

CCTP : INSTALLATIONS DE CENTRALES PHOTOVOLTAIQUES EN TOITURE

Lot n°02 - Photovoltaïque



Réalisation de deux centrales photovoltaïques en toiture du CNRS Côte d'Azur à Valbonne & réfection des étanchéités

**250 rue Albert Einstein,
06905 Sophia Antipolis CEDEX**

MAÎTRE D'OUVRAGE

CNRS Délégation régionale Côte d'Azur

Les Lucioles 1 – Campus Azur
250 rue Albert Einstein CS 10 269
06 905 SOPHIA ANTIPOLIS CEDEX



Sommaire

1. GÉNÉRALITES	3
1.1. Définitions et Abréviations	3
1.2. Description du projet.....	4
1.3. Périmètre du lot	4
2. PRESCRIPTIONS PARTICULIERES	6
2.1. Documents généraux de référence.....	6
2.2. Réception spécifique au lot photovoltaïque	8
2.3. Spécifications électriques	9
2.3.1. Echauffements	9
2.3.2. Chutes de tension	9
2.3.3. Pouvoir de coupure.....	9
2.3.4. Nature des tableaux électriques.....	9
2.3.5. Composition des tableaux électriques	10
2.3.6. Distribution, fils et câbles.....	10
2.3.7. Circuits de terre.....	13
3. DESCRIPTIF DES OUVRAGES.....	13
3.1. Dossiers d'études - spécificités lot 2.....	13
3.1.1. Electricité.....	13
3.1.2. Système d'intégration.....	14
3.2. Equipements photovoltaïques	14
3.2.1. Modules photovoltaïques.....	14
3.2.2. Système d'intégration.....	15
3.2.3. Onduleurs photovoltaïques	16
3.2.4. Coffret AC.....	18
3.2.5. Raccordement au TGBT	19
3.2.6. Monitoring	20
3.2.7. Mise en place d'une station météo.....	21
3.2.8. Plans existants à modifier.....	21
3.2.9. Pièces de rechange.....	22
3.3. Raccordement électrique	22
3.3.1. Câblage DC.....	22
3.3.2. Câblage AC	24
3.3.3. Chemins de câbles.....	25
3.3.4. Mise à la terre	26
3.3.5. Signalisation.....	27
3.3.6. Coupure générale d'urgence.....	28
3.3.7. Percements	28
3.4. Démarches administratives	29
3.4.1. Consuel.....	29
3.4.2. Demande de raccordement.....	29

1. GÉNÉRALITES

1.1. Définitions et Abréviations

Tout au long de ce document,

- "Soumissionnaire" désigne toute entreprise répondant à la présente consultation,
- "Titulaire" désigne le soumissionnaire retenu pour le présent lot,
- "Contractant" désigne le CNRS Côte d'Azur,
- "Parties" désigne le CNRS Côte d'Azur et Le titulaire,

AC	Alternating Current (Courant Alternatif)
AES	Alimentation Electrique de Sécurité (alimentation à recouvrement)
AO	Appel d'Offres
ASI	Alimentation Sans Interruption
CC	Court-Circuit
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CEI	Normes internationales (Commission Électrotechnique Internationale)
CR	Convention de Raccordement au réseau ENEDIS
CRE	Commission de Régulation de l'Energie
DC	Direct Current (Courant Continu)
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés
DPGF	Décomposition des Prix Globale et Forfaitaire
DSI	Direction des Services Informatiques
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
HTA	Haute Tension A
MALT	Mise à la Terre
MOA	Maître d'Ouvrage
PAQ	Plan Assurance Qualité
PC	Permis de Construire
PDL	Poste De Livraison
PPA	Power Purchase Agreement : contrat d'achat d'électricité
PPSPS	Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
PTF	Proposition Technique et Financière de raccordement au réseau ENEDIS
PTR	Poste de Transformation
PV	Photovoltaïque
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
STC	Standard Test Conditions : conditions d'essai normalisées pour les modules
TD	Tableau Divisionnaire
TGBT	Tableau Général Basse Tension
Wc	Watt-crête : puissance électrique maximale produite dans les STC

1.2. Description du projet



Figure 1 – Vue satellite du bâtiment n°2 à gauche et n°3 à droite.

Le projet comprend la réalisation de deux centrales photovoltaïques respectivement de 84,64kWc sur le bâtiment n°2, répartie en 57,04kWc sur la grande toiture et 27,6kWc sur la petite toiture ; et de 29,44kWc sur la toiture du bâtiment n°3. Au total, 114,08kWc seront installés.

L'ensemble des équipements photovoltaïques, y compris onduleur et coffret AC, seront placés en toiture afin d'éviter la pénétration de câble en courant continu dans les bâtiments. Les câbles AC chemineront en façade depuis les toitures jusqu'aux locaux techniques respectifs de chacun des deux bâtiments avant de se raccorder sur les TGBT. Ce projet valorisera l'énergie produite en autoconsommation individuelle aux niveaux de l'ensemble des bâtiments détenus par le CNRS délégation Côte d'Azur.

1.3. Périmètre du lot

Le titulaire devra fournir et installer l'ensemble des équipements et consommables nécessaires permettant la réalisation des 2 centrales photovoltaïques clef-en main en basse tension. Le titulaire réalisera tous les travaux nécessaires à la mise en service dans le respect des normes en vigueur, des bonnes pratiques et de l'état de l'art.

Le titulaire aura à sa charge :

Photovoltaïque et électricité générale

- Fourniture et traçage des emplacements pour les plots thermosoudés du système d'intégration, installés par le lot couverture (quantité sur plan du lot photovoltaïque) ;
Une réception spécifique des plots thermosoudés est à prévoir au lot photovoltaïque pour l'interfaçage entre les deux lots ;
- Fourniture et pose du système d'intégration en toiture (hors plots thermosoudés) ;
- Fourniture, pose et raccordement des modules photovoltaïques ;
- Fourniture, pose et raccordement des onduleurs côté DC et côté AC ;
- Fourniture, pose et raccordement des câbles PV, des connecteurs, des Y éventuels et de l'ensemble du matériel requis pour la mise en œuvre de ces composants (outils, visserie, étiquetage...) ;
- Fourniture et pose des chemins de câbles DC ;

- Fourniture, pose et raccordement du matériel électrique AC (Armoires, coffrets AC et divers) ;
- Fourniture, pose et raccordement des câbles AC ;
- Repérage et étiquetage de tout l'appareillage électrique (câbles, onduleurs, coffrets, TGBT) ;
- Repérage et étiquetage conforme de tout l'appareillage électrique (câbles, onduleurs, coffrets, TGBT), notamment au départ et à l'arrivée de chaque câble ;
- Fourniture et pose de l'ensemble des dispositifs nécessaires à la mise à la terre (6^2Cu , 25^2Cu , rondelles bimétal...) ;
- Fourniture, pose et raccordement des systèmes de monitoring ;
- Fourniture, pose et raccordement des capteurs météo ;
- Réalisation des percements nécessaires ;
- Essais et mises en service des installations.

Réalisations diverses

- Toutes les mesures nécessaires au bon déroulement du chantier : nettoyage régulier du chantier, mise en place de dispositif de protection des biens et des personnes, l'amenée, le montage, l'entretien, la dépose et le repliement des moyens d'accès, la gestion et l'évacuation des déchets ;
- La présence à l'ensemble des réunions de chantier ;
- Transport de l'ensemble du matériel sur site, y compris le stockage temporaire et l'échange en cas de bris ;
- La réception et le stockage des matériels sur une aire de stockage sous sa responsabilité. Le chantier sera approvisionné régulièrement afin de limiter les surfaces de stockage sur site ;
- Levages et manutentions nécessaires à l'ensemble des travaux ;
- Autocontrôles, essais et mise en service de l'ensemble des ouvrages ;
- Remise en état et repliement du chantier.

2. PRESCRIPTIONS PARTICULIERES

2.1. Documents généraux de référence

Les ouvrages du présent lot devront être exécutés dans les règles de l'art et dans le respect des textes réglementaires et des normes en vigueur à la date de l'exécution du chantier. La liste ci-dessous n'est pas exhaustive. Elle rappelle certaines normes auxquelles les soumissionnaires sauront se référer dans la préparation de leur offre et la réalisation des ouvrages listés au paragraphe correspondant. Les ouvrages prévus seront effectués en respectant notamment :

Généralités :

- Le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) applicable aux marchés des travaux
- Le Cahier des Clauses Spéciales des Documents Techniques Unifiés (CCS-DTU)
- Le Cahier des Clauses Administratives Générales (CCAG) applicables aux marchés publics de travaux approuvé et l'ensemble des textes qui l'ont modifié
- Le Code de la construction et de l'habitation
- Le Code de l'urbanisme
- Le Code de la santé publique
- Le Code de l'environnement
- Le Code du travail
- La loi n°93-1418 du 31 décembre 1993, transposant la Directive européenne 92/57/CEE du 24 juin 1992 ainsi que le décret n°94-1159 du 26 décembre 1994 modifiant le décret n°2003-68 du 24 janvier 2003 relatif à la coordination en matière de sécurité et de protection de la santé lors de opérations de bâtiment ou de génie civil
- La réglementation française et européenne en vigueur
- Les documents C.R.A.M., C.N.A.M. et I.N.R.S.
- Le règlement sanitaire départemental
- La réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)
- La réglementation relative aux Etablissements Recevant du Public ;
- Les recommandations émanant de la Commission Centrale de Sécurité du 7 février 2013 (CCS 2013) concernant les installations photovoltaïques
- La réglementation relative à l'accès du bâtiment aux personnes handicapées ;
- Le Répertoire des Eléments et Ensembles Fabriqués du Bâtiment (R.E.E.F.B.)
- Les enquêtes techniques nouvelle (ETN), avis techniques et ATEX du C.S.T.B. et des assurances pour les procédés de construction, ouvrages ou matériaux faisant l'objet de tels avis

Solaire photovoltaïque :

Électricité

- Arrêté du 6 octobre 2021 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment, hangar ou ombrière utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée inférieure ou égale à 500 kilowatts telles que visées au 3° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie et situées en métropole

- NF C15-100 : installations électriques à basse tension ;
- NF C14-100 : installations de branchement à basse tension ;
- NF C15-900 : compatibilité entre les courants forts et faibles ;
- Guide CSTB du 24 janvier 2024 : Guide pour installer des systèmes photovoltaïques à l'attention des aménageurs, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, entreprises
- Guide UTE C 15-712-1 : Installations photovoltaïques sans stockage et raccordées au réseau public de distribution
- Guide UTE C 15-712-2 : Installations photovoltaïques autonomes non raccordées au réseau public de distribution avec stockage par batterie
- NF EN 50549-1 : Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension
- NF EN 61730-1 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques – Partie 1 : exigences pour la construction
- NF EN 61730-2 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques – Partie 2 : exigences pour les essais
- NF EN 61215 : Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre
- Qualification de la conception et homologation
- NF EN 61646 : Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre
- Qualification de la conception et homologation
- NF EN 50521 : Connecteurs pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais
- CEI 61000-3-2 (Édition 2.2 de 2004) : Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2 : limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils inférieur ou égal à 16 A par phase)

Protection Foudre

- NF C 17-102 : Protection contre la foudre – Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
- UTE C 61-740-51 : Parafoudres basse tension – Partie 51 : Parafoudres connectés aux installations de générateurs photovoltaïques - Exigences et essais
- Guide pratique UTE C 61-740-52 : Parafoudres pour application spécifiques incluant le courant continu – partie 52 : Principes de choix et d'application – Parafoudres connectés aux installations photovoltaïques

Documents techniques unifiés (DTU)

Les DTU sont applicables contractuellement aux marchés de travaux de la présente opération. La valeur de ces textes sera la date de rédaction du Dossier de Consultation des Entreprises.

Les DTU se réfèrent, pour la réalisation des travaux, à des produits ou procédés de construction, dont l'aptitude à satisfaire aux dispositions techniques des DTU est reconnue par l'expérience. Lorsqu'un CCTP se réfère à cet effet à un Avis Technique ou à un Document Technique d'Application, ou à une certification de produit, le titulaire du marché pourra proposer au maître d'ouvrage des produits qui bénéficient de modes de preuve en vigueur dans d'autres États Membres de l'Espace économique européen, qu'il estime équivalents et qui sont attestés par des organismes accrédités par des organismes signataires des accords dits «E. A.», ou à défaut fournissant la preuve de leur conformité à la norme EN 45011. Le titulaire du marché devra alors apporter au maître d'ouvrage les éléments de preuve qui sont nécessaires à l'appréciation de l'équivalence. L'acceptation par le maître d'ouvrage d'une telle équivalence est définie par le Cahier des Clauses Spéciales des DTU (CCS).

La liste présentée plus haut n'est pas limitative et les soumissionnaires devront tenir compte de toutes les normes, DTU, règles, applicables à ce type d'opération. En tout état de cause, les modifications imposées par les organismes de contrôle et de sécurité ne seront pas considérées comme travaux supplémentaires, en cas de non-application des Règlements, des Normes et des règles de l'Art.

2.2. Réception spécifique au lot photovoltaïque

La vérification des performances du générateur ne pouvant être réalisée qu'une fois l'installation raccordée au réseau, la réception du présent poste technique sera réalisée en deux fois :

- Une première réception (dite « à froid ») partielle à l'issue des travaux mais réalisée avant raccordement avec consignation des non-conformités ;
- Puis après raccordement, contrôle du bon fonctionnement et des performances de l'installation avec consignation des non-conformités.

Lorsque toutes les non-conformités, disfonctionnement, anomalies ou contre-performances sont résolues par l'entrepreneur, la levée de réserves définitives sera validée par l'ensemble des parties.

L'entrepreneur prendra à sa charge l'ensemble des dispositions pour prévoir des essais nécessaires à ces différentes réceptions.

- La réception du DOE complet ;
- La vérification de la qualité du câblage des modules conformément au présent CCTP (connexions électriques correctes des modules, limitation des surfaces de boucles, fixation des câbles électriques, repérage des branches...) ;
- La vérification minutieuse des connecteurs PV coté DC serti sur place. Attention : en cas de sertissage jugé défectueux (traction mécanique manuelle) l'entrepreneur aura à sa charge la reprise de l'ensemble des connecteurs PV du générateur ;
- La vérification électrique de toutes les chaînes de modules et notamment la vérification du document produit par chaque titulaire sur les Vco de toutes les chaînes du générateur ;
- La vérification des mises à la terre ;
- La vérification des liaisons électriques (modules → onduleurs → coffret AC) : sections de câble, qualité de fixation, protection mécanique, étanchéité, passages éventuels de parois, repérage des liaisons...
- La vérification des bonnes fixations des coffrets et de la conformité au CCTP de leur pose (ventilation, aération, position relative des équipements...) ;
- La vérification des installations mécaniques et électriques de protection des personnes et des équipements ;
- La vérification de la conformité des appareillages électriques (BJ, onduleurs, coffrets et armoires) ;
- La vérification des caractéristiques de chacun des équipements et de leur installation et positionnement conformément aux recommandations, notices et plans fournis dans le présent CCTP ;
- La vérification du fonctionnement et des performances de la centrale ;
- Le contrôle du monitoring ;
- Liste des données des flash tests des modules en sortie d'usine (format .csv ou .xlsx). Les essais seront effectués en présence du Maître d'œuvre et du Bureau de Contrôle.

2.3. Spécifications électriques

2.3.1. Echauffements

Les intensités admissibles compatibles avec l'échauffement au niveau des canalisations et appareillages seront celles indiquées par la norme NFC 15-100 et les recommandations des constructeurs.

2.3.2. Chutes de tension

Les chutes de tension admises entre les sources et le point le plus éloigné de chaque circuit terminal seront les suivantes :

- Courant continu : 1 % en moyenne et 2% maximum sur la liaison string – onduleur la plus longue
- Courant alternatif : 1% en moyenne et 2% maximum sur la liaison coffret AC-TGBT la plus longue

2.3.3. Pouvoir de coupure

Les appareils utilisés pour la protection et la coupure des différents circuits devront être compatibles avec le courant de court-circuit possible en régime de crête asymétrique.

2.3.4. Nature des tableaux électriques

Les armoires électriques auront les caractéristiques suivantes :

- Armoire sous tôlerie métallique ;
- Installation intérieure, murale ;
- Construction modulaire avec plastrons et portes ;
- IP55, Classe II pour les boîtiers extérieurs
- IP43 classe II pour les boîtiers intérieurs
- Dispositif de sectionnement à coupure visible ;
- Barrettes de terre raccordées à tous les conducteurs de protection et au conducteur principal relié à la prise de terre ;
- Parafoudre de tête ;
- Blocs Vigi ;
- Protection différentielle 30 mA pour tous les circuits ;
- Pochettes à plans ;
- Serrure à clé ;
- Repérage par étiquettes gravées ;
- Ensemble du câblage et raccordements ;
- Schéma unifilaire des installations électriques ;
- Réserve de 30% dans l'armoire.

2.3.5. Composition des tableaux électriques

- **Appareillage**

Dans le coffret, tous les équipements seront facilement accessibles, les organes de protection seront judicieusement disposés de façon à permettre toute manipulation de manière aisée, sans nécessité d'intervenir sur l'appareillage voisin et sans risque de contact avec des pièces métalliques sous tension.

L'ensemble de l'appareillage sera monté sur traverses en profil EN symétriques ou asymétriques fixées sur les montants incorporés au fond.

Les disjoncteurs de 1 à 100 A seront du type modulaire. Au-dessus de ce calibre, ils seront du type boîtier moulé prise avant.

Les disjoncteurs protégeront systématiquement tous les pôles, même le neutre.

Les calibres des contacteurs de puissance seront calculés suivant les caractéristiques des circuits alimentés.

Le pouvoir de coupure sera selon la norme CEI 60947-2 et 60898 pour les disjoncteurs.

- **Borniers**

Les raccordements supérieurs à 6 mm² s'effectueront par le biais de borniers à cage à ressort.

Les bornes seront automatiques.

- **Câblage**

Les câbles supérieurs ou égaux à 10 mm² seront posés en nappes non jointives.

Les câbles de section inférieure ou égale à 6 mm² seront posés sous goulottes largement dimensionnées et préservant une réserve minimale 20% en volume.

Les raccordements intérieurs se feront par cosse ou embouts pré-isolés correspondant à la section du fil utilisé.

Il sera utilisé dès que possible des connexions par borne automatique.

L'ensemble du câblage réalisé en fils HO7 VK sera passé sous goulottes plastiques.

La section des barres de neutre sera égale à la section des barres de chacune des phases.

- **Repérage**

La référence sera apposée sur l'appareillage lui-même, toutes les extrémités des couvercles de goulottes ou des plastrons.

Le repérage individuel des conducteurs sera effectué en précisant les tenants et aboutissants.

Tous les conducteurs de puissance, de commande et de signalisation seront repérés à l'intérieur de l'armoire et en amont et aval du bornier.

A chaque pénétration (armoires, boîtes de dérivation, etc.), chaque câble sera muni d'une étiquette de signalisation indiquant sa provenance.

Les borniers seront repérés avec la même numérotation que les conducteurs s'y raccordant.

Tout l'appareillage (disjoncteurs, coupe-circuits, contacteurs, boutons poussoirs, voyants, etc.) sera repéré par étiquettes plastiques gravées dans la masse.

Un schéma unifilaire sera réalisé par Le titulaire suivant la normalisation en vigueur avec reprise des différents repères cités au-dessus. Ce document sera plastifié et mis en place dans une pochette autocollante à l'intérieur de la porte. Les schémas reprendront les pouvoirs de coupure, intensité de court-circuit, dispositifs de protection, nature, nombre et section des conducteurs, la puissance de chaque circuit.

Avant exécution, ce schéma sera soumis à l'approbation du Maître d'Œuvre.

2.3.6. Distribution, fils et câbles

- **Section des conducteurs**

D'une façon générale, toutes les sections seront déterminées par Le titulaire chargée de la réalisation des travaux, en tenant compte de la chute de tension, de l'échauffement admissible, du réglage des appareils de protection et des tableaux de la NFC 15-100, concernant les installations électriques. Le titulaire fournira, à l'appui de cette demande, toutes les notes de calculs nécessaires pour juger de leur bien fondé.

En tout état de cause et en règle générale, les sections minimales imposées pour les câbles basse tension seront de :

- 1,5 mm² minimum pour les circuits d'éclairage et de télécommande (conducteurs cuivre) ;
- 2,5 mm² minimum pour les autres circuits (conducteurs cuivre).

Enfin, il est spécifié que la responsabilité du titulaire en matière de détermination de la section des conducteurs sera pleine et entière. Toutes les canalisations d'un quelconque circuit de l'installation, dont la section des conducteurs s'avérerait après vérification insuffisante, seront remplacées et refaites, conformément aux prescriptions du présent document par les soins et aux frais exclusifs du titulaire.

La section du conducteur neutre ne devra pas être inférieure à la section (unitaire) du/des conducteur(s) de phase du circuit.

- **Distribution secondaire**

Les canalisations seront réalisées :

- En câble U1000 R2V ou U1000 AR2V passé sous goulotte PVC ou sous conduit isolant ;
- En conducteur HO7 V passé sous conduit ICTA ;
- En câble résistant au feu – CR1 passé sous goulotte PVC ou sous conduit isolant.

Le choix et la mise en œuvre des canalisations devront tenir compte des principes fondamentaux applicables aux conducteurs et câbles (intensités admissibles, protection contre les influences externes, mode de pose, etc.).

Les câbles seront identifiés à chaque tenant, aboutissant et à chaque changement de direction par systèmes de repérages.

- **Distribution mixte**

- Les canalisations seront réalisées :

Vers l'appareillage, en ceinturage des locaux et encadrements de portes, par fils HO7 V de section appropriée posés en plénum et en cloisons en priorité ou sous goulotte, moulure PVC ou surplinte DLP avec réhausse, y compris couvercle, angles variables et accessoires pour une finition parfaite. Les dérivations se feront sous boîtes intégrées aux DLP.

Vers les points lumineux, en fils HO7 V de section appropriée, posés en plénum.

- **Mode de distribution**

Les cheminements seront réalisés en plénum ou en cloisons pour les descentes et le ceinturage des pièces. Ponctuellement, l'usage de goulottes compartimentées peut s'avérer nécessaire.

Hormis pour l'éclairage de sécurité, tout câble ne pourra contenir que les conducteurs d'un seul et même circuit défini étant issu d'une seule et même protection. En particulier, les circuits de télécommande ne pourront pas utiliser les mêmes câbles que ceux des circuits d'alimentation.

La répartition des circuits sera réalisée par l'intermédiaire de boîtes de répartition qui seront à connexion rapide et devront être soigneusement fixées. Elles seront aisément accessibles et comporteront le repérage des circuits les concernant.

Les connexions avec liaisons souples seront effectuées entre l'appareil d'éclairage et le boîtier par des conducteurs clipsables et seront de même marque que les boîtiers de répartition.

Pour les diverses petites forces, les boîtes de dérivation apparentes seront soigneusement fixées à proximité de l'appareil alimenté.

La pose de câbles en vrac est rigoureusement interdite. Dans les faux-plafonds, la pose de chemins de câble est obligatoire.

Lorsque 2 ou 3 câbles auront un parcours commun, ceux-ci seront fixés individuellement. En aucun cas, les fixations de câbles en faisceaux ou torons ne pourront être acceptées.

- **Rappel**

Avant leur mise en service, tous les câbles, sans exception, seront contrôlés, en particulier en ce qui concerne la mesure des isolements et leur repérage.

Dans tous les cas de montage en apparent, la mise en œuvre sera soignée afin de satisfaire à l'esthétique.

Sur leurs parcours, les conduits seront fixés par attaches plastiques ou colliers bichromatés ou similaire à raison de :

- Une attache tous les 2 m pour les parcours verticaux ;
- Une attache tous les 0,30 m pour les parcours horizontaux sur champ ;
- Une attache de part et d'autre des dérivations ou changements de direction.

Il est interdit de faire cheminer dans un même câble, des conducteurs appartenant à des circuits différents.

Tous les circuits divisionnaires devront être repérés à leur origine, jusqu'à leurs raccordements terminaux y compris les dérivations.

- **Interactions courants forts/courants faibles**

Les cheminements des réseaux courants forts et courants faibles devront être réalisés dans des conduits distincts ou des compartiments de goulottes distincts. Les croisements entre ces canalisations doivent être évités ou être réalisés à 90°. Dans tous les cas, une attention particulière devra être apportée afin de ne pas réaliser de boucles entre ces deux types de réseaux.

- **Couleurs des conducteurs**

Les couleurs des conducteurs souples (fils HO7 VK) seront les suivants :

Conducteurs de protection Vert / Jaune ;

Conducteurs de puissance :

- Ph/1 Noir ;
- Ph/2 Brun ;
- Ph/3 Rouge ;
- Neutre Bleu ;
- Circuits de commande (alternatif) Rouge.

- **Goulottes**

Dans le cas de distribution apparente, les goulottes seront capotées blanche et ayant les caractéristiques suivantes :

- PVC ;
- Conforme à la norme 68-102 article 201 de non-propagation de la flamme ;
- Comportant l'estampille NF ;
- IP minimal 40-5.

Toutes les goulottes de distribution horizontale seront accrochées à la dalle du plancher haut, aux structures porteuses, ou sur les parois verticales maçonnées.

- **Niveau de prestation attendu**

- Sauf spécifications contraires, l'ensemble des appareillages décrits sont prévus avec le câblage électrique nécessaire (éclairage, prises de courants, etc.), à la fois en termes de sections et de sécurité incendie.

2.3.7. Circuits de terre

La valeur de la résistance de la prise de terre est en principe déterminée en tenant compte de la limite conventionnelle de la tension de contact présumée, fixée à 50 V dans des conditions normales.

La résistance de la prise de terre devra être conforme aux valeurs précisées dans la norme NF C 15-100.

Dans le cas où la résistance souhaitée ne pourrait être obtenue, Le titulaire aura la charge de réaliser et mettre en œuvre le matériel et les moyens nécessaires pour obtenir la valeur réglementaire.

L'interconnexion des conducteurs de protection entre eux sera réalisée sur une barre cuivre relié à l'armoire générale électrique sur le conducteur de protection principale issue de la prise de terre du bâtiment.

- **Cas des appareils de classe II :**

Tous les circuits basse tension, quels qu'ils soient, même pour l'alimentation d'appareillage ou d'appareils de classe II ou équivalent à cette classe, seront accompagnés d'un conducteur de protection vert/jaune (qui ne sera pas raccordé, mais laissé en attente sur bornes, uniquement dans le cas des appareils de classe II).

3. DESCRIPTIF DES OUVRAGES

3.1. Dossiers d'études - spécificités lot 2

3.1.1. Electricité

- Plan d'implantation de la centrale photovoltaïque en fonction :
 - De la puissance des panneaux retenus, du nombre de modules en série par chaîne, du nombre de chaînes, etc. ;
 - Des caractéristiques électriques et des dispositions constructives des modules photovoltaïques et des structures-support retenues ;
- Plan et principe de mise à la terre de l'installation (modules, système d'intégration, structure primaire, coffrets électriques) ;
- Les fiches techniques des différents composants des centrales photovoltaïques : modules, onduleurs, coffrets de protection, etc.
- Les notices de pose des constructeurs des équipements fournis, les certificats de conformité aux normes : modules PV, onduleurs PV, parafoudre, etc.
- Les documentations, Procès-verbaux et Avis Techniques des matériaux et / ou matériels ;
- Caractéristiques des modules :
 - Flash-test des modules ;
 - Notice de mise à la terre des modules conforme à l'ETN ;
 - Attestation du fabricant spécifiant le pays d'origine des huit étapes de fabrication suivantes du module : Silicium, Lingots, Wafers, Cellules, Modules, Verre trempé, EVA, PET ;
- Etude de dimensionnement des sections de câbles DC et AC notamment :
 - Calcul des chutes de tension DC et AC ;
 - Note de calcul relative au dimensionnement en courant des câbles DC et AC ;
- Etude de productible du système photovoltaïque (calcul des pertes en lignes à puissance nominale du générateur photovoltaïque ; simulation de production mensuelle) ;
- Plan de protection électrique ;
- Schéma unifilaire global de l'installation ;
- Carnets de câbles DC et AC ;
- Plan d'implantation des réseaux secs :
 - La localisation et la nature des divers cheminements de câble,
 - Plan de réservations génie civil, charpente, etc.,

- Les plans de cheminement (CFA, CFO, fourreaux etc..) par niveau avec indication de la hauteur libre sous ceux-ci ;
- Coupe type des réseaux ;
- Spécifications techniques de tous les matériels utilisés avec références, fournisseurs, quantitatifs et fiche technique ;
- Certificats de conformité CE pour chaque matériel ;
- **Toute note de calcul jugée nécessaire dans le cadre de l'étude et de la réalisation de la centrale photovoltaïque.**

3.1.2. Système d'intégration

- Fiche technique du système d'intégration ;
- Avis technique ou ETN du système d'intégration ;
- Notice de pose du système d'intégration ;
- Note de calcul de système d'intégration.

Localisation : intégralité du projet

Cette liste n'est pas exhaustive.

Le titulaire est tenu de fournir au Contractant tout élément complémentaire qu'il lui aura été demandé.

Ces documents seront à fournir suivant les quantités définies dans le projet de contrat (y compris envoi au contrôleur technique).

Tous ces documents devront être communiqués en temps utile par Le titulaire au Contractant afin de recevoir son accord avant toute exécution. Le Contractant disposera d'un délai de 15 jours à partir de la réception des documents pour approuver les documents ou faire part de leurs commentaires ; l'approbation des documents ne dégage en rien Le titulaire de sa responsabilité.

Le titulaire est entièrement responsable de l'implantation de ses ouvrages en planimétrie et altimétrie, entrant dans les limites des tolérances admises pour la mise en œuvre des divers matériaux employés à la réalisation des travaux des autres corps d'état.

3.2. Equipements photovoltaïques

3.2.1. Modules photovoltaïques

Prestations dues :

- Fourniture et pose des modules photovoltaïques.

Caractéristiques :

- Puissances cibles (minimal à atteindre) :
 - **Bâtiment n°2 : 84,64 kWc décomposé en 2 zones : 27,6 kWc et 57,04 kWc ;**
 - **Bâtiment n°3 : 29,44 kWc ;**
- Type : monocristallin ;
- Rendement surfacique : supérieur ou égal à 22% ;
- Bilan carbone : inférieur à **550kgeqCO2/kWc** ;
- Garantie mécanique des modules : 15 ans minimum ;
- Garantie de performance après 30 ans : 80% minimum ;

- Tolérance en puissance crête : 0/+3% ou supérieur ;
- Coefficient T°/ puissance : inférieur à 0,45%/C° ;
- Compatibles avec le système d'intégration choisi (sous ATEC-avis technique ou ETN) ;
- Estampillés « SOREN » ou autre organisme agréé pour le recyclage ;
- Conformes aux normes IEC 61215, NF EN 61 730-1 et NF EN 61 730-2 ;
- Réglage et étiquetage inclus.

*Nota 1 : Le calepinage fourni en annexe est donné à titre d'exemple avec des modules de 460 Wc et de dimensions 1762*1134*30mm.*

Nota 2 : Les modules cassés à l'issue du chantier seront mis au recyclage par Le titulaire de travaux, qui se chargera de l'ensemble des démarches administratives et du transport. L'organisme de recyclage sera agréé.

Nota 3 : Les flash tests des modules seront à fournir avant le début des travaux dans le dossier d'étude.

Localisation : Toitures, voir Plan d'implantation fourni en Annexe.

3.2.2. Système d'intégration

Le poids maximal à considérer pour l'installation de la centrale photovoltaïque est de 25 daN/m².

Prestations dues :

- Fourniture du plan de calepinage avec un système compatible avec l'étanchéité mise en place ;
- Fourniture, au lot étanchéité, des plots à thermosouder du système d'intégration
- Traçage des emplacement exacts sur lesquels les plots devront être thermosoudés ;
- Réception des plots thermosoudés suite à la pose ;
- Orientation EST/OUEST selon plan d'implantation fourni en annexe ;
- Les modules reposent sur un système de réhausse permettant **une inclinaison de 10 °** des modules ;
- Mise en œuvre conformément à l'**Avis Technique (ATec)** établi, sur l'étanchéité neuve mise en place par le lot étanchéité. Cet avis devra clairement établir la compatibilité avec les modules photovoltaïques ainsi que le support ;
- Être compatible avec le complexe d'étanchéité (incluant l'étanchéité et l'isolation) et la structure de la toiture ;
- Ventilation des modules d'un minimum de 120mm ;
- Les centrales devront présenter des pans de modules avec un aspect parfaitement plan. Pour cela, le titulaire du marché réalisera tout calage nécessaire.

NOTA : Le présent lot doit la fourniture et la pose de l'ensemble des éléments du système d'intégration ; les plots devront être fournis mais non posés.

L'installateur devra respecter scrupuleusement le cahier de prescription de pose du fabricant et les prescriptions spécifiques de l'Avis Technique ou ETN de manière à avoir une centrale présentant un aspect parfaitement plan. Pour cela Le titulaire réalisera tout calage nécessaire.

La couverture que constituent les capteurs solaires et du système de pose doit assurer une étanchéité parfaite du bâtiment et respecter les règlements « neige et vent » en vigueur au lieu d'implantation et elle comportera les adaptations nécessaires aux passages des câbles. La mise en œuvre sera conforme aux prescriptions DTU et avis technique du fabricant.

Localisation : Toiture, voir Plan d'implantation fourni en Annexe. **Le calepinage devra respecter la disposition définie sur les plans fournis en annexes, prescrits par le Maître d'œuvre. Le projet étant fortement soumis au contrôle des Architectes des Bâtiments de France, il a été validé selon ce calepinage.**

3.2.3. Onduleurs photovoltaïques

Prestations dues :

- Fourniture et pose des onduleurs photovoltaïques ;
- Fourniture et pose des supports de fixation en toiture :
 - Avec auvent pour protection contre les intempéries et les rayonnements UV,
 - La répartition du poids devra être justifiée par une note du fournisseur.

Caractéristiques des onduleurs :

- Ratio DC/AC > 80% ;
- Boîtier DC intégré ;
- Tension d'entrée max autour de 1000 Vdc ;
- Avec un rendement supérieur ou égale à 98 % ;
- Avec parafoudres DC intégrés ;
- **Les onduleurs photovoltaïques devront respectés les prescriptions du cadre fixé au CCAP concernant leur provenance ;**
- **Avec 4 trackers MPPT minimum** (Maximum Power Point Tracker) ;
- Poids par onduleur < 100 kg ;
- Sans transformateur ;
- Protégés contre les conditions extérieures : IP65 a minima ;
- **Conformes aux normes NF EN 50549-1 et NF EN 50549-2 ;**
- Conformes à la directive européenne CEM ;
- Conforme aux normes CEI 62109-1 et NF EN 62109-2 ;
- Conforme aux normes CEI 61000-3-2 ou CEI 61000-3-3 ou CEI 61000-3-4 suivant la valeur du courant de sortie nominale des onduleurs ;
- Réglage, étiquetage (notamment « Attention : présence de 2 sources de tension durant la journée ») inclus ;
- Paramétrage interne du cos phi à -0.35 selon les nouvelles directives Enedis ;
- Les onduleurs devront être garantis à minima 5 ans.

Nota 1 : Le mode de pose des onduleurs et les préconisations fournis par le constructeur dans son manuel utilisateur seront scrupuleusement respectés par le contractant. En particulier, les espacements périphériques entre les onduleurs et tous autres équipements seront tenus. L'objectif est de ne pas détériorer/limiter la ventilation et la dissipation thermique de ceux-ci.

Nota 2 : Les onduleurs ne seront jamais exposés au soleil (plein Sud) ou à la pluie.

Nota 3 : Les onduleurs retenus par Le titulaire seront tels que le ratio AC/DC sera compris entre 0,8 et 0,9, ils permettront de limiter l'écrêtement annuel à 1% ou 2% de l'énergie (simulation PVsyst nécessaire pour le justifier).

Nota 4 : Les étiquettes autocollantes souples sont interdites. Les étiquettes gravées sont obligatoires pour les coffrets, avec une taille de police adaptée à la dimension du coffret.

Localisation : En toiture des bâtiments n°2 et n°3, accrochés sur les édifices indiqués ci-dessous.

Bâtiment n°2 - Emplacements onduleurs & Cheminement AC :

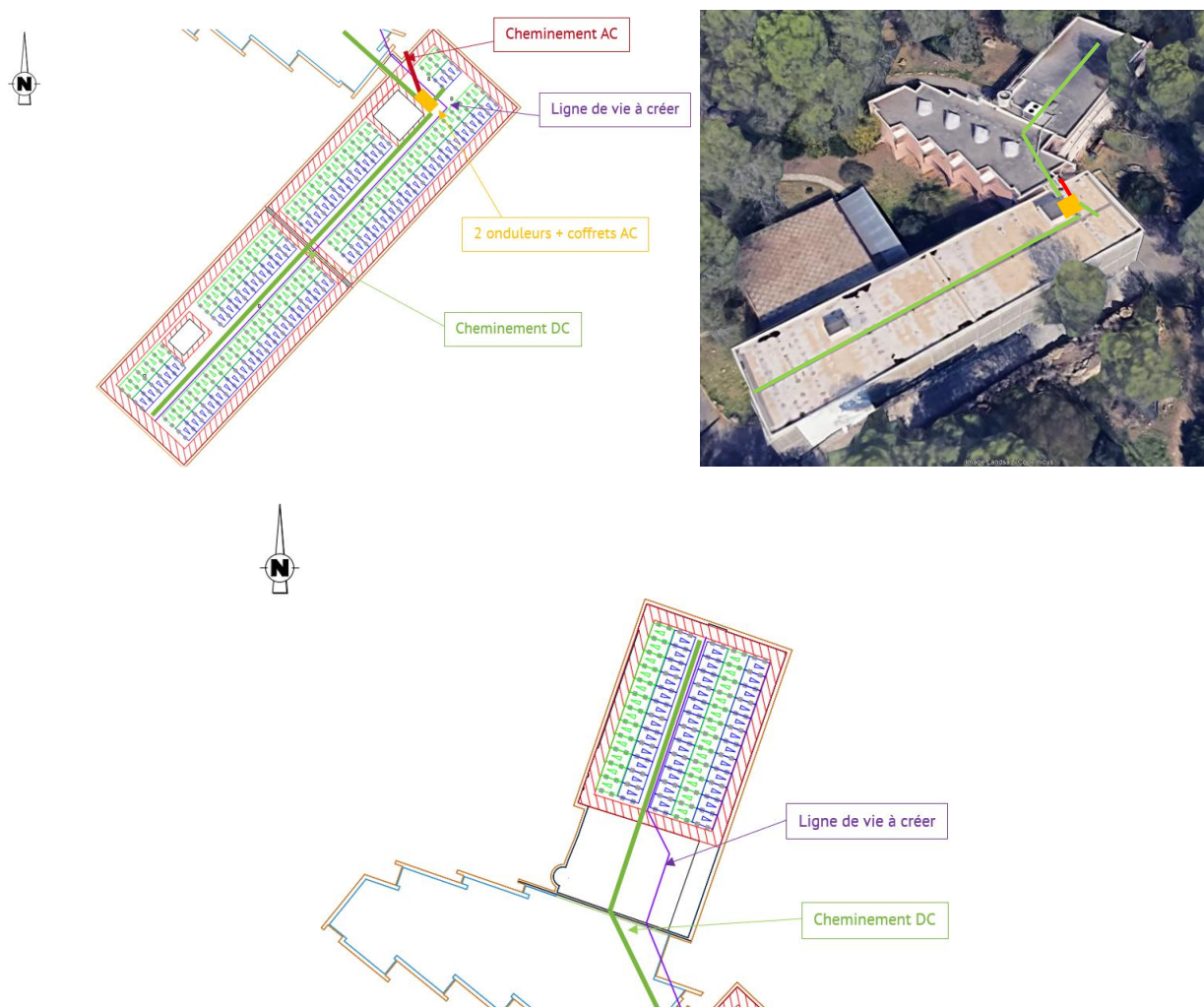


Figure 2 - Emplacement du support onduleur en toiture

Si cela respecte les contraintes du bâtiment et de la structure, Le titulaire pourra proposer des solutions usant de l'édicule présent au nord de la toiture. La solution pourrait alors être une fixation directe dans l'édicule ou sur un support fixé sur ce dernier, soit une solution ressemblant au schéma suivant :



Figure 3 - Fixation des équipements de la toiture du bâtiment n°2 sur l'édicule Nord

Toiture n°3 – Emplacements onduleurs & Cheminement AC :

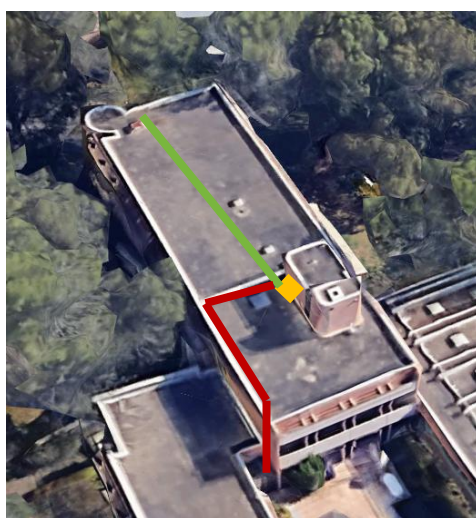
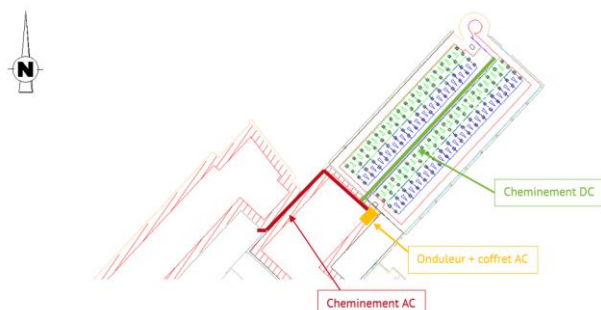


Figure 4 - Fixation des équipements de la toiture du bâtiment n°3 sur l'édicule

L'onduleur et le coffret AC pourront être fixés sur l'édicule présent en toiture. Les obstacles présents au centre de la toiture, et présent sous les modules photovoltaïques de notre calepinage devra être déposé avant la réalisation du projet.

La descente des câbles AC en façade devra se faire le plus proprement possible, avec un capotage discret et un système d'accroche peu invasif.

3.2.4. Coffret AC

Prestations dues :

- Fourniture, pose et raccordement d'un coffret AC sur les édicules respectifs des toitures n°2 et n°3.

Caractéristiques :

- Disjoncteur général ou interrupteur sectionneur général ;
- Disjoncteur différentiel pour raccordement des onduleurs ;
- Disjoncteur différentiel pour raccordement du datalogger (automate de monitoring) ;
- Dispositif de protection contre les surtensions adaptées aux circuits AC (conformes à la NF EN 61643-11). Type I ou II suivant justifications ;
- Utilisation d'un coffret avec indice de protection minimum IP65 ;

- Inclus étiquettes de repérage « Armoire AC PV » ;
- Prévoir une prise de courant.

Localisation : *En toiture des bâtiments n°2 et n°3, accrochés sur les édicules indiqués plus haut.*

3.2.5. Raccordement au TGBT

Prestations dues :

- Fourniture, pose et raccordement des protections électriques dans le TGBT de chaque bâtiment.

Caractéristiques :

- Fourniture et pose d'un disjoncteur général ou interrupteur sectionneur général PV ;
- Fourniture et pose d'un disjoncteur différentiel « Coupure Urgence PV ».



Figure 5 – Visuel du TGBT bâtiment n°2

Le TGBT du bâtiment n°2 possède un disjoncteur général avec un pouvoir de coupure de 400A, le lot photovoltaïque pourra donc raccorder la totalité de sa puissance en aval.



Figure 6 – Visuel du TGBT bâtiment n°3

Le TGBT du bâtiment n°3 possède un disjoncteur de général avec un pouvoir de coupure de 250A, le lot photovoltaïque pourra donc raccorder la totalité de sa puissance en aval.

Localisation : Locaux électriques des bâtiments n°2 et n°3

3.2.6. Monitoring

Prestations dues :

- Fourniture, pose et raccordement d'un datalogger par centrale PV à placer au sein des coffrets AC ;
- Fourniture, pose et raccordement des liaisons de communications entre les onduleurs et l'automate ;
- Paramétrage du datalogger.

Caractéristiques :

Le datalogger permettra de collecter et surveiller les données des onduleurs PV. Il devra aussi, pour un besoin d'évolutivité, pouvoir recevoir des données de compteurs électriques concessionnaires (format TIC ou autre) et des capteurs environnementaux (intensité d'ensoleillement, température, vitesse du vent, etc.).

Il devra formater les données en .CSV pour les envoyer périodiquement via les réseaux mobiles, Ethernet ou le réseau téléphonique (RTC) vers un serveur de télé-suivi.

Le datalogger sera compatible avec un grand nombre d'onduleurs disponible sur le marché français. Le datalogger fonctionnera avec un protocole non-propriétaire afin de permettre à la maîtrise d'ouvrage de choisir sa plateforme de visualisation de données.

Il fournira les possibilités suivantes :

- **Communication externe GSM en 3G, 4G et 5G**
- Communication RS485 et RS422 ;
- Entrées analogiques et numériques.

Les automates seront fixés dans les coffret AC.

Son paramétrage devra être simple et conviviale, et pourra se faire à distance. Il est à la charge du contractant du présent lot.

Les onduleurs devront permettre un raccordement en série des liaisons de communication et le datalogger devra permettre le raccordement du plusieurs liaisons de communication.

Nota : L'automate permettra l'envoi d'alarmes en cas de défaut onduleur, ou panne.

Localisation : Coffret AC de la toiture du bâtiment n°2.

3.2.7. Mise en place d'une station météo

Prestations dues :

- Fourniture, pose et raccordement des capteurs météo suivants :
 - Un pyranomètre dans le plan des modules
 - Une sonde de température ambiante, placée à l'ombre
- Fourniture, pose et raccordement des câbles d'alimentation et de communication des capteurs

Le calibrage des sondes et capteurs météo est à la charge du titulaire.

Localisation : Uniquement sur le bâtiment n°2, la station météo pourra être fixée sur le même édicule que les onduleurs.

3.2.8. Plans existants à modifier

Le titulaire devra mettre à jour les plans de sécurité du bâtiments (intervention et évacuation), destinés à faciliter l'intervention des secours. Les nouveaux plans devront signaler l'emplacement des onduleurs ou du local onduleurs et les coupures d'urgence associées (entre autres).

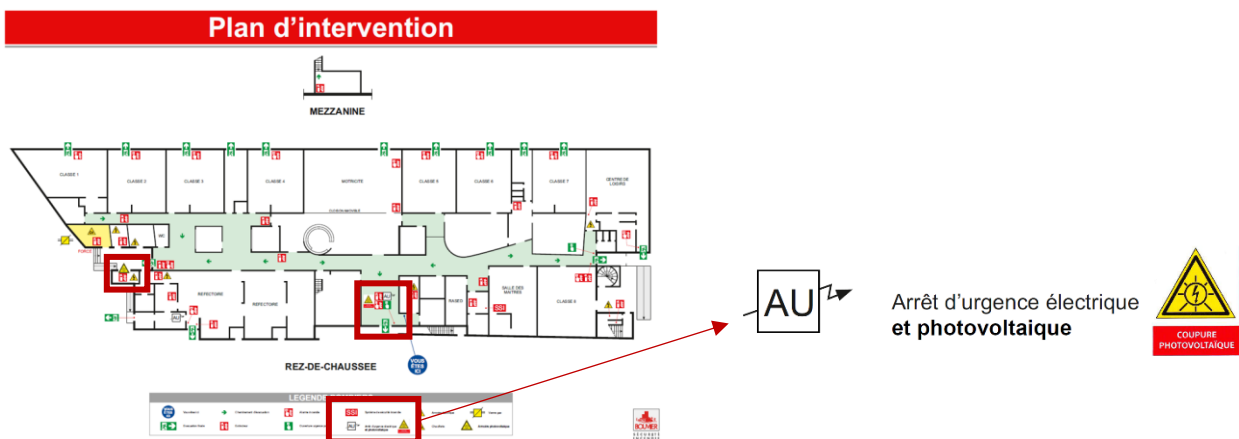


Figure 7 - Exemple de modification de plan d'intervention par le lot photovoltaïque

3.2.9. Pièces de rechange

Le titulaire fournira en pièces de rechanges 4% du nombre total de modules installés durant la phase de chantier. Par exemple, si 250 modules sont installés au total sur l'ensemble des toitures, alors 10 modules ayant la référence exacte de ceux utilisés durant le chantier seront fournis en pièce de rechange.

Ces modules de rechanges ne devront pas être utilisés pendant le chantier. Ces modules devront être stockés tel que reçu à la livraison (sans les dé-palettiser) dans un local sec et sans ajout de charge extérieure par-dessus pour éviter toute rayure ou dégradation du matériel. La Maitrise d'Ouvrage confirmera en cours de chantier l'espace disponible pour le stockage de ces panneaux de réserve.

Le titulaire est responsable du remplacement du matériel endommagé pendant le transport ou la construction et devra ainsi le remplacer avant la réception des centrales PV.

3.3. Raccordement électrique

3.3.1. Câblage DC

Prestations dues :

- Fourniture et réalisation du câblage DC des modules PV en strings ;
- Fourniture et pose des connectiques nécessaires ;
- Fourniture et pose des systèmes de fixation nécessaires à un cheminement conforme ;
- Fourniture et pose de l'étiquetage.

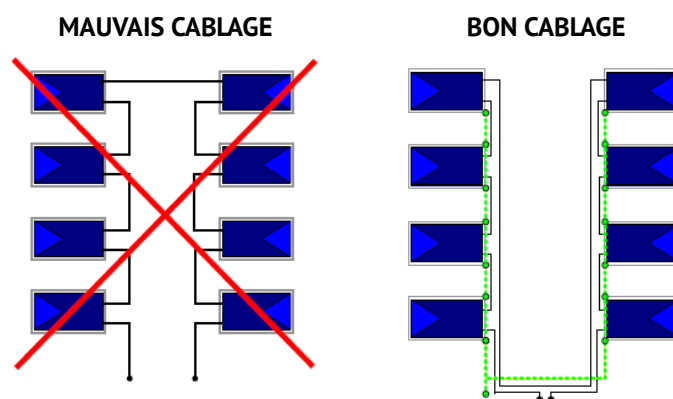
Caractéristiques :

- Type de câble : câbles souples unipolaires double isolation (classe II), ignifugés et sans halogènes adaptés au photovoltaïque (H1Z2Z2-K) ;
- Section : en 6²mm Cu et/ou en 10²mm Cu ;
- Connecteurs :
 - Débrochables
 - Connecteurs mâles et femelles de même marque et même modèle
- Etiquetage des câbles : « Attention, câbles courant-continu sous tension » tous les 5m hors CDC ;
- Protection des extrémités des câbles en bouts de strings : par bouchons isolants, pour éviter durant le chantier tout risque d'accident électrique et/ou détérioration des connecteurs ;
- Repérage de chaque chaîne : avec une étiquette mentionnant le n° de l'onduleur, le n° de la chaîne et la polarité du câble.



Figure 8 – Numérotation des strings

Afin de limiter les effets de la foudre, l'entrepreneur câblera les modules photovoltaïques entre eux ou entre conducteurs actifs et câble de mise à la terre des cadres, de sorte que **la boucle induite soit d'une surface la plus faible possible**.



En outre, pour se prémunir contre tout risque de corrosion par couple électrochimique, tout contact cuivre/aluminium, aluminium/acier galvanisé ou cuivre/acier galvanisé sera évité par interposition de pièce isolante entre les matériaux.

Les liaisons électriques respecteront le code normalisé des couleurs (en courant continu le fil noir sera la polarité négative, le rouge la positive).

Les sections de câbles devront être calculées et proposées par le titulaire du marché. Elles devront être dimensionnées en accord avec la norme UTE C15-100 et selon les exigences du guide NFC 15-712-1, avec les objectifs de chutes de tension fixées dans le paragraphe 2.3.2.

La circulation des câbles solaires devra se faire dans les goulottes. Le titulaire prévoira également un système de fixation complet des câbles au dos des modules ou sur les pannes. En fonction du système d'intégration mis en place, des panneaux retenus et de la mise en œuvre globale, Le titulaire veillera :

- A prévoir suffisamment de mou au niveau des boîtes de jonction des modules pour éviter toute tension et détérioration prématurée ;
- A ne pas avoir de rayon de courbure trop faible avec des câbles repliés sur eux-mêmes ;
- A ne pas faire tenir les fixations des câbles sur les câbles eux-mêmes, puisque cela génèrera une tension supplémentaire sur les boîtes de jonction des modules ;



Figure 9 - Exemple de câblage à ne pas réaliser.

- A ajouter les pièces de fixation spécifiques pour câbles ou connecteurs MC4 qui s'avèreraient nécessaire pour respecter les 3 points précédents. Ces pièces de fixation sont à la charge du contractant ;
- A ne pas placer les connecteurs à l'intérieur des pannes si celles-ci risquent d'être remplies d'eau stagnante ;
- A éviter les ventres de câbles DC avec connecteurs MC4 au centre.

Y compris toutes sujétions et détails de parfait achèvement notamment pour le tirage des câbles DC dans les fourreaux et chemins de câbles.

Localisation : Sur l'ensemble des toitures.

3.3.2. Câblage AC

Prestations dues :

- Fourniture et pose des câbles AC :
 - Entre les sorties d'onduleur et le coffret AC
 - Entre les coffrets AC et les TGBT situé dans les bâtiments B et K

Caractéristiques :

- Respect du code normalisé des couleurs de câbles ;
- Repérage de chaque câble avec une étiquette mentionnant le n° du poste, le n° de l'onduleur et le n° de la phase. Les étiquettes autocollantes sont interdites. Le repérage se fera au départ et à l'arrivée de chaque câble.

Y compris toutes sujétions et détails de parfait achèvement notamment pour le tirage des câbles AC dans les fourreaux, chemins de câbles et vides techniques.

Les sections de câbles devront être calculées et proposées par le titulaire du marché. Elles devront être dimensionnées en accord avec la norme UTE C15-100 et selon les exigences du guide NFC 15-712-1, avec les objectifs de chutes de tension fixées dans le paragraphe 2.3.2.

Les schémas suivant décrivent les cheminements à prévoir pour le passage des câbles AC jusqu'aux TGBT bâtiment par bâtiment :



Figure 10 – Passage des câbles AC bâtiment n°2

Les câbles AC du bâtiment n°2 descendront en façade dans l'espace entre les 2 toitures. Une fois en bas de la façade de la plus grande toiture (façade blanche), les câbles AC iront pénétrer au niveau du banc de pierre dans le mur présent sur le schéma ci-dessus pour entrer dans le local technique contenant le TGBT du bâtiment.

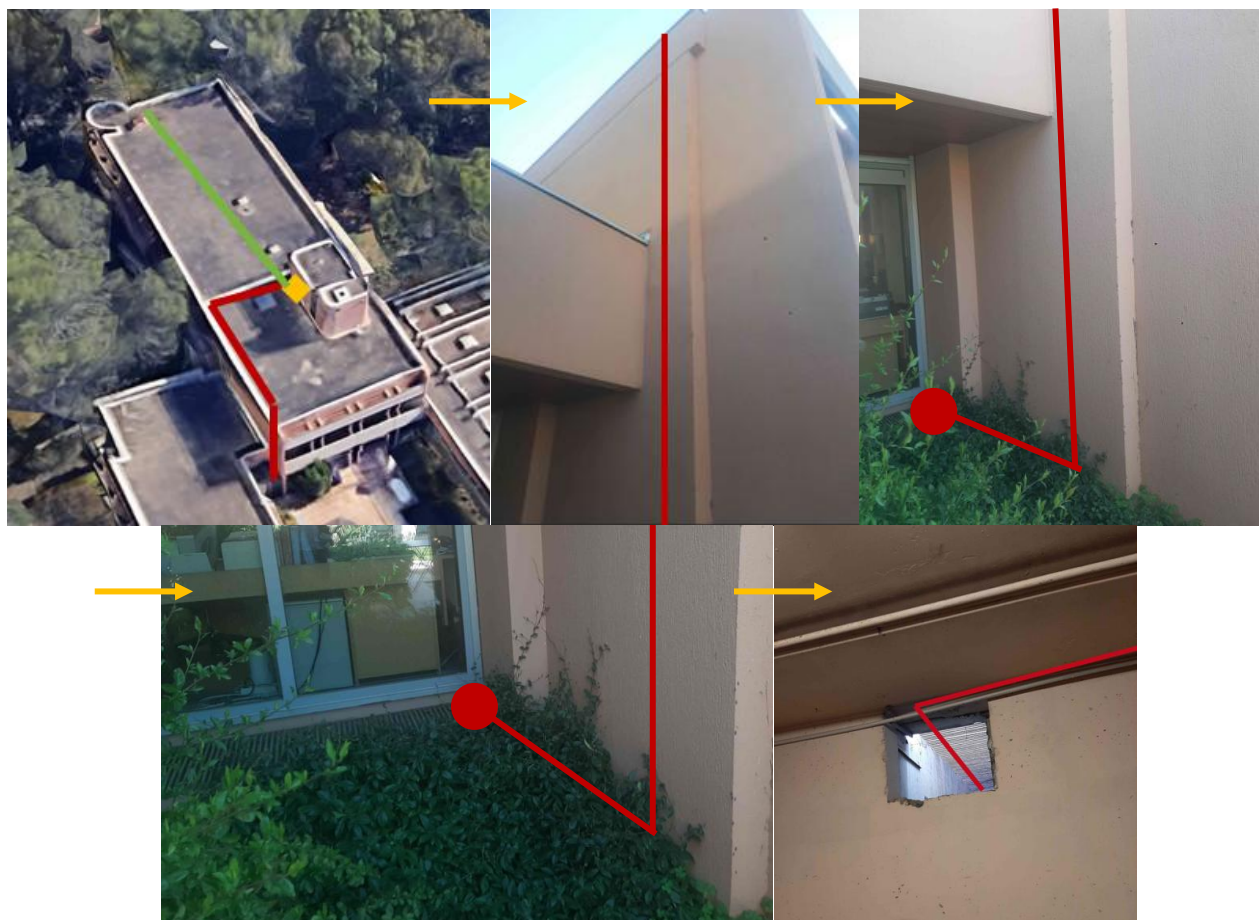


Figure 11 – Passage des câbles AC bâtiment n°3

Les câbles AC de la toiture du bâtiment n°3 descendront le long de la façade Ouest de la grande toiture. Ils iront ensuite pénétrer dans le local technique abritant le TGBT du bâtiment grâce à une grille, repérée ci-dessus.

Localisation : Entre l'onduleur et le coffret AC puis entre le coffret AC et le TGBT

3.3.3. Chemins de câbles

Prestations dues :

- Fourniture, pose et fixation complète des chemins de câbles pour circulation des câbles DC et AC (y compris tous accessoires d'assemblage (éclisses), de changement de direction et de pose) ;
- Fourniture et pose des signalétiques associés.

Caractéristiques :

- En acier galvanisé ;
- Les chemins de câbles visibles, type ceux passant en façade, devront respecter le RAL du bâtiment.
 - Le RAL des chemins de câble visibles par des usagers du CNRS, notamment en façade, devront être identique à leur support
 - De type dalle marine à bords roulés
 - Capotés
- Le cheminement des câbles électriques ainsi que leur fixation et celle des autres éléments seront réalisés de manière à s'intégrer au mieux aux bâtiments concernés, tout en cherchant à réduire les longueurs ;
- Des étiquettes résistantes aux UV et imperméable (tel qu'indiqué dans la C15712-1) seront apposées tous les 5 mètres sur ces fourreaux avec mention « Attention DANGER, installation photovoltaïque, câbles actifs sous tension durant la journée » ;

- Les chemins de câbles devront être capotés en cas d'exposition direct au soleil. Les capots doivent impérativement être fixés aux chemins de câbles métalliques par des **colliers de serrage métalliques** ;
- Lorsque deux ou trois câbles auront un parcours commun, ceux-ci seront fixés individuellement. En aucun cas les fixations de câbles en faisceaux ou torons ne pourront être acceptées. Les câbles des courants forts seront fixés par des colliers.

L'installation des chemins de câbles (et tout particulièrement les fixations et leurs entraxes) sera réalisée suivant les préconisations du constructeur et conformément à la norme NF EN 61537 qui définit les charges pratiques de sécurité.

A l'issue des travaux, Le titulaire devra veiller à ce que les différents câbles de l'installation soient installés dans des chemins de câbles et ne traînent pas en désordre.

Localisation :

- *En toiture le long des champs photovoltaïques*
- *En façade des bâtiments*
- *Dans les bâtiments pour la circulation des câbles jusqu'aux TGBT*

3.3.4. Mise à la terre

Prestations dues :

- Fourniture, pose et raccordement du 6^2Cu des équipements PV (modules, cadres, chemins de câbles ...) jusqu'à la terre du bâtiment ;
- Fourniture et pose du conducteur principal (25mm^2 nu ou 16mm^2 V/I) de protection dans les chemins de câble, et jusqu'à l'ensemble des carcasses métalliques de l'installation ;
- Raccordement du conducteur principal de protection à la barrette de terre du site située dans le local du TGBT ;
- Vérification de la terre du bâtiment ou création d'une nouvelle terre si inexistante.

Caractéristiques :

Les câbles de mise à la terre et d'équipotentialité devront obligatoirement être de coloration vert-jaune s'ils sont isolés ou être des câbles nus exceptés pour les câbles de mises à la terre fonctionnelle.

Principes de réalisation de la mise à la terre (MALT) des cadres des modules photovoltaïques :

Dans la mesure où il est métallique, il convient de relier le cadre des modules à la liaison équipotentielle. Pour ce faire, il suffit qu'un seul point de fixation soit disponible sur le cadre des modules (cf. § 6.3.1 UTE C15-712-1, § 8.1 et 8.3 NF EN 61730-1) ;

Le mode de fixation à la liaison équipotentielle doit suivre les préconisations du fabricant (§ 6.3.1 UTE C15-712-1) ;

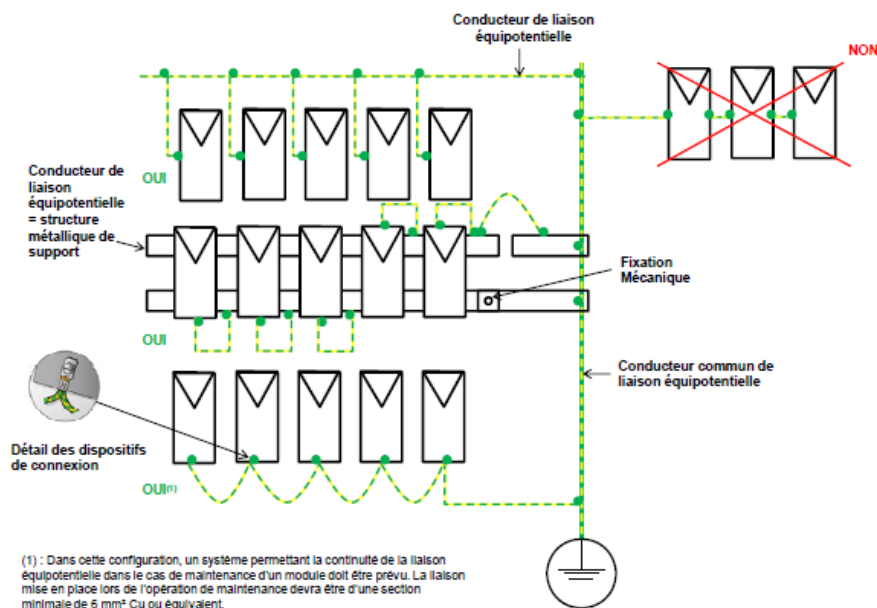
Le point de fixation de la liaison équipotentielle doit permettre d'assurer la continuité électrique, y compris en présence d'anodisation (par exemple : vis inox auto-taraudeuse, rondelle inox « éventail »...) ;

Le contact entre la partie métallique et le dispositif de connexion doit éviter tout couple électrolytique, ou être de matériau tel que le couple électrolytique est inférieur à 0,25 V (par exemple : cosse cuivre étamé sur aluminium, rondelle bimétal cuivre-aluminium, inox aluminium...);

La section des câbles de la liaison équipotentielle doit être égale ou supérieure à la section des conducteurs actifs des modules ;

Si l'on retire un module ou s'il existe une mauvaise connexion (mauvais serrage, oxydation éventuelle...), l'équipotentialité des autres modules ne doit pas être supprimée. Le collecteur commun a une section de 6mm^2 Cu au minimum, ou équivalent. La structure métallique de support peut éventuellement jouer ce rôle.

Les points de connexion entre les conducteurs d'équipotentialité de chaque module et le collecteur d'une part, et entre le collecteur et la liaison équipotentielle principale d'autre part doivent être réalisés avec des dispositifs appropriés.



Nota 1 : Le titulaire devra justifier la conformité de toutes les mises à la terre avec les normes en vigueur (notamment NFC15-100, chapitre 54) et guide NF C15-712-1. L'interconnexion des masses est d'une importance fondamentale pour le bon fonctionnement des protections contre la foudre et les surtensions. L'ensemble des masses métalliques des équipements constituant l'installation de production et de distribution de l'électricité, y compris entre bâtiments différents, doit être interconnecté et relié à un réseau de terre unique.

Nota 2 : Les vis auto-foreuses sont interdites pour la fixation des pièces de mise à la terre. Le titulaire de travaux privilégiera un système vis-écrou.

Localisation : Sur l'ensemble du projet

3.3.5. Signalisation

Prestations dues :

- Fourniture et pose des pictogrammes liés aux risques photovoltaïques définis dans le guide UTE C15-712.

Caractéristiques :

- Au niveau des accès de secours ;
- Aux niveaux des volumes abritant les équipements techniques relatifs à l'énergie photovoltaïque ;
- Tous les 5m sur les câbles ou chemins de câbles qui transportent du courant continu ;
- Sur les onduleurs et coffrets AC.

Localisation : Ensemble du projet

3.3.6. Coupure générale d'urgence

Prestations dues :

- **Fourniture et pose d'une coupure d'urgence AC avec voyant témoin par bâtiment :**
 - A côté de la coupure d'urgence général de chaque bâtiment ;
 - Le voyant témoin devra indiquer l'action effective de coupure de l'installation photovoltaïque : soit un voyant blanc s'éteignant après coupure soit 2 voyants, rouge sous tension et vert une fois la centrale coupée
- Fourniture et pose des liaisons filaires de type CR1C1 ;
- Fourniture et pose de la signalétique.

Caractéristiques :

- La coupure d'urgence sera de type bouton coup de poing
- La signalétique devra contenir au minimum une pancarte en plastique rigide type PVC 1,5mm à fixer à proximité de la coupure réseau, avec texte en lettres noires sur fond jaune : « Attention – Présence de deux sources de tension : 1. Réseau de distribution ; 2. Panneaux photovoltaïques ».

Nota : Aucune coupure DC via un coffret DC n'est prévue. La coupure DC est interne aux onduleurs.

Localisation : *Au plus proche des coupures d'urgence réseau déjà existante dans chacun des deux bâtiments*

3.3.7. Percements

L'ensemble des percements de sol, de cloison, ou d'ouvrages divers pour la bonne exécution des ouvrages est inclus dans l'offre des entreprises. Tous ces percements sont à inclure dans la proposition et ne feront pas l'objet de plus-value. Le rebouchage sera également prévu dans la mission.

Il est notamment à prévoir un percement en façade du bâtiment n°2 et la grille identifiée sur les photos pour le bâtiment n°3. Ces percements serviront à rejoindre les locaux TGBT.



Figure 12 - Percement en façade du bâtiment n°2



Figure 13 - Percement dans la grille ou en-dessous au niveau du bâtiment n°3

3.4. Démarches administratives

3.4.1. Consuel

Prestations dues :

Le présent lot a la charge de la délivrance de l'attestation de conformité délivrée par le Consuel. La délivrance de ce certificat sera faite suffisamment tôt pour permettre la mise sous tension définitive de l'installation à la réception des ouvrages.

La mission du bureau de contrôle pour l'obtention des DRE n'est pas à la charge du présent lot.

3.4.2. Demande de raccordement

Prestations dues :

La demande de raccordement est à la charge de la Maitrise d'œuvre.

Néanmoins, le Titulaire de ce lot prendra part aux démarches de raccordement en fournissant l'ensemble des documents nécessaires dès le début de la phase d'exécution (modèle et puissance des onduleurs notamment). Elle prévoira du temps pour les réunions avec Enedis, de la phase *Demande de raccordement*, jusqu'à la phase *Mise en service*.

Le Titulaire veillera à ne pas dépasser la puissance de raccordement fixé par la Maitrise d'œuvre, avec laquelle la demande de raccordement a été instruite. Pour ce faire, il sera autorisé à brider les puissances des onduleurs installés, en statique ou dynamique.

Puissance onduleur maximale à ne pas dépasser sur l'ensemble du site : 100 kVA.