inter-modules assurant l'évacuation des eaux pluviales. Le poids de la structure hors modules sera d'environ 3,2 kg/m² en portrait et 1,8 kg/m² en paysage.

Caractéristiques techniques principales :

- Compatibilité pente de toiture : **5° à 20°**.
- Résistance aux charges de vent et de neige : conforme aux zones climatiques réglementaires.
- Longerons en acier galvanisé revêtu Magnelis® (épaisseur env. 1,3 mm).
- Fixations en acier inoxydable ou zingué avec joints EPDM.
- Montage par glissement des modules, sans percement de cadre.
- Étanchéité assurée par rails drainants intégrés et gouttières inter-modules.

La fourniture et pose comprendront l'ensemble des profils, accessoires, fixations et joints nécessaires, ainsi que la mise en œuvre conforme aux prescriptions du fabricant et aux règles de l'art.

15-3 CABLAGE COURANT CONTINU

15.3.1 Câblage DC en câble 6mm² conforme à la norme EN50618 avec repérages des chaînes

Le raccordement en série des modules sera effectué à l'aide de câbles solaires conformes à la norme NF EN 50618, de section adaptée 6 mm², capables de supporter une tension maximale à vide de 1 500 V.

Les connexions seront réalisées entre les boîtiers de connexion intégrés aux modules, avec étanchéité assurée par presse-étoupe ou joint torique.

Chaque module sera protégé par une ou plusieurs diodes parallèles, installées dans le boîtier de connexion.

Les câbles devront être résistants aux rayons UV, aux variations de température et aux conditions climatiques extérieures, garantissant la sécurité, la fiabilité et la performance de l'installation photovoltaïque.

La chute de tension maximale autorisée dans la partie DC de l'installation est de 3% à I_{sc}STC. (1.5% recommandé).

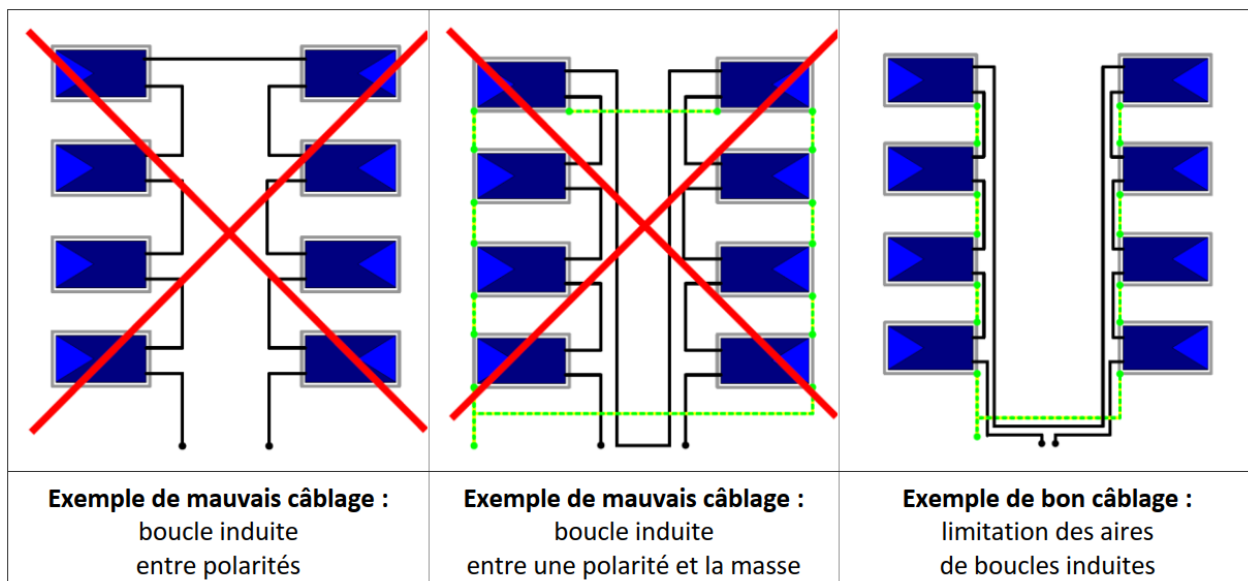
Les connexions entre modules seront réalisées à l'aide de connecteurs débrochables de classe II, spécifiés pour le courant continu et dimensionnés pour des valeurs de tension et de courant égales ou supérieures à celles des câbles auxquels ils sont raccordés. Une étiquette « Ne pas déconnecter sous charge » sera apposée à proximité de chaque connecteur. Tous les câbles devront être acheminés dans des chemins de câbles offrant un indice de protection approprié.

Les connecteurs devront :

- Garantir une protection contre les contacts directs,
- Être de classe II,
- Résister aux conditions extérieures (UV, humidité, températures extrêmes, IP ≥ 54).

Les branches ainsi formées seront reliées en parallèle via des boîtiers de jonction, qui resteront accessibles et, autant que possible, implantés à l'extérieur du bâtiment.

Dans le choix des combinaisons série-parallèle, la configuration devra minimiser la **surface des** boucles ou antennes, afin de réduire le risque de tension induite par le rayonnement magnétique de la foudre. Les polarités d'une même branche devront cheminer côte à côte sur toute leur longueur.



15-04 ONDULEURS

15.4.1 à 15.4.9 Onduleurs

Le titulaire assurera la fourniture, le raccordement et la mise en service d'onduleurs triphasés de puissance nominale comprise entre 15 kVA et 100 kVA, adaptés aux installations photovoltaïques prévues dans le cadre de l'opération.

Les onduleurs devront présenter les caractéristiques minimales suivantes :

- Topologie sans transformateur, avec rendement minimum garanti de 98 %,
- Plage de puissance : 15 à 100 kVA, en fonction du dimensionnement des sites,
- Compatibilité native avec des optimiseurs de puissance assurant un suivi au niveau du module, la gestion de l'ombrière et la sécurisation de l'installation,
- Connexion triphasée 400 V AC, fréquence 50 Hz,
- Indice de protection IP65 minimum, permettant une installation en extérieur,
- Surveillance et communication intégrées (Ethernet, RS485, Wi-Fi ou équivalent) avec portail de monitoring à distance,
- Dispositifs de sécurité intégrés : protection anti-îlotage, protection contre les surtensions, arrêt d'urgence DC intégré,
- Plage de tension d'entrée large afin de s'adapter aux différents câblages de strings,
- Garantie constructrice : 12 ans minimum, avec extension à 20 ans incluse dans le prix de l'offre.

L'entreprise adjudicataire devra assurer :

- Le dimensionnement précis des onduleurs en fonction de la configuration de chaque site,
- La fourniture des accessoires nécessaires (interfaces de communication, coffrets AC/DC si requis),
- La mise en service et la connexion aux plateformes de suivi,
- La remise des notices techniques, certificats de conformité et garanties associées.

Onduleur, de caractéristiques principales suivantes :

- Suivi de Pmax (MPPT)
- Signal 230 V +10% -15%
- Fréquence 50 Hz \pm 0,1 Hz
- Distorsion harmonique : normes CEN 50 006 et 60 555
- Arrêt auto sur disparition réseau, reconnexion auto DIN VDE 0126-1-1
- Compatible avec optimiseur de puissance
- Rendement minimum 98%
- Sectionneur DC intégré à l'onduleur
- Parafoudre type 2 AC et DC intégré
- Protection IP 65 minimum

Puissance nominale (kVA)	Plage de tension DC (V)	Tension de sortie AC (V)	Rendement max (%)	IP	Compatibilité optimiseurs	Remarques / Garantie
15	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
17	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
20	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
25	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
30	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
33,3	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
66,6	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
90	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse
100	250 – 1 000	400 triphasé	≥ 98	IP65	Oui	Garantie 12 ans, extension 20 ans incluse

15.4.10 Fourniture et pose d'optimiseurs de puissance (1 optimiseur pour 2 modules)

Le titulaire assurera la **fourniture, le câblage et la mise en service d'optimiseurs de puissance**, destinés à chaque module photovoltaïque ou paire de modules, afin d'assurer un suivi individuel de la production et d'optimiser le rendement global de l'installation.

Les optimiseurs devront présenter les caractéristiques minimales suivantes :

- **Rendement maximum** : 99,5 %
- **Suivi MPPT** : au niveau du module pour un rendement optimal et une production modulée selon l'irradiation et l'orientation de chaque module
- **Compatibilité** : avec modules bifaciaux
- **Sécurité** : très basse tension DC 1 V (fonction SafeDC) pour réduire les risques électriques en maintenance
- **Connectique** : sortie enfichable type MC4, simple à brancher et conforme aux normes électriques en vigueur
- **Configuration** : 1 optimiseur pour 2 modules photovoltaïques

L'entreprise adjudicataire devra assurer :

- Le dimensionnement des optimiseurs selon le nombre et le type de modules,
- L'intégration complète avec les onduleurs triphasés et le système de monitoring,
- La mise en service et la vérification du bon fonctionnement de chaque optimiseur,
- La remise des notices techniques, certificats de conformité et garanties associées.

15.4.11 Fourniture et pose d'un support onduleur métallique

Le titulaire assurera la **fourniture et la pose d'un châssis support** destiné à accueillir un ou plusieurs onduleurs en toiture.

Le châssis devra répondre aux exigences suivantes :

- **Matériau** : acier galvanisé à chaud pour assurer une durabilité optimale et une résistance aux intempéries,
- **Dimensionnement** : réalisé selon les préconisations techniques du fabricant de l'onduleur, en tenant compte du poids, de l'encombrement et de la ventilation nécessaire,
- **Fixation** : adaptée à la structure de la toiture, assurant la stabilité et la sécurité de l'installation,
- **Protection et sécurité** : surface plane et robuste, permettant un accès sécurisé pour la maintenance et l'inspection,
- **Compatibilité** : le châssis doit permettre l'installation des onduleurs conformément aux recommandations du fabricant, notamment pour le respect des distances de dégagement, de ventilation et d'accès aux connecteurs.

15-05 COFFRET DC

15.5.1 à 15.5.4 Coffret DC de 2 MPPT à 8 MPPT

Fourniture et pose d'un coffret DC photovoltaïque en toiture

Parafoudre type 2

1 interrupteur sectionneur par MPPT avec bobine à émission

Connecteur MC4 entrées/sorties

Câblage et repérage des câbles

Une série de coffrets DC sera installée à proximité des modules photovoltaïques, idéalement en extérieur. Si cela n'est pas possible, les coffrets pourront être positionnés dans les combles, à l'endroit de pénétration des câbles DC, afin d'assurer une coupure au plus près des modules et de limiter le nombre de câbles DC entrant dans le local onduleur.

Exigences techniques des coffrets DC :

- Enveloppe non-propagatrice de flamme, avec indice de protection IP55 minimum, ouverture uniquement à l'aide d'un outil,
- Séparation des bornes positives et négatives par une isolation adaptée, avec disposition réduisant les risques de courts-circuits lors de l'installation ou de la maintenance,
- Possibilité de sectionner les branches avec un parafoudre bipolaire dérivé à la terre, équipé d'un dispositif de déconnexion en fin de vie (intégré, en série ou combinaison des deux),
- Pour plus de deux branches : fusible DC par polarité avec voyant de défaut, dimensionné selon le guide UTE C15-712-1.
- Équipements par branche :
 - Fusible de protection contre les surintensités, adapté au courant admissible par le module,
 - Interrupteur-sectionneur bipolaire DC avec bobine pour coupure d'urgence activable à distance,
 - Parafoudre DC avec dispositif de déconnexion et dérivation à la terre,
 - Bornier de mise à la terre.

Câblage et installation :

- Câbles monobrin cuivre, parcours direct et le plus court possible, coffrets accessibles aux techniciens, fixation sécurisée,
- Entrées et sorties des câbles par presse-étoupe ou connecteurs châssis, câblage en « goutte d'eau », coffrets installés à ≥ 1 m du sol, étanchéité préservée et protection contre les insectes,
- Repérage durable de tous les câbles (sauf terre) avec étiquette gravée, selon le format : « N° onduleur / N° de la chaîne / Polarité »,
- Conformité aux règles NF C15-100 et aux spécifications ERD ADEME/EDF.

15-06 Tableau Divisionnaire Photovoltaïque

15.6.1 à 15.6.11 Coffret TDPV de 15 kVA à 250 kVA

Fourniture et pose d'un coffret AC photovoltaïque, des équipements de protection, chemin de câbles et câblages CA :

Un disjoncteur différentiel 300mA par onduleur

Parafoudre type 2

1 interrupteur sectionneur

Barette de terre

Câblage et repérage des câbles

L'ensemble des composants assurant l'arrivée, le regroupement et le comptage de l'énergie **courant alternatif** sera regroupé dans un **coffret TDPV**, de type IP55 minimum, verrouillable (ouverture possible uniquement avec un outil), avec enveloppe **non propagatrice de flamme**.

Le coffret comprendra au minimum :

- Les connexions AC nécessaires,
- 1 disjoncteur 400 V / différentiel 300 mA par **onduleur**,
- 1 interrupteur-sectionneur général AC,
- 1 parafoudre AC de type 2, omnipolaire, avec dispositif de déconnexion en fin de vie et dérivation à la terre, dimensionné et installé selon le guide **UTE C15-712-1**,
- 1 bornier de mise à la terre, à connecter avec la terre du bâtiment.

Conformité et câblage

- Les fonctions de commande, sectionnement et protection seront conformes à la **NF C15-100** et aux **spécifications ERD** élaborées par l'ADEME, EDF et les professionnels.
- Les entrées et sorties de câbles se feront par **presse-étoupes** situés en dessous du coffret, avec câblage en « goutte d'eau ».
- Le TDPV sera installé à **une hauteur minimale de 1 mètre** du sol.
- La fixation et le câblage devront garantir **l'étanchéité du coffret**, et les passe-câbles devront préserver l'étanchéité vis-à-vis des insectes.

Repérage et câbles

- Les bornes de raccordement seront clairement **repérées avec des étiquettes gravées et serties** (les étiquettes adhésives sont exclues).
- Les **schémas électriques** seront intégrés dans le coffret.
- Les câbles reliant les onduleurs au TDPV seront en **cuivre**, dimensionnés en fonction de la

puissance et de la longueur du câble.

- La **chute de tension maximale autorisée** entre le point d'injection (TGBT de chaque site) et les bornes AC des onduleurs est de **3 %**, **1 % recommandé**, à puissance nominale des onduleurs.

15-07 Arrêt d'urgence et signalisation

15.7.1 Arrêt d'urgence photovoltaïque

La commande (report d'arrêt d'urgence – AU), permettant l'actionnement des interrupteurs-sectionneurs bipolaires de chaque coffret de coupure DC en toiture si présent, ainsi que du dispositif de coupure du disjoncteur photovoltaïque, sera implantée à proximité de l'arrêt d'urgence général du site.

Pour les **ERP**, un arrêt d'urgence sera installé sur le disjoncteur photovoltaïque dans le TGBT du site. Cet arrêt, destiné notamment à l'intervention des services de secours en cas d'incendie, commandera la coupure générale AC de l'installation, comprenant :

- la mise hors service simultanée de l'ensemble des onduleurs (circuit alternatif de la production photovoltaïque),
- la coupure des interrupteurs-sectionneurs présents dans les coffrets DC en toiture.

Le câblage de liaison cheminera dans les faux-plafonds et la gaine technique des parties communes, sur chemin de câble courant faible. En cas de passage en extérieur, les câbles circuleront dans une goulotte dédiée, résistante aux UV.

Tous les percements nécessaires devront être rebouchés. Les passages de câbles seront protégés par des gaines lors des traversées de parois et d'angles droits. Les dispositions coupe-feu existantes devront être conservées. Si nécessaire, les percements seront rebouchés afin d'assurer le degré coupe-feu (mousse CF ou plâtre).

Le report se matérialisera par un **bouton-poussoir coup de poing rouge**, déverrouillable par clé, sous vitrage, résistant au feu, et équipé d'une **plaque signalétique gravée** portant la mention :
« Arrêt d'urgence – Installation photovoltaïque ».

L'ensemble des bobines sera câblé en parallèle, au moyen de câbles **CR1-C1 sans halogènes**, conformes à la norme **NFC 32-310**, avec isolation en élastomère et gaine thermoplastique résistantes au feu. L'alimentation des bobines sera réalisée depuis le TGBT.

Le dispositif de coupure d'urgence sera à **coupure omnipolaire et simultanée**.

15.7.2 à 15.7.4 Signalisation et repérage

Mise en place à tous les niveaux de l'installation de l'ensemble des étiquetages de sécurité conforme à la norme en vigueur.

Pour des raisons de sécurité et afin d'informer l'ensemble des intervenants (personnels de maintenance, organismes de contrôle, exploitant du réseau public de distribution, services de secours), il est impératif de signaler clairement la présence de deux sources de tension sur le site :

- la production photovoltaïque,
- le réseau public de distribution.



À cet effet :

Une étiquette portant les mentions :

➤ **« Attention : présence de deux sources de tension - Photovoltaïque et Réseau public de distribution »**

➤ **Isoler les deux sources avant toute intervention »**

doit être installée à proximité des onduleurs.



Les étiquettes réglementaires suivantes devront également être présentes à différents niveaux de l'installation photovoltaïque :

➤ Une étiquette de signalisation située à proximité du dispositif assurant la limite de concession en soutirage : AGCP (puissance limitée) ou interrupteur-sectionneur à coupure visible (puissance surveillée).



➤ Une étiquette de signalisation située à proximité du dispositif assurant la limite de concession en injection : AGCP (puissance limitée) ou l'interrupteur-sectionneur (puissance surveillée)

➤ Une étiquette portant la mention « Attention, câbles courant continu sous tension » :

- Sur la face avant des boîtes de jonction ;
- Sur la face avant des coffrets DC ;
- Sur les extrémités des canalisations DC. à minima



➤ Une étiquette portant la mention « Ne pas manœuvrer en charge » :

- À l'intérieur des boîtes de jonction et coffrets DC ;
- à proximité des sectionneurs-fusibles, parafoudres débrochables.

BPU PRESTATION

11 PREPARATION

11.01 Conception d'opération d'autoconsommation collective / patrimoniale

Conception d'opération d'autoconsommation collective/patrimoniale comprenant :

- Analyse technique de site / Recueil de données
- Synthèse technico-économique Acc
- Répartition des flux de production
- Démarches administratives auprès du Gestionnaire de Réseau
- Contractualisation des marchés avec un agrégateur

Conception d'opérations d'autoconsommation collective/patrimoniale multi-sites

Le titulaire assurera la conception complète des opérations d'autoconsommation collective sur l'ensemble des sites concernés par le projet. Pour chaque site, il réalisera une **analyse technique détaillée**, comprenant le recueil des données de consommation, de production et l'identification des contraintes patrimoniales, réglementaires et techniques. Une **synthèse technico-économique** sera établie individuellement pour chaque site et consolidée au niveau global, permettant d'orienter les choix de mise en œuvre. Le titulaire définira et documentera la **répartition des flux de production** entre les différents consommateurs/participants, en tenant compte des particularités de chaque implantation.

Il prendra en charge l'ensemble des **démarches administratives auprès du Gestionnaire de Réseau** (demandes de raccordement, conventions d'autoconsommation collective, gestion des PDL) ainsi que la **contractualisation des marchés avec un agrégateur**, en garantissant la cohérence contractuelle et réglementaire de l'opération. Une attention particulière sera portée à l'**harmonisation des méthodes, des procédures et des outils de suivi entre les différents sites**, afin d'assurer une vision consolidée et homogène du projet, tout en respectant les spécificités locales.

Livrables attendus :

- **Par site :**
 - Rapport d'analyse technique et patrimoniale du site
 - Note de synthèse technico-économique ACC
 - Schéma de répartition des flux de production
 - Projet de convention d'autoconsommation collective avec le GRD
 - Dossier de contractualisation avec l'agrégateur
- **À l'échelle du projet (multi-sites) :**
 - Rapport consolidé regroupant les analyses et synthèses de l'ensemble des sites
 - Schéma global de répartition et d'optimisation des flux de production
 - Proposition d'outils harmonisés de suivi, de gestion et de pilotage de l'autoconsommation collective

11.02 Réalisation d'un dossier technique (plans d'exécution, notes de calculs)

Le titulaire sera chargé de réaliser l'ensemble des dossiers techniques nécessaires à la mise en œuvre des installations photovoltaïques sur les différents sites concernés. Pour chaque site, il produira les **plans d'exécution détaillés**, conformes aux normes en vigueur (NF C15-100, UTE C15-712, DTU, Eurocodes, etc.) et adaptés aux contraintes architecturales et patrimoniales. Les **notes de**

calculs incluront les dimensionnements électriques (câblages, protections, onduleurs, sections de conducteurs, chutes de tension, dispositifs de protection contre les surtensions), les études mécaniques (structures de support, charges climatiques, efforts au vent et à la neige) ainsi que les vérifications de conformité réglementaire et de sécurité.

Le titulaire devra veiller à la **cohérence technique entre tous les sites** et à l'harmonisation des solutions retenues, tout en tenant compte des spécificités locales. Les documents devront être suffisamment détaillés pour permettre une exécution sans ambiguïté par les entreprises de travaux et constituer un support de référence pour le suivi de chantier et la réception des ouvrages.

11.03 Installation de chantier

Le titulaire sera responsable de la mise en place, de la gestion et du repli du chantier sur chacun des sites concernés. Il assurera l'**organisation logistique complète**, incluant l'approvisionnement en matériels et équipements, leur **stockage sécurisé** sur site (dans des zones définies en accord avec la Maîtrise d'Ouvrage et conformes aux règles de sécurité et d'accessibilité), ainsi que la mise en œuvre des installations provisoires nécessaires au bon déroulement des travaux.

Il devra prévoir et entretenir un **balisage adapté** (signalisation, protections collectives, clôtures temporaires, dispositifs lumineux si nécessaire), garantissant la sécurité des usagers, des riverains et des intervenants. Le titulaire mettra en œuvre un dispositif de **gestion et d'évacuation des déchets de chantier**, conformément à la réglementation en vigueur (tri sélectif, filières agréées, traçabilité des déchets). Les justificatifs de traitement et de valorisation devront être fournis à la Maîtrise d'Ouvrage.

La gestion du chantier devra respecter les contraintes propres à chaque site (patrimoniales, environnementales, sécurité des accès, coactivité avec d'autres activités). Une coordination rigoureuse sera assurée afin de minimiser l'impact sur les usagers et d'assurer la **sécurité et la propreté permanente des lieux**.

11.04 à 11.06 Mise en place d'une sécurité collective

Le titulaire sera tenu d'assurer la mise en place, l'entretien et le repli des dispositifs de sécurité collective nécessaires aux travaux en toiture-terrasse et en toiture inclinée sur chacun des sites du projet. Ces dispositifs devront être conformes aux normes en vigueur (notamment NF EN 13374, NF EN 12811, Code du Travail, recommandations de la CARSAT/OPPBTB) et garantir la sécurité permanente des intervenants.

Les prestations comprennent à minima :

- La **fourniture et la pose de garde-corps de chantier** et/ou de filets de protection, avec fixation adaptée sur acrotère, sans altération durable de l'ouvrage existant.
- L'**installation d'une tour d'échafaudage** permettant l'accès sécurisé en toiture, d'une hauteur comprise entre 4 et 12 mètres, incluant après démontage le rebouchage des éventuelles réservations ou perçages à l'aide de mousse de polyuréthane ou de silicone.
- La **mise en place d'un échafaudage** adapté aux configurations de toiture-terrasse ou de toiture inclinée, incluant également le rebouchage des éventuelles réservations après dépose.

Le titulaire devra veiller à l'adaptation des moyens de sécurité aux contraintes spécifiques de chaque site et maintenir ces dispositifs en bon état tout au long du chantier. Le repli devra être effectué proprement, sans dégradation du bâti existant.

11 Documentations – DOE - Contrôles

11.07 Remise de Dossier des Ouvrages Exécutés

L'entrepreneur devra assurer la réception de l'ensemble de ses ouvrages nécessaires au parfait fonctionnement du générateur photovoltaïque.

Cette réception sera réalisée conjointement avec le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage, après l'exécution des Opérations Préalables à la Réception (OPR), l'achèvement des essais et la correction par l'entreprise des éventuels défauts constatés.

L'entrepreneur restera responsable de ses ouvrages et supportera les conséquences de tout défaut ou malfaçon identifiés postérieurement à la réception, y compris les travaux supplémentaires rendus nécessaires.

La réception des ouvrages ne pourra intervenir qu'après le raccordement effectif de l'installation en autoconsommation.

Le procès-verbal de réception ne sera établi qu'après remise du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) en version informatique. La liste des documents constitutifs du DOE est précisée à l'article ... du CCAP.

Sauf stipulation contraire, le délai de garantie est fixé à un (1) an à compter de la date d'effet de la réception. Durant cette période, l'entrepreneur titulaire est tenu au parfait achèvement des installations. À ce titre, il devra notamment :

- réaliser les réglages finaux de l'installation,
- remédier à tout défaut de fonctionnement constaté,
- remplacer les appareils présentant une usure anormale.

Pour les équipements ou parties d'installation ayant fait l'objet de modifications ou de remplacements au cours de la période de garantie, le délai de garantie pourra être prolongé en conséquence.

11.08 Essais, mise en service de l'installation

Toutes les opérations de contrôle et les essais seront réalisés par l'entreprise titulaire, conformément aux prescriptions des Documents Techniques Unifiés (DTU) en vigueur.

L'entreprise titulaire est tenue d'effectuer son propre autocontrôle.

Dans le dossier avant-travaux, elle devra fournir la liste des tests d'autocontrôle qu'elle prévoit de réaliser afin de vérifier la conformité de ses ouvrages.

Les autocontrôles suivants sont obligatoires et devront faire l'objet d'un rapport transmis à la maîtrise d'œuvre :

- Test de tension à vide des modules : remise d'un rapport visé par la maîtrise d'œuvre,
- Contrôle du serrage des connectiques et des borniers : l'utilisation d'un tournevis dynamométrique est obligatoire pour le serrage des borniers.

En fonction des modules photovoltaïques retenus, la maîtrise d'œuvre pourra exiger la vérification systématique du serrage des connectiques au niveau des boîtiers de modules.

11.09 Consuel

Les démarches auprès du CONSUEL pour obtenir l'attestation nécessaire à la mise en service de l'installation solaire photovoltaïque seront assurés et à la charge du titulaire.

11.10 Attestation S21

Conformément aux dispositions réglementaires en vigueur, pour toute installation photovoltaïque d'une puissance supérieure à **100 kWc**, l'entreprise titulaire devra faire réaliser une **attestation de conformité au décret S21** par un **organisme agréé**.

Cette attestation aura pour objet de vérifier que l'installation respecte l'ensemble des prescriptions techniques et de sécurité applicables, notamment en matière de raccordement au réseau public de distribution et de protection des personnes et des biens.

L'entreprise titulaire devra :

- mandater un organisme agréé pour la réalisation de l'attestation,
- fournir à l'organisme l'ensemble des documents et informations nécessaires,
- remettre l'attestation dûment validée à la maîtrise d'œuvre et au maître d'ouvrage avant la mise en service définitive de l'installation.

Le coût afférent à cette attestation sera à la charge exclusive de l'entreprise titulaire et devra être intégré dans son offre.

Aucun procès-verbal de réception ne pourra être établi sans la remise de cette attestation.

11 CONTRAT DE MAINTENANCE

11.11 à 11.14 Contrat de maintenance

L'entreprise devra remettre une **proposition de contrat d'entretien et de maintenance** portant sur les installations photovoltaïques qu'elle aura réalisées. Ce contrat devra être **chiffré pour une durée minimale d'un (1) an**.

Les opérations de maintenance, compte tenu de leur technicité et des risques liés à la manipulation d'une installation photovoltaïque, devront être réalisées exclusivement par du **personnel qualifié et compétent**.

Toutes les interventions devront respecter les dispositions prévues dans le chapitre « **Sécurité sur chantier** » du présent document.

Les prestations de maintenance seront rémunérées selon les modalités suivantes :

- **Forfait annuel** pour la maintenance préventive annuelle d'une puissance de :
 - Jusqu'à 50kWc
 - Comprise entre 51 et 100kWc
 - Comprise entre 101 et 200 kWc
 - Comprise entre 201 et 500 kWc
- **Facturation à l'intervention**, basée sur des **prix unitaires préalablement acceptés par le maître d'ouvrage** pour toute opération ponctuelle ou curative.

Maintenance préventive

L'entreprise devra prévoir **une visite de maintenance par an**, comprenant à minima les opérations suivantes :

1. Vérification visuelle en extérieur

- Contrôle de l'état des modules photovoltaïques (décolorations, bris de vitre, traces, salissures...),
- Vérification de l'absence de nouveaux masques ou ombres portées (végétation, constructions voisines...),
- Contrôle de l'état du système de montage et des fixations,
- Vérification de l'état des chemins d'évacuation des eaux pluviales, le cas échéant,
- Entretien de la toiture-terrasse, le cas échéant (désherbage, suppression des jeunes pousses, évacuation des feuilles et déchets divers).

2. Vérification en sous-face des modules (si accessible)

- Contrôle visuel du système de montage et des fixations,
- Vérification de l'état des chemins d'évacuation d'eau résiduelle ou de condensation,
- Contrôle de la ventilation en sous-face des modules photovoltaïques,
- Inspection visuelle des câbles, connexions et boîtiers de raccordement (resserrage si nécessaire),
- Vérification des liaisons équipotentielles.

3. Vérification des équipements électriques (armoire électrique)

- Vérification et dépoussiérage des tableaux électriques, resserrage des bornes,
- Contrôle des fusibles, disjoncteurs, parafoudres et boîtes de jonction.

Maintenance Curative

Un **système de télésuivi** permettra au maître d'ouvrage de suivre à distance les performances de l'installation photovoltaïque. En cas de problème détecté, le **CROUS** contactera l'entreprise chargée de la maintenance.

La prestation de télésuivi **n'est pas incluse**

Intervention sur site en cas de défaut

- L'entreprise de maintenance devra intervenir sur site **dans un délai maximum de 48 heures** pour identifier la cause du problème.
- Dans la mesure du possible, le défaut devra être corrigé lors de cette intervention.
- Le coût du matériel nécessaire à la correction du défaut (hors garantie) sera facturé au maître d'ouvrage.
- À l'issue de l'intervention, l'entreprise devra rédiger un **rapport détaillé** sur la cause du problème.
- Si la panne n'a pas pu être résolue lors de cette visite, l'entreprise devra proposer des **solutions chiffrées** permettant de rétablir le fonctionnement de l'installation.

Est inclus dans la maintenance, 4h d'intervention sur l'année (y compris les déplacements), au-delà

les prix horaires de mains d'œuvre et déplacement indiqués dans le BPU Prestation s'appliquent.

Garantie des équipements

L'entreprise de maintenance est également tenue de faire appliquer, si nécessaire, les garanties fournies par les différents fournisseurs pour les équipements de l'installation photovoltaïque.

Rapport d'intervention

Pour chaque visite liée à un défaut, un **rapport d'intervention** devra être établi dans un délai maximum d'une semaine et remis au maître d'ouvrage. Ce rapport devra préciser notamment :

- les anomalies constatées,
- les causes probables,
- les actions de maintenance curatives réalisées.