

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (CCTP)

MARCHE DE TRAVAUX

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE NANTES

**Marché de Travaux d'installation et mise en service
d'une production photovoltaïque en toiture sur le
nouvel ensemble Hospitalo-Universitaire dit projet Ile
De Nantes**

Maître d'ouvrage : Centre Hospitalier Universitaire de Nantes 5, Allée de L'Ile Gloriette 44093 NANTES Cedex 1 Catherine Boulay 02 53 52 64 06 catherine.boulay@chu-nantes.fr	Maître d'œuvre (lot photovoltaïque) : Tecsol, Agence Pays de la Loire 13 rue de Terre Noire 49000 ANGERS Luc Pincemin 06 67 51 91 05 luc.pincemin@tecsol.fr	
Bureau de Contrôle (solidité) Socotec, Agence de NANTES Metronomy Park – Bâtiment 5 2 rue Jacques Brel – CS 10389 44819 Saint-Herblain Cedex Herve Guichard 02 40 92 15 76 / 06 61 37 94 03 herve.guichard@socotec.com	Bureau de Contrôle (électricité) Bureau Veritas 8 Avenue Jacques Cartier B.P. 70279 44818 SAINT-HERBLAIN CEDEX Catherine Thomas 02 40 92 48 95 / 02 40 92 07 12 catherine.thomas@fr.bureauveritas.com	Coordinateur Santé Prévention Sécurité Dekra 19 rue Stuart Mill 87008 Limoges 05 55 58 44 45

Rev.	Date	Commentaire	Redac.	Verif.
0.1	01/07/2025	CCTP incomplets pour relecture MOA	LP	SD
0.2	07/07/2025	CCTP relue avec demande de validation MOA	LP	SD

1.0	09/07/2025	CCTP Version finale DCE	LP	SD
2.0	10/07/2025	CCTP Version finale DCE, relecture 2 MOA	LP	SD
2.1	11/07/2025	CCTP Version finale DCE, relecture 3 MOA	LP	SD
3.0	11/07/2025	CCTP Version finale DCE, relecture 4 MOA	LP	SD

Documents et plans joints

Pièce de la consultation :

- CCTP
- DPGF à compléter
- Plans
 - Plans des toitures
 - Plans d'implantation photovoltaïques
 - Plans de cheminement des câbles
 - Plans des locaux TGBT
 - Schémas unifilaires
 - BIM et charte DOE
- Plans d'implantation photovoltaïque
 - PVsyst
- Matériel
 - Lot PV
 - ATEX CSTB
 - Lot GEL
 - Schéma électrique HT (non visés)
 - Schémas électriques BT
 - Lot Gros Œuvre
 - Dossier technique étanchéité bloc 1
 - Dossier technique étanchéité bloc 4
- Etudes techniques
 - Structure
 - Foudre
 - Eblouissement
 - RT 2012
 - Notice sismique
 - Notice acoustique
 - Mesures conservatoires installation centrales photovoltaïques
- Calendrier
- Photos

Toutes les marques spécifiées dans le présent document ou ses annexes sont indicatives. Elles ont pour unique objectif de renseigner les soumissionnaires sur les finition, qualité et performance attendues des équipements et matériels sollicités au titre du présent marché. Dans le respect de la réglementation en vigueur, ce dernier peut assurément proposer une marque équivalente, à l'appui de son offre, car aucune des marques spécifiées disposent d'un caractère impératif. Il faut dès lors considérer que la mention "ou équivalent" est apposée après chaque marque affichée dans le présent document et ses annexes.

1 GÉNÉRALITÉS	4
1.1 Présentation de l'opération.....	4
1.2 Généralités	5
1.3 Prestations dues.....	6
1.4 Exigences réglementaires.....	9
1.5 Documents à fournir par le candidat	11
1.6 Réalisation.....	12
1.7 Etude d'impact.....	13
1.8 Installation et gestion de chantier.....	13
2. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DE L'INSTALLATION PV	15
2.1 Structure de support et fixation.....	15
2.2 Les modules photovoltaïques	16
2.3 Coffrets CC	17
2.4 Câblage CC.....	18
2.5 Les connecteurs PV	19
2.6 Les onduleurs.....	19
2.7 Casquette onduleur	19
2.8 Les coffrets CA.....	20
2.9 Câblage CA.....	21
2.10 Raccordement des installations dans les TGBT	21
2.11 Systèmes d'arrêt d'urgence	22
2.12 Mise à la Terre et protection contre la foudre.....	22
2.13 Signalétique	24
2.14 Télésuivi et Hypervision.....	25
2.15. Protection de découplage externe	27
2.16. Essais, Garanties et Réception des installations	28
2.17 Limites de prestations.....	30
3- PROTECTION DE DECOUPLAGE - PSE 1	33
4 - EXPLOITATION-MAINTENANCE – PO 2	33

1 GÉNÉRALITÉS

1.1 Présentation de l'opération

Actuellement en cours de construction, l'ensemble Hospitalo-universitaire dit projet Ile de Nantes, prévoit une installation de production photovoltaïque en toitures (inscrites au permis de construire).

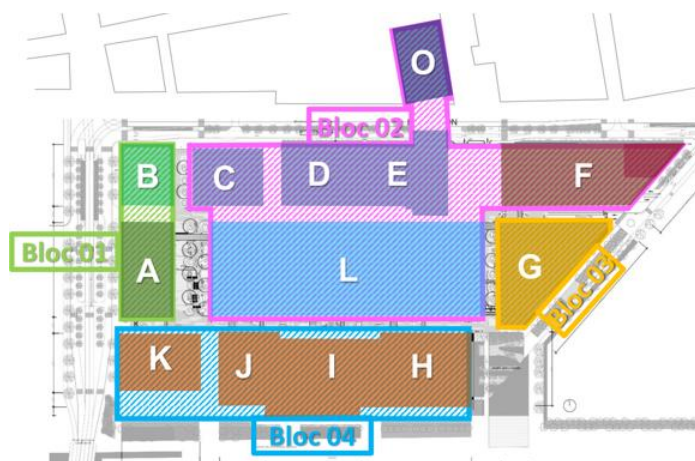
Cette installation n'est pas intégrée aux lots travaux de cette opération. Aussi, des mesures conservatoires, ont été prises dans le cadre des lots travaux pour permettre d'accueillir cette installation tierce. Les limites de prestations avec les autres entreprises intervenant sur le projet sont décrites au chapitre 2.17 de ce CCTP.

Les travaux liés au présent marché devront s'opérer dans les contraintes calendaires des travaux et s'intégrer dans le planning de l'opération notamment au regard des phases de tests et essais des lots courants forts. Un calendrier prévisionnel est disponible en annexe.

Le projet consiste en la conception, l'installation et la mise en service d'une production photovoltaïque en autoconsommation totale. Cette production s'étend sur plusieurs surfaces de toitures de l'ensemble hospitalo-universitaire, distribuée par plusieurs verticalités elles-mêmes reliées à plusieurs locaux techniques (TBGT).

L'Entreprise devra prendre en compte l'ensemble des réseaux et ouvrages existants du site pour la conception et la réalisation de ses travaux.

La durée de vie et d'exploitation des centrales de production photovoltaïque est de 25 ans. La résistance des structures, ainsi que leur revêtement anti-corrosion seront dimensionnés par le titulaire afin d'assurer la pérennité des installations sur cette durée.



Les modules seront implantés sur les toitures A, B, H, I et J. Les zones réservées pour l'implantations des modules sont représentées sur les plans de surcharge des toitures en annexe. Les TBGT de raccordement des installations en toiture sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Bâtiment	Surface de modules envisagée	Puissance de modules envisagée	TGBT
A (Bloc 1)	231,86 m ²	52,2 kWc	TGBT 1 AB
B (Bloc 1)	211,87 m ²	47,7 kWc	TGBT 2 AB
H (Bloc 4)	455,72 m ²	102,6 kWc	TGBT 13 HIJK
I (Bloc 4)	627,61 m ²	141,3 kWc	TGBT 14 HIJK
J (Bloc 4)	455,72 m ²	102,6 kWc	TGBT 13 HIJK
TOTAL	1 982,77 m ²	446,4 kWc	

L'installation sera raccordée en autoconsommation sans injection sur le réseau public. Le taux d'autoconsommation est estimé à 100 % sans bridage. Toutefois, un dispositif de bridage de l'installation devra être mis en place (exigence du gestionnaire de réseau Enedis). Enedis impose un **système de découplage (PSE)** reliant tous les champs solaires aux postes de livraison.

1.2 Généralités

Les travaux seront mis en œuvre suivant les prescriptions contenues dans le présent CCTP.

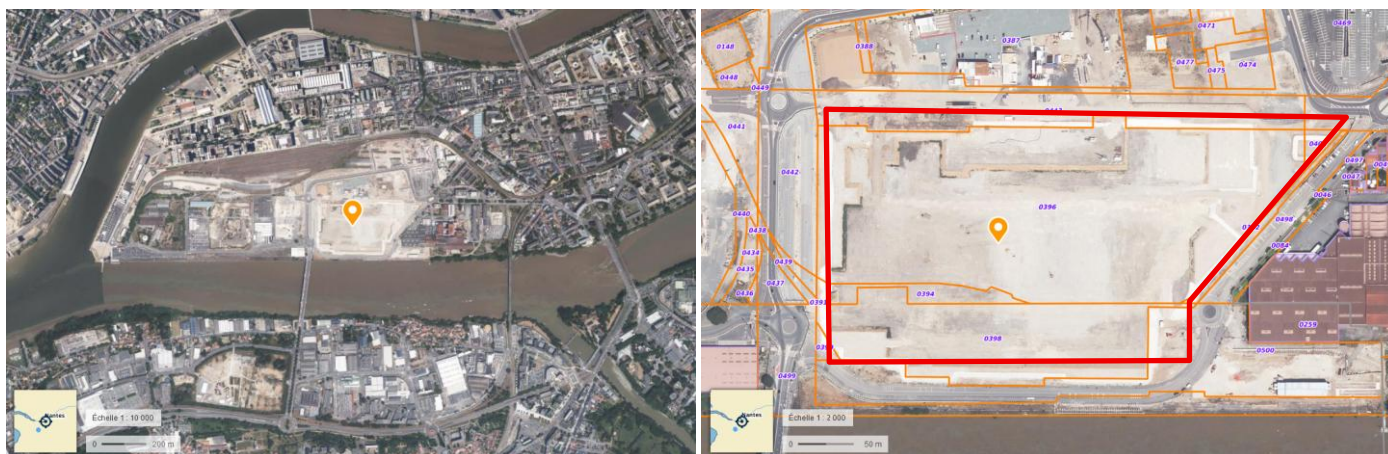
Le titulaire devra la fourniture de tous les matériaux et le matériel nécessaire aux ouvrages, ainsi que tous les transports et manutentions diverses. Les locaux base vie, comprenant notamment l'accès en eau potable en électricité et en réseau télécom sont compris seront mis à disposition du titulaire du marché par participation au compte prorata.

Le titulaire aura eu connaissance des possibilités d'accès et manœuvre pour son matériel, de la présence d'éventuels réseaux, de la consistance de plateforme existante, de la présence d'emmarchements, de toutes les protections, précautions et sujétions divers nécessaires pour les travaux objet du présent marché.

Le candidat reconnaît par le simple fait de la remise de son offre, avoir pris connaissance de l'ensemble des sujétions et des contraintes inhérentes au chantier, à ses accès et à son environnement, et en avoir tenu compte dans sa proposition.

Etat	Bâtiment neuf, en cours de construction
Propriétaire	Centre Hospitalier Universitaire de Nantes
Occupant	Centre Hospitalier Universitaire de Nantes
Producteur	Centre Hospitalier Universitaire de Nantes
Activité	Activités hospitalières
Adresse du site	Quai Président Wilson
Code postale - Ville	44100 NANTES
Classement	ERP type U – 1 ^e catégorie (catégorie la plus contraignante du site) ICPE 2910 : Enregistrement ICPE 4331 : Enregistrement ICPE 2925 : Déclaration ICPE 4725 : Déclaration ICPE 1185 : Déclaration
Contraintes aéroportuaires (<2km)	Oui, une hélistation se trouve en toiture du bâtiment E
Installation de protection contre la foudre	Oui

Les plans de situation ci-dessous permettent d'appréhender l'emplacement du site :



Toiture - élément porteur	Support béton
Type de toiture	Toiture terrasse plates
Complexe d'étanchéité en toiture du bloc 1 Bâtiments A et B	Isolant : KNAUF THANE ET SE, Mousse polyuréthane 130 mm, classe de compressibilité C Membrane d'étanchéité : 1 ^{ère} couche : ELASTOPHENE FLAM 180-25 (SOPREMA), 2 ^{ème} couche : ELASTOPHENE FLAM 25 (SOPREMA) Protection lourde : protection gravillonnaire 5/25 mm sur 4 cm Lot 101, NGE BATIMENT
Complexe d'étanchéité en toiture du bloc 4 Bâtiments H, I et J	Isolant : IKO enertherm KR ALU, panneaux isolants non porteurs en mousse rigide de polyuréthane de type PIR, épaisseur 130 mm, classe de compressibilité C Protection lourde : protection gravillonnaire Lot 401 : LEGENDRE
Emplacement modules PV	Zones d'implantation données dans les plans de surcharges en annexe
Emplacement des onduleurs	En toiture terrasse
Orientation PV	90°SE et 90°SO
Inclinaison PV	113° minimum
Obstacles en toiture	Sorties toitures diverses (les plans des toitures sont disponibles en annexe)
Ombrages en toiture	Garde-corps et mur du 7 ^{ème} étage du bâtiment B
Accessibilité des toitures	Oui
Sécurisation des toitures	Garde-corps droits 1,10 m
Raccordement	Dans les TGBT 1AB, 2AB, 13HIJK et 14HIJK, en autoconsommation totale
Tension de raccordement du site	HTA 20 kV
Schéma de liaison à la terre sur les TGBT de raccordement	TN-S
Puissance des transformateurs de tension associés aux TGBT de raccordement	TGBT 1AB : 2 000 kVA TGBT 2AB : 2 000 kVA TGBT 13HIJK : 2 500 kVA TGBT 14HIJK : 2 500 kVA

1.3 Prestations dues

Le titulaire sera chargé de :

- **Concevoir** une installation photovoltaïque répartie sur plusieurs toitures
- **Construire et mettre en service** les centrales photovoltaïques et l'ensemble des ouvrages annexes (raccordement, supports ,...)
- **Assurer la maintenance et l'exploitation** pendant 2 ans des centrales photovoltaïques (tranche optionnelle)

Il devra à minima ;

- La remise du dossier d'exécution :
 - L'étude d'implantation des installations photovoltaïques en toiture cotée par rapport aux éléments fournis ou accessibles (plans fournis)

- Les fiches techniques et les certificats des éléments de l'installations photovoltaïques (modules, onduleurs, câbles et chemins de câbles, système d'intégration, dispositif de télé-suivi, etc)
- Les notes de calcul (lestage du système d'intégration des modules et des onduleurs, charges climatiques, électrique CC et CA, production de l'installation en toiture)
- Tout autre document que le titulaire du marché jugera utile au bon déroulement des études d'exécution
- Nota : ces études d'exécution seront visées par le bureau d'étude Tecsol et les bureaux de contrôles mandatés par le maître d'ouvrage sur la solidité des ouvrages et sur les installations électriques du projet
- La mise en place du chantier :
 - La participation au compte prorata pour mise à disposition d'une base vie, approvisionnement en eau et en électricité, y compris les consommations en eau, électricité et en réseau de télécommunication
 - La mise en œuvre d'une signalétique de chantier : délimitation des zones d'intervention, signalisation des risques
 - Les équipements de protections individuels
 - La réalisation d'un plan d'implantation pour la zone de livraison, de stockage et d'intervention et du PPSPS pour validation par le CSPS
 - L'établissement des aires de travail convenablement aménagées
 - Tous moyens de mise en œuvre et de levage répondant aux normes de sécurité en vigueur (nacelles, protection collective de chantier ...)
 - Dispositions selon PGC du CSPS
- La fourniture et la pose :
 - Des modules photovoltaïques verre-temlar, cadrés, au silicium monocristallin, type Voltec TARKA 110 VSBP 450Wc ou LONGI LR5 54HTH 450 Wc ou équivalent, référencés dans la grille de l'ATEX du système d'intégration, formant un générateur PV d'une puissance totale de 446,4 kWc minimum. Ils devront être inclinés d'un angle minimum de 13° par rapport au plan de la toiture terrasse. Ils seront mis en œuvre selon les préconisations de l'ATEX. Ils devront bénéficier d'un bilan carbone certifié par le Certisolis et calculé selon la méthode de calcul PPE2_V2 **inférieur à 650 kgCO2eq/kWc.**
 - D'un système de fixation lesté, compatible avec les toitures terrasses, type Toit Plat de Novotegra ou Dome 6 de K2 Systèmes ou équivalent. Le système d'intégration devra disposer d'une ATEX de cas B, en cours de validité au moment du chantier, ou d'une certification de technique courante équivalente, délivrée par le CSTB (ATEC ou ATEX de cas A par exemple). **Le titulaire devra réaliser l'ensemble des démarches auprès du fournisseur du système d'intégration, du CSTB et du bureau de contrôle SOCOTEC, afin d'établir cette certification, si aucune certification du système proposé ne s'applique au projet. Une certification ETN est refusée par le maître d'ouvrage.**
 - Des éléments entrant dans la composition des ouvrages, y compris tout accessoire de fixation, rail, éclisses, kits de support des panneaux, par-vents, cornières entretoises, brides, écrous, supports de blocs de lestage, blocs de lestage, tapis de protection anti-poinçonnement, clips Terragrip pour mise à la terre des modules y compris les pièces spéciales diverses nécessaires au montage du système
 - Du raccordement électrique des modules photovoltaïques par branches jusqu'aux coffrets CC, y compris câbles et chemins de câbles
 - Des chemins de câbles en toiture, protégés, pour cheminement des réseaux courant continu (CC) en extérieur, jusqu'aux onduleurs. Une attention particulière sera portée sur l'esthétique de la solution proposée. Ils devront être capotés pour protection contre les UV.
 - De casquettes métalliques lestées de support des onduleurs et des coffrets électriques en toiture, afin d'assurer une installation pérenne et protégeant des UV, y compris blocs de lestage et note de calcul justificative de tenue aux charges climatiques
 - De TD solaire CC, sur chaque toiture d'implantation, à minima IP 55, fixés aux structures supports des onduleurs. Chaque coffret sera équipé de dispositifs de protection contre les

surintensités par branche et par polarité, d'un interrupteur sectionneur bipolaire CC associé à une bobine MN, d'un parafoudre CC de type 1 et d'un bornier de mise à la terre

- Câblage CC entre les coffrets CC et les onduleurs, y compris chemins de câbles et capotages associés, et étiquetage gravée pour repérage des chaînes CC en entrée des onduleurs
- D'onduleurs type Huawei SUN2000 ou SMA STP ou équivalent, de protection suffisante pour la mise en place en extérieure, à minima IP 65. La perte de surpuissance globale des onduleurs devra être inférieure à 1,5 %
- D'un TD solaire courant alternatif (CA) à minima IP55 par toiture d'implantation, fixés à la structure de support des onduleurs, des câblages et des chemins de câbles protégés entre les onduleurs et ces coffrets, y compris les raccordements. Ils seront équipés d'un bornier de mise à la terre
- Des organes de protections pour chaque onduleur et dimensionnés selon une note de calcul justificative. Les calibres des disjoncteurs seront dimensionnés avec l'application du coefficient de déclassement thermique à 60°C du disjoncteur ou par l'application d'un coefficient de sécurité de valeur 1,2
- D'un jeu de barre triphasé pour chaque TD solaire CA
- D'un interrupteur général, sur chaque TD solaire CA, avec poignée extérieure et moteur de réarmement
- D'une prise de courant monophasé à placer dans chaque TD solaires CA, y compris disjoncteurs différentiels associés
- D'un parafoudre de type 1 avec sectionneur triphasé, dans chaque TD solaire CA
- Des liaisons triphasées entre les TD solaires CA et les TGBT, y compris chemins de câble extérieur en toiture avec capots
- De systèmes de coupure générale simultanée côté CA, alimentés, y compris bobines MN, AES, disjoncteurs différentiels, câbles de liaison, chemins de câble, percement, rebouchage avec restitution du degré coupe-feu et arrêts d'urgence type coup de poing positionnés sur les TD solaires AC en toiture, y compris raccordement sur les borniers associés au démarrage de groupes électrogènes, mises à disposition par les lots GEL. Des systèmes d'arrêts d'urgence associés aux relais de protection de découplage externe, avec boutons d'arrêt d'urgence PV dans les TGBT et dans les colonnes sèches aux rez-de-chaussée des bâtiments A, B et J seront mis en place par les lots GEL (génie électrique). Les câbles du système d'arrêt d'urgence seront de type CR1-C1.
- De tableaux divisionnaires dans le local TGBT 1 AB et TGBT 13 HIJK pour les systèmes de télé-suivi. Ces tableaux seront équipés d'un bornier de mise à la terre. Ces tableaux devront être raccordés aux TGBT.
- De 2 systèmes de télé-suivi (un par bloc), type Webdynsun ou SMA Data Manager M ou équivalent, y compris sondes d'ensoleillement (une par orientation et par bloc), disjoncteurs différentiels de protection, raccordement au réseau internet, raccordements du datalogger aux onduleurs et aux sondes d'ensoleillement, paramétrage. Les systèmes de télé-suivi devront également être raccordés à des compteurs d'énergies mesurant la consommation instantanée du site et piloter le bridage dynamique des onduleurs afin d'assurer la non-injection de la production sur le réseau public. Le paramétrage de la zéro-injection est également à la charge du titulaire du présent lot.
- D'un conducteur d'équipotentialité, relié à la terre du site, et reliant toutes les structures métalliques des modules, des supports de l'installation, des onduleurs et des armoires électriques, y compris les chemins de câbles métalliques extérieurs. Les tableaux électriques des systèmes de télé-suivi seront également mis à la terre
- De la continuité du conducteur général de protection du champ photovoltaïque jusqu'aux points de connexion avec la terre du site
- De l'interconnexion de toutes les terres
- De l'interconnexion de la terre en toiture avec les conducteurs de descente des installations des paratonnerres
- De toutes les liaisons électriques et de télécommunications, y compris raccordement, gaines, goulottes, chemins de câbles, câbles, percements et rebouchages, nécessaires au bon fonctionnement de l'installation
- Le repérage durable de toutes les liaisons CC, CA, télécom installées

- Les affichages réglementaires durables, intérieurs et extérieurs
- De plans plastifiés au format A4 dans les locaux TGBT de raccordement et dans les armoires divisionnaires solaires en toiture, avec repérage et nomenclature du matériel
- Les essais et la mise en service :
 - Les essais et contrôles des installations
 - La mise en service et garanties de parfait achèvement, de bon fonctionnement et décennale
 - La réalisation et la diffusion des Dossiers d'Ouvrages Exécutés et des Dossiers d'Interventions Ultérieurs sur l'Ouvrage
 - Remise de tous les documents demandés par le maître d'ouvrage pour le bon suivi du projet et pour les opérations de réception
 - L'obtention du certificat CONSUEL, et l'ensemble des démarches inhérentes à son obtention
 - Une visite de formation du personnel du service technique du CHU à l'exploitation des installations photovoltaïques
- **Assurer la maintenance et l'exploitation** pendant 2 ans des centrales photovoltaïques (tranche optionnelle)

1.4 **Exigences réglementaires**

Les installations des matériels seront réalisées selon les règles de l'art et contrôlées par les organismes de contrôle missionnés par le maître d'ouvrage.

Il sera notamment apporté une attention particulière à la protection :

- Des usagers contre tout risque d'électrocution ou autre risque d'origine accidentelle, en particulier dû à la manipulation des modules.
- Des matériels et équipements contre toute détérioration éventuelle due à des causes extérieures telles que tempêtes (vent, pluie), dégâts des eaux, foudre etc.
- Contre toute fausse manœuvre éventuelle de l'utilisateur ou contre tout défaut de fonctionnement inopiné qui pourrait entraîner une détérioration prématurée ou irréversible des matériels ou équipements tels que court-circuit, inversion de polarité, déconnexions.
- Des bâtiments contre tout risque d'incendie accidentel dû à des défauts de fonctionnement ou de protection de l'installation.

L'installation devra répondre aux normes en vigueur concernant les établissements recevant du public (ERP) notamment en matière d'installation électrique, de sécurité incendie, d'accessibilité, du code du travail.

Les travaux seront réalisés dans le respect des dispositifs réglementaires et normatifs applicables pour ce projet, en vigueur au moment des travaux :

- Réglementation RT2012 (Permis Construire déposé en 2019),
- Réglementation de sécurité incendie des ERP, dispositions générales et dispositions particulières des établissements de type R et U,
- Réglementation d'accessibilité aux personnes handicapées
- Réglementation parasismique
- Réglementation neige et vent
- Les recommandations techniques des fabricants des matériaux employés
- Les règles DTU
- Les exigences de la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) dont les *Dispositions Relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installation de panneaux photovoltaïques dans l'emprise et dans l'environnement proche des aérodromes* dans sa version en cours, du fait de la présence d'une hélistation à proximité
- La note de la commission centrale de sécurité du 7 février 2013

L'installation des matériels sera soumise au respect des normes de l'industrie photovoltaïque et des normes relatives aux installations électriques, notamment :

Installation photovoltaïque

- **UTE C15 712-1** relatif à la mise en œuvre d'installation photovoltaïque.

- **XP C15-712-3** relatif à la mise en œuvre d'installation photovoltaïque avec stockage
- **IEC 61215** Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation.
- **NF EN IEC 61730** Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques.
- **DIN EN 61173** Protection contre les surtensions des systèmes photovoltaïques (PV) de production d'énergie – Guide – version allemande.
- **DIN VDE 0126-1-1** – Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension.
- **NF EN 62109-1 & 2** – Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques
- **NF EN 50549-1, 2 & 10** – Exigences relatives aux centrales électriques destinées à être raccordées en parallèle à des réseaux de distribution BT et MT

Travaux électriques et Réseaux télécom

- **NF C 15-100 2024** (les parties 1, 7, 8-1, 10 et 11) relative aux travaux électriques Basse Tension.
- **NF C 13-100** relative aux travaux électriques Haute Tension dans les postes de livraison.
- **NF C 13-200** relative aux travaux électriques Haute Tension.
- **HN64-S-52** relative aux cellules HTA.
- **IEC 60793** relatif aux réseaux fibres optiques.

Structure

- **NF EN 1990 et NF-P-06-100-2** – Base de calcul des structures.
- **NF EN 1991-1-1** – Actions générales et Annexes nationales.
- **NF EN 1991-1-3 NA** – Charge de neige et Annexes nationales.
- **NF EN 1991-1-4** – Charge de vent et Annexes nationales.
- **NF EN 1992-1-1** – Calcul des structures en béton.
- **NF EN 1993-1-1** – Acier – Règles générales et règles pour les bâtiments.
- **NF EN 1993-1-8** – Acier – Calcul des assemblages.
- **NF EN 1999-1-1** – Calcul des structures en aluminium.
- **NF A35-503** – Produits sidérurgiques - Exigences pour la galvanisation à chaud d'éléments en acier.
- **NF EN 12501** – Protection des matériaux métalliques contre la corrosion - Risque de corrosion dans les sols.
- **NF EN ISO 1460** – Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux - Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface.
- **NF EN ISO 1461** – Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai.
- **NF EN ISO 14713** – Revêtements de zinc – Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions.
- **NF EN ISO 10684** – Éléments de fixation – Revêtements de galvanisation à chaud.
- **NF EN ISO 12944** – Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture.
- **NF EN ISO 9223 à 9226** – Corrosion des métaux et alliages.
- **NF EN 1090-1-2-3** – Exécution des structures en acier et des structures en aluminium.
- **NF P 22-101** – Exécutions des structures en acier et des structures en aluminium.
- **DTU 32-1** – Construction métallique – Charpente en acier.
- **DTU 59-5** – Exécution des peintures intumescents sur structures métalliques.

Cette liste n'est pas exhaustive, mais un rappel des principaux textes officiels applicables à ce projet.

En cas de réédition, de modification ou de mise à jour, le document de référence est celui qui est en vigueur à la date de consultation des Entreprises.

Le titulaire du présent lot devra procéder aux contrôles et vérifications techniques relatives à la solidité conformément aux textes en vigueur. Les intervenants devront avoir l'habilitation BR -BP – chargé d'intervention chaîne PV.

L'installation devra intégrer dès la phase de conception les mesures de protection contre le risque foudre déterminés dans les études foudres disponibles en annexe.

1.5 Documents à fournir par le candidat

Tous les candidats devront fournir dans leur dossier de réponse au présent marché de travaux un prédimensionnement des ouvrages sous forme d'une note précisant :

- Le prédimensionnement des blocs de lestage (hypothèses de pression, vent retenues) – positionnement de ces blocs de lestage pour vérification du non-déversement
- Vérification des modules et du système d'intégration sous charge
- Vérification de la tenue des modules photovoltaïques sur le système d'intégration

Cette liste n'est pas limitative. Le candidat pourra fournir l'ensemble des pièces qu'il jugera utiles pour justifier la capacité du fournisseur du système d'intégration à fournir l'ensemble des documents et notes de calculs qui seront demandées par le CSTB pour l'instruction du dossier technique.

Le titulaire du présent marché devra remettre à l'approbation de la maîtrise d'œuvre et des bureaux de contrôles missionnés par le maître d'ouvrage, après la notification du Marché et pendant la période de préparation des travaux, selon le calendrier prévisionnel en annexe :

- Un calendrier détaillé d'exécution de ses ouvrages respectant le phasage indiqué dans le planning joint à la consultation, intégrant les phases de commandes et d'approvisionnement des produits et fournitures comportant des délais importants.
- Les plans d'exécution / plans de chantier, synoptiques, schémas électriques et notes de calculs.
- Les fiches techniques précisant les caractéristiques exactes du matériel et matériaux et les divers agréments, ainsi que les certifications et certificats de garantis associés.
- Les cahiers des charges des procédés de construction non standard.

Le titulaire du présent lot doit établir l'ensemble de ses documents d'études pendant la période préparatoire du chantier.

Les documents à fournir sont :

- Attestations d'assurances (de responsabilité civile et décennale)
- Plan d'installation de chantier.
- Attestations de garantie du matériel.
- Note méthodologique.
- Références pour ce type de prestations.
- Le planning d'exécution des travaux avec le délai d'approvisionnement des différents matériaux et matériels.
- Les fiches techniques en langue française précisant les caractéristiques exactes du matériel et les divers agréments en cours de validité (ATEC, CSTB, etc.).
- L'ATEX de cas B, avec avis favorable du CSTB et du bureau de contrôle SOCOTEC
- Toutes les cotes, toutes les élévations, ainsi que toutes les coupes verticales et horizontales, les fixations, les joints d'étanchéité, les cotes de réservations et toutes données utiles à la compréhension des Ouvrages.
- Le plan de calepinage de la structure de fixation avec la notice de montage et les plans de détails et coupes de précisions de montage.
- Le plan de calepinage des modules, avec répartition des panneaux par branche, et par onduleur.
- Plans d'implantation des principaux composants.,
- Schémas électriques de principe de l'installation.,
- Synoptiques électriques généraux de l'installation.,
- La mise à jour des pièces graphiques systématique en cas de modifications.,
- Les notes de calcul AC/DC BT et HT réalisées avec logiciels certifiés ELIE BT à fournir en couleur (Caneco, Lise, ...) et fichiers natifs.
- Les certificats de garantie.
- Les échantillons.

- Les plans d'exécution, de façonnage et de fabrication.
- L'analyse fonctionnelle de l'installation si demandée.
- Le Plan Particulier de Sécurité et de Prévention de la Santé (PPSPS), et toute demande particulière liée à la sécurité et aux interventions sur site.

Ces documents seront fournis dans l'ordre logique de leur élaboration et fragmentés de telle sorte que les observations éventuelles puissent être immédiatement repercutées.

Le titulaire du présent lot a à sa charge toutes les études, plans d'ensemble et de détails nécessaires à la complète définition et exécution des travaux, à partir des plans transmis par le maître d'œuvre dans le présent DCE.

En aucun cas les documents du DCE (notamment les plans) ne constituent des documents d'exécutions.

En aucun cas la MOE ne fournira ses plans DCE aux formats modifiables (DWG, etc.).

Les documents élaborés devront respecter la charte graphique du CHU, le cahier des charges BIM est disponible en annexe.

1.6 Réalisation

L'énumération des matériels et fournitures nécessaires à la bonne exécution des travaux n'est pas limitative.

L'entreprise devra répondre aux besoins exprimés pour assurer un bon fonctionnement des installations sans qu'elle puisse se prévaloir d'une omission dans les présents documents.

L'entrepreneur est tenu d'obtenir du Maître d'Ouvrage toutes les prescriptions, descriptions et renseignements sur les ouvrages pouvant avoir une relation avec ceux du présent lot.

Il est rappelé que les réservations, percements et scellements effectués dans les parties porteuses existantes, dans les cloisons ou dans les parties non porteuses de la construction sont à la charge de l'entrepreneur du présent lot, pour les ouvrages le concernant. En cas de percement d'une paroi coupe-feu, le degré coupe-feu de la paroi devra être restitué. L'ensemble des travaux entrepris devront être réalisés en conformité avec les notices acoustiques et sismiques disponibles en annexe.

Les percements, ouvertures, ou saignées réalisées dans un ouvrage exécuté supérieurs à 100 cm² devront être soumis à l'approbation de la maîtrise d'œuvre et de la maîtrise d'ouvrage.

Le Maître d'œuvre peut être amené à refuser tout percement jugé dangereux pour l'ouvrage (exemple : dalles ou poutres précontraintes) ou inesthétique. Il appartient à l'entreprise en cause de proposer et mettre en œuvre, à ses frais, une solution acceptable par le Maître d'œuvre.

Dans le béton et la maçonnerie

- Les trémies et réservations d'un diamètre inférieur ou égal à 10 cm seront réalisées par percements dans les ouvrages, par l'entreprise en ayant besoin, après accord de l'entreprise du lot GOE et avis du contrôleur technique.
- Par contre dans le cas de demandes non prises en compte ou mal prises en compte (bien que transmises dans les délais conformes au planning contractuel) par l'entreprise du lot GOE les percements à réaliser seront aux frais de cette dernière.

Dans les cloisons sèches :

- Exécutés dans tous les cas par l'entreprise titulaire des lots CPL pour les blocs 1 et 3 et GOE pour les blocs 2 et 4.
- Les percements réalisés dans les cloisons sèches ou de carreaux de plâtre seront soumis au contrôle et à l'acceptation du titulaire des lots CPL pour les blocs 1 et 3 et GOE pour les blocs 2 et 4.

Dans le carrelage, la faïence et autres revêtements durs (pierre, métal, etc...) :

- Exécutés dans tous les cas par l'entreprise ayant posé ces revêtements.
- Au-delà de 20 x 20 cm, il s'agit du cas général traité par l'article " Réservation ", soit réservation à la charge de l'entreprise réalisant le support si la réservation figure sur les plans de synthèse, soit en cas d'erreur ou d'omission sur les plans de synthèse.

Les saignées ne sont pas autorisées dans ce type d'ouvrage.

Raccord :

- Arrêt d'un ouvrage de finition en limite d'un matériel ou équipement incorporé : enduit, revêtement, peinture, etc.
- Les raccords sont toujours exécutés par l'entrepreneur du lot exécutant la finition concernée (enduit, revêtement, peinture...) et sont inclus dans son prix global et forfaitaire.

Dans le cas où une reprise d'exécution serait nécessaire du fait d'une mise en place tardive du matériel, ils seront décomptés à l'entreprise ayant effectué cette mise en place tardive.

Rebouchage particulier

- Obturation d'une réservation sans emploi ou de la partie inutilisée d'une réservation disproportionnée à l'utilisation (Limite : 10 cm autour de la périphérie du matériel installé). Ils sont toujours exécutés par l'entrepreneur qui a réalisé le support et à la charge du demandeur de la réservation.

L'entreprise sera responsable de ses ouvrages jusqu'à la réception des travaux. Elle prendra toutes dispositions nécessaires pour assurer leur protection de manière efficace et durable.

La qualité du matériel et des matériaux résultera des normes en vigueur et des spécifications du présent CCTP.

Il appartient à l'entrepreneur de présenter avec sa remise de prix toutes les documentations ou suggestions qu'il jugera utiles quant aux prescriptions techniques et aux prévisions du CCTP.

Il ne pourra par conséquent pas se prévaloir de ne pas connaître la nature et l'importance des travaux à exécuter pour une parfaite finition et ne pourra donc réclamer de supplément à son offre.

Les matériaux et procédés non traditionnels devront être titulaires d'un avis technique du C.S.T.B. en cours de validité.

1.7 Etude d'impact

Une Hélistation se situe sur le site du projet. Le titulaire du présent marché devra déposer un dossier complet auprès du guichet unique de la DGAC, selon les spécifications du chapitre 3 de la note d'information technique R3-SOI-G6-ext d'octobre 2024 (en annexe).

Le délai maximal pour déposer le dossier auprès de la DGAC est de 1 mois après notification.

1.8 Installation et gestion de chantier

Tous les renseignements et obligations concernant les l'organisation du chantier et la participation au compte pro rata sont détaillés dans le document joint intitulé NOC 2.

STOCKAGE DES MATÉRIAUX

L'entreprise assurera la protection et le stockage de son matériel, uniquement prévu en toiture (voir NOC 2), sachant qu'aucun gardiennage n'est prévu sur le chantier et qu'en aucune façon, le maître d'ouvrage ne pourra être tenu pour responsable d'un vol ou dégradation éventuels de matériel pendant la durée du chantier.

D'une manière générale, le stockage des matériaux est sous la responsabilité de l'entrepreneur.

INSTALLATION DE CHANTIER TEMPORAIRE

L'entreprise devra se procurer l'ensemble des moyens de mise en œuvre des travaux :

- L'installation et le repli de l'ensemble des moyens de signalisation de sécurité pour son intervention
- Les moyens de levage, transport et manutention (grue, nacelle)

- La participation au compte prorata

SECURITE SUR LE CHANTIER

Les toitures d'implantation des modules photovoltaïques sont équipées de protections collectives garde-corps non-inclinés et fixés en tête d'acrotère.

En toutes circonstances, l'entrepreneur demeure seul responsable de tous dommages ou accidents causés à des tiers lors ou par la suite de l'exécution des travaux résultant, soit de son propre fait, soit de son personnel. L'entreprise devra, pendant toute la durée de son intervention, les protections nécessaires à la bonne conservation du bâtiment et sera responsable de tout sinistre pendant cette période si cette disposition n'est pas respectée.

Si elle fait appel à des sous-traitants, elle recourt à des entreprises elles-mêmes qualifiées ou certifiées pour l'activité sous-traitée ;

- Les intervenants ont suivi une formation sur les spécificités des installations photovoltaïques raccordées au réseau, notamment en termes de sécurité électrique,
- Si le fabricant du système d'intégration propose des formations spécifiques à ses produits, les intervenants auront suivi la formation dédiée au système mis en œuvre, celle-ci pouvant être effectuée directement sur le chantier ;
- Les intervenants disposent des formations et habilitations adaptées aux types de travaux à réaliser.

Le personnel intervenant devra être formé et habilité pour les travaux réalisés.

Le personnel concerné devra être formé au travail en hauteur. Le cas échéant, les intervenants devront être formés au port du harnais ainsi qu'au montage, à l'utilisation et à la réception des échafaudages.

L'utilisation d'une nacelle ou d'un chariot télescopique nécessite une formation, une évaluation (CACES) et une autorisation de conduite de l'employeur.

En application de la réglementation, les intervenants effectuant le raccordement des modules et la mise en œuvre des équipements électriques devront disposer de l'habilitation électrique concernée, selon la norme NF C 18-510 (habilitation symbole BP ou habilitation symbole BR « Photovoltaïque »).

Une dispense d'habilitation électrique n'est autorisée que pour certaines opérations spécifiquement décrites dans la norme NF C 18-510 (notamment l'interconnexion de modules à l'aide de connecteurs débrochables conformes à la norme NF EN 50521 sur une chaîne de tension à vide inférieure ou égale à 60 V en courant continu).

L'entreprise devra prévoir, dans l'établissement de son projet, le matériel nécessaire à la bonne marche des installations et de leurs équipements, à leur conduite aisée, à leur contrôle et à leur sécurité.

L'entreprise rédigera un protocole d'intervention dans lequel elle indiquera l'ensemble des mesures destinées à prévenir les risques découlant de l'interférence entre le prestataire et les utilisateurs du site.

Les dispositions de sécurité seront conformes aux préconisations de la fiche pratique de sécurité ED137 «Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques» et aux recommandations de la CNAM «Pose, maintenance et dépose des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques en sécurité». Les équipements de protection collective sont à privilégier systématiquement vis-à-vis des équipements de protection individuelle.

Les intervenants non habilités à effectuer les raccordements électriques ou à travailler à proximité de pièces nues sous tension ne devront pas être amenés à effectuer des opérations de raccordement ou à pénétrer dans les zones de travail pouvant présenter un danger.

En cours de chantier, des signalisations mises en place par le personnel électricien indiqueront à tout intervenant extérieur le danger lié à la zone de travail. Le personnel intervenant devra être prémuni contre tout risque d'électrocution ou autre risque d'origine accidentelle, notamment grâce à des équipements de protection individuelle décrits ci-dessus.

NETTOYAGE DE CHANTIER

L'entreprise devra chaque jour le nettoyage et l'évacuation de ses déchets pour le maintien en parfait état de propreté des abords du bâtiment ainsi qu'un nettoyage final à la fin des travaux.

2. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DE L'INSTALLATION PV

Les paragraphes suivants décrivent les travaux spécifiques à cette installation PV.
Sur ce projet, la production photovoltaïque sera consommée sur place (raccordement en autoconsommation).

2.1 Structure de support et fixation

L'entreprise adjudicataire prendra un soin tout particulier à l'intégration des modules photovoltaïques sur le site. Toute solution proposée par l'entreprise devra faire l'objet d'un accord préalable des maîtres d'ouvrage et d'œuvre avant exécution.

Le système d'intégration devra être de type lesté en toiture terrasse. Le titulaire du marché devra fournir une note de calcul pour le dimensionnement du lestage. Les études de structures sur les bâtiments A, B, H, I et J ont validées l'ajout d'une installation solaire en toiture ayant une charge surfacique inférieure à 150 kg/m².

Le système d'intégration ainsi que les modules photovoltaïques, devront être en adéquation avec les contraintes neige et vent du site et posséder un avis technique ou une appréciation technique d'expérimentation valide au moment du chantier.

Les zones d'implantation du système d'intégration devront être compatibles avec le domaine d'emploi spécifié dans la certification associée au procédé d'intégration. **Dans le cas contraire, une note de calcul du fabricant attestant de la solidité de l'ouvrage devra être fournie par l'entreprise et validée par le bureau de contrôle SOCOTEC.**

Le titulaire du présent marché devra fournir une ATEX de cas B ou toute autre certification de technique courante délivrée par le CSTB (DTU, ATEc, ATEX de cas A). L'ensemble des démarches à entreprendre avec le bureau de contrôle et le CSTB pour obtenir la certification sont à la charge du titulaire du présent marché. Le formulaire du CSTB pour l'établissement du dossier technique est joint en annexe, ainsi qu'un planning des différentes étapes pour l'obtention de l'ATEX.

Coordonnées du CSTB pour ce projet :

Coralie NGUYEN

Responsable de Division

Systèmes Energétiques - Evaluation

Direction Energie & Environnement

Tél. : + 33 (0)4 93 95 64 60

Port. : +33 (0)6 76 98 74 38

Mail : coralie.nguyen@cstb.fr

Mail : David.LEBELLAC@cstb.fr

Mail : Karine.HECQUET@cstb.fr

L'ensemble des structures et fixations métalliques sera mis à la terre, relié par un conducteur Cu d'une section minimale de 16 mm². Toutes les masses seront interconnectées et reliées à la terre. La prise de terre présentera une résistance maximale de 30 ohms. En cas d'utilisation de plusieurs terres, elles devront toutes être reliées entre elles.

Toutes les précautions seront prises de manière à éviter tout risque de corrosion par couple électrolytique

entre les modules photovoltaïques, le système d'intégration structures porteuses et les conducteurs de terre. Toute la visserie utilisée sera inoxydable. La mise en œuvre devra être conforme aux prescriptions de pose du fabricant.

La solution de base propose le système d'intégration lesté Toit Plat de Novotegra ou équivalent, avec l'obtention de l'ATEX de cas B.

2.2 Les modules photovoltaïques

Les modules devront être de puissance ($\pm 10\%$). Les modules proposés devront au minimum respecter les caractéristiques suivantes :

- Cellule de type monocristallin Technologie N-Type.
- Tension maximum (selon classe de protection II) : 1500 VDC.
- Tolérance positive.
- Rendement surfacique supérieur à 21% (hors gain bifacial).
- Bilan carbone simplifiée inférieur ou égal à **650 kg eq CO₂/kWc** (Certisolis avec la méthode PPE2 v2 obligatoire).
- Garantie de puissance pour les panneaux est de 20 ans minimum, dans les conditions suivantes :
 - Dégradation de 2 % maximum la première année
 - Dégradation de 0,5 % maximum les années suivantes
- Boîtier de connexion étanche en face arrière :
 - Passage des câbles par 2 presse-étoupe.,
 - Précâblés avec du câble solaire double isolation de section 6 mm² ou 4 mm² avec longueur suffisante pour raccordement en leapfrog.
 - Connecteurs débrochables de classe II, détrompeur, polarité clairement identifiée.

Les modules photovoltaïques seront plans et devront satisfaire aux spécifications des essais de la norme NF EN 61 215 (IEC 61 215), NF EN 61730 (IEC 61730) et homologués en classe de sécurité électrique II (NF EN 61 140).

Les modules devront, au même titre que les autres éléments de la construction, résister aux conditions climatiques extrêmes locales définies selon les normes Eurocode 1 : Actions sur les structures, Partie 1-3 : actions générale – Actions de la neige, Partie 1-4 : actions générales - Actions du vent, leurs annexions nationales, amendements et additifs), et répondre, si besoin, aux exigences des règles parasismiques (Eurocode 8) pour la zone concernée.

Tous les modules proposés présenteront un aspect et une couleur identique et sont aisément interchangeables.

Les dimensions maximales des panneaux seront :

- Longueur : 2500 mm
- Largeur : 1200 mm

Chaque livraison de modules sera accompagnée des certificats de flashage correspondants « flash-list » qui sera remise à la maîtrise d'œuvre afin de valider la réception du matériel.

Le Maître d'ouvrage se réserve le droit de faire procéder à des mesures de « flashage » auprès du TÜV, CERTISOLIS ou équivalent (organismes indépendants) par échantillonnage des modules à la livraison sur chantier.

Ces modules sont plans et résistent aux conditions ambiantes climatiques décrites ci-après :

- Température : - 40° à + 85°C.
- Humidité relative : jusqu'à 100 %.
- Vitesse du vent : jusqu'à 190 km/h (bourrasques).
- Précipitations : pluie battante continue ou grêle (grêlons < 25 mm).
- Charge statique : 3600 N/m² minimum (exigée pour offrir une meilleure résistance lors de la manutention des produits pendant leur mise en œuvre)
- Charge maximum : jusqu'à 5400 N/m².

Ils devront en particulier être conçus pour pouvoir délivrer une tension suffisante à température de jonction élevée, et présenter le coefficient de température (% de $P_{mpp}/^{\circ}C$) le plus faible.

Ce coefficient de température (pertes en puissance, due à l'échauffement des cellules) sera un facteur déterminant de choix.

Le verre de la face avant sera de type verre trempé, lisse, d'épaisseur minimale de 2 mm, à faible teneur en Pb et Fe, de manière à garantir les meilleures qualités optiques. Il est demandé de préciser :

- Le coefficient de transmission du verre.
- Son coefficient de réflexion.

Le fournisseur doit fournir avant la livraison :

- Les caractéristiques électriques, thermiques et optiques de chaque module, résultant du test en sortie de fabrication.
- Le certificat récent (moins d'un an) du laboratoire ayant vérifié les caractéristiques et précisions de mesure du flasheur employé par le fabricant des modules.

Le serrage conforme des presse-étoupes aura été vérifié avant livraison. Une vérification sur échantillon pourra conduire à un refus de livraison.

Les boîtiers de connexion seront positionnés afin de minimiser les longueurs de câblage. Les modules seront précâblés avec des câbles solaires à double isolation de section 4 mm², de longueur minimale 1m. La polarité des bornes sera clairement identifiée. Chaque boîte comprendra obligatoirement au minimum une diode parallèle de protection du module.

Les câbles seront conformes au guide UTE C32-502, pour un courant nominal de 15A, et seront donc de qualité photovoltaïque extérieure.

La compatibilité des modules photovoltaïques mis en œuvre avec le système d'intégration devra avoir été validée par le CSTB et le bureau de contrôle SOCOTEC dans l'ATEX.

2.3 Coffrets CC

Les coffrets CC respecteront les dispositions suivantes :

- Choix d'une enveloppe non-propagatrice de flamme,
- Protection minimale IP 55,
- Ouverture possible seulement à l'aide d'un outil,
- Séparation des bornes positives et négatives avec une isolation appropriée,
- Disposition des bornes de telle sorte que les risques de courts circuits durant l'installation ou la maintenance soient improbables.
- Isolation appropriée de classe II
- Coffret muni de presse-étoupes

Les coffrets CC seront implantés sur les structures supports lestées des onduleurs. Le boîtier devra être aisément accessible aux techniciens d'intervention.

Le système choisi devra être dimensionné pour fonctionner quel que soit le courant produit par les modules.

Ces coffrets seront ainsi équipés pour chaque branche des composants suivants :

- Un **dispositif de protection** (fusible) contre les surintensités par branche et par polarité, avec voyant de défaut, dans le cas où le nombre de branches par entrée d'onduleurs génère un courant inverse supérieur au courant inverse maximum admissible (I_{rm}) des modules.
Le calibre des fusibles devra être calculé selon la règle de calcul du guide UTE C15-712-1.
- Un **interrupteur sectionneur bipolaire CC** associé à une bobine MN pour coupure d'urgence (tous ces interrupteurs-sectionneurs seront activables à distance via la coupure d'urgence),
- Un **parafoudre CC de type 1** pour assurer la protection contre les surtensions d'origine atmosphérique (un par phase du câble de groupe PV) avec sectionneur, niveau de protection U_p inférieur à 40% de la tension de tenue aux chocs des modules, sectionneur/dispositif de déconnexion et de protection externe en fin de vie, et dérivation à la terre ;
- Un **bornier** de mise à la terre.

Un coffret de sectionnement est le siège de tensions et de courants élevés, raison pour laquelle des exigences particulières sont requises pour les composants mis en œuvre.

Par exemple, le parafoudre correspondant au pôle positif ne doit pas être au voisinage immédiat du parafoudre du pôle négatif. Les boucles induites ne seront pas acceptées. Un schéma d'implantation des coffrets devra être validé par le maître d'œuvre avant la pose

2.4 Câblage CC

Les câbles PV auront les caractéristiques suivantes :

- Conformes à la NF EN 50618 de type H1Z2Z2-K.
- **Euroclasse : Cca-s1b, d2, a1) selon la norme (cf. NF C 15-100 et NF C 32-323).**
- Unipolaires.
- Compatibles avec les connecteurs PV auxquels ils sont connectés.
- De section 4 à 10mm² (les câbles de section 2,5mm² sont proscrits).
- De type C2 ou équivalent (non-propagation de la flamme).
- De type AD7 au minimum et AD8 s'ils se trouvent en zone inondable ou s'ils sont susceptibles d'être immergés.
- Les rallonges CC de polarité positive (+) seront de couleur rouge.
- Les rallonges CC de polarité négative (-) seront de couleur noire.

La connexion en série des câbles des modules PV, faisant partie intégrante des modules PV et pré-connectés, sera réalisée afin de former les strings PV. Si le module le permet, le câblage des strings de modules se fera ligne par ligne et si possible en câblage croisé.

Les câbles PV seront fixés de telle manière à :

- Prévenir la fatigue due aux intempéries (vent, neige, etc.).
- Limiter la détérioration des câbles liée à des contraintes excessives (tension de charge, rayon de courbure, etc.).
- Réduire l'impact des UV (installation de systèmes de goulottes et/ou de conduits) pouvant apparaître entre les tables.
- Éviter les surtensions induites dues à la foudre. L'aire des boucles conductrices doit être la plus réduite possible.
- Empêcher le ruissellement le long de ceux-ci.
- Supprimer les risques de défaut et l'apparition d'arcs dus à la polarité et au serrage des connexions.

L'Entreprise devra optimiser la position des câbles CC et des connecteurs CC sous les structures afin d'éviter que ces derniers soient au contact d'une accumulation d'eau.

NOTA : Des colliers ne doivent pas être utilisés comme support principal si leur durée de vie n'est pas supérieure ou égale à celle du système ou à la durée de la période de maintenance. Lorsque des colliers sont utilisés comme support, ils doivent être installés de manière à ne pas endommager le câble.

Le système retenu par l'Entreprise sera soumis à l'approbation de la maîtrise d'ouvrage.

La fourniture et la mise en œuvre du système de support des câbles PV sont à la charge de l'Entreprise. Il conviendra de limiter au maximum les contraintes de circulation entre les lignes pour la phase d'exploitation. Dans le cas où les câbles PV cheminent entre 2 champs adjacents, l'Entreprise devra protéger les câbles des UV.

L'Entreprise veillera à éviter que les câbles puissent être détériorés lors de leur cheminement dans les chemins de câbles (arêtes, sorties, changement de direction, etc.) en mettant en œuvre les moyens de protection nécessaires.

La pose des câbles PV sur chemin de câbles respectera les conditions suivantes :

- Mise en place côte à côte sans se chevaucher.,
- Installés en deux couches superposées sauf si les contraintes d'implantation du site nécessitent de cumuler plusieurs couches (impliquant une fixation tous les 2 mètres par colliers plastiques type "COLSON" ou équivalent).,
- Les rayons de courbures des câbles PV : supérieurs à 6 fois le diamètre extérieur du câble.,
- Le taux de remplissage des chemins de câbles et goulottes devra permettre de conserver 30% de réserve.
- Les chemins de câbles devront être traités pour conserver leurs propriétés anti-corrosion (application d'une couche de galvanisation) après découpe

L'Entreprise devra respecter les recommandations du fabricant des câbles PV.

2.5 Les connecteurs PV

Les connecteurs PV auront les caractéristiques suivantes :

- Conformes à la norme (cf. NF EN 62852).
- Degré de protection IP67.
- Isolement de classe II.
- Résistant aux conditions extérieures de température : de -40°C à +90°C.
- Débrochables et compatibles en termes de sécurité et d'adaptabilité avec les connecteurs des modules PV, les câbles PV et les connecteurs PV des entrées des onduleurs PV auxquels ils sont connectés.
- Protégés de tout contact avec des parties actives à l'état connecté ou déconnecté.

Les connecteurs PV doivent être installés de façon à réduire le plus possible les efforts auxquels ils sont soumis.

Les connecteurs CC resteront bouchonnés jusqu'à leur raccordement.

Les connecteurs PV mâle et femelle raccordés ensemble doivent être identiques, du même fabricant et du même modèle (modules PV, rallonge, torons et onduleurs) ; ou à défaut être compatibles.

2.6 Les onduleurs

Les onduleurs choisis seront tous de la même marque pour faciliter la maintenance, la mise en œuvre du système de supervision et l'exploitation. La technologie micro-onduleur (onduleur embarqué dans chaque panneau) n'est pas autorisé

Tous les onduleurs installés doivent disposer d'un certificat de test établi par un organisme certifié.

Equilibrage des phases : Le raccordement au réseau se fera en triphasé.

Leurs performances doivent être les suivantes :

- Synchronisation avec le réseau
- Transformation DC /AC 200~1000V/400V
- Suivi de Pmax (MPPT)
- Signal sinusoïdal 400 V +10% - 15%
- Taux de distorsion harmonique < 4%
- Fréquence 50 Hz \pm 0,1 Hz
- Consommation à vide > 0.5% de Pmax
- Rendement à 10% > 90 et 100% charge > 95%
- Distorsion harmonique : normes CEN 50 006 et 60 555
- Compatibilité CEM
- Arrêt auto sur disparition réseau, reconnexion auto DIN VDE 0126-1-1 et NF EN 50549-1, 2 & 10
- Mesures internes : tensions, courants, fréquences, puissances
- Affichage déportable des mesures
- Protection IP 65 à minima
- Réglage du Cos Phi à 0.94
- Sortie 3P + N + PE
- Surveillance de la tension à partir d'une mesure entre les conducteurs de phase et de neutre, ce qui implique que les onduleurs soient raccordés au conducteur de neutre issu du réseau
- Garantie produit de 5 ans minimum, avec extension de garantie à 20 ans

La solution de base propose des onduleurs HUAWEI SUN2000, SMA ou équivalent
--

2.7 Casquette onduleur

Les onduleurs et les coffrets seront fixés à une structure métallique en toiture terrasse. La structure métallique devra être protégée contre les UV et les intempéries par une casquette. Les onduleurs pourront être fixés sur des rails fixés eux-mêmes à la paroi. Leur fixation est à la charge du présent lot. Le titulaire du présent lot fournira une note de calcul de charge permanentes descendante et charges climatiques, qui sera visée par le bureau de contrôle.



Exemple de zone onduleur en toiture

2.8 Les coffrets CA

L'ensemble des composants assurant l'arrivée, le regroupement et la distribution de l'énergie courant alternatif sera regroupé dans des coffrets IP55 minimum, fermant à clé (ouverture possible seulement à l'aide d'un outil), avec enveloppe non propagatrice de flamme et comprenant :

- Les connexions ;
- 1 disjoncteur 400V « sortie onduleur » pour chaque onduleur ;
- 1 barre de regroupement des onduleurs si plusieurs onduleurs ;
- 1 interrupteur-sectionneur général CA avec moteur de réarmement ;
- 1 dispositif de coupure d'urgence avec bouton poussoir apparent (de manière à être accessible de l'extérieur du coffret) ;
- 1 bornier de mise à la terre, à connecter avec la terre du bâtiment.
- 1 parafoudre type 1 avec sectionneur triphasé
- 1 prise PC sur rail DIN, avec disjoncteur différentiel de protection
- Une alimentation électrique secourue (AES) avec protection associée
- 1 bobine raccordée au système d'arrêt d'urgence et actionnant l'interrupteur de tête du coffret

Le système d'arrêt d'urgence agissant sur l'interrupteur de tête des coffret CA, devra permettre la coupure de la production en cas de départ des groupes électrogènes. Le bornier de la centrale groupe électrogène mise à disposition dans chaque TGBT de raccordement devra être raccordé sur la bobine MN de l'interrupteur du coffret AC.

Les fonctions de commande, de sectionnement et de protection des circuits électriques seront conformes aux règles de la NF C-15 100, et telles que précisées dans les Spécifications ERD rédigées sous la responsabilité conjointe de l'ADEME, d'EDF et des professionnels.

Les entrées et sorties de câbles se feront par presse-étoupe situés en dessous du coffret, avec câblage en

« goutte d'eau ». Les coffrets seront fixés sur les structures support des onduleurs en toiture devront être installés à une hauteur de 100 cm minimale du sol.

Les bornes de raccordement des câbles seront clairement repérées à l'aide d'étiquettes gravées et serties. Les étiquettes de papier collées seront refusées. Les schémas électriques devront être placés dans le coffret.

Les câbles reliant les onduleurs aux coffrets seront en cuivre ou en aluminium et dimensionnés en fonction de leur puissance et de la longueur du câble correspondant.

La chute de tension maximale autorisée entre les transformateurs HTA/BT et les bornes AC des onduleurs est de 3% (1.5% recommandé) à puissance nominale des onduleurs.

Dans un souci d'exploitation et de maintenance, tous les câbles (hormis les conducteurs de terre) seront repérés par un dispositif durable du type étiquette gravée (les systèmes à encre sont à exclure, dimo également exclue) tenue par collier.

2.9 Câblage CA

Les câbles CA qui cheminent en extérieur devront être protégés des UV.

Les câbles CA BT auront les caractéristiques suivantes :

Cas général

- De type U-1000 R2V (cuivre) ou AR2V (alu) selon la norme (cf. NF C 15-100 et IEC 60502) ; à adapter au régime de neutre si besoin.
- **De type FR-N1 X1G1 (Euroclasse : Cca-s1, d1, a1) selon la norme (cf. NF C 15-100 et NF C 32-323) ; à adapter au régime de neutre si besoin.**
- Section de 50mm² à 300mm².
- Compatibles avec les onduleurs PV (en particulier en tension) et les coffrets CA (si applicable).
- Régime de neutre conforme aux exigences du fabricant des onduleurs PV.
- De type C2.
- De type AD7 au minimum et AD8 s'ils se trouvent en zone inondable ou s'ils sont susceptibles d'être immergés.

Les chemins de câbles pour le cheminement des câbles CA seront capotés pour protection contre les UV. Les chemins de câbles qui cheminent à l'horizontal sur la toiture terrasse seront posés sur plots lestés.

2.10 Raccordement des installations dans les TGBT

Le titulaire du présent lot devra la fourniture et la pose de câbles de raccordement AC entre les onduleurs et les coffrets CA de raccordement des onduleurs et entre les coffrets CA et les TGBT de raccordement des installations solaires.

Les TGBT de raccordements sont les suivants :

- Installation photovoltaïque en toiture du bâtiment A -> TGBT 1 AB (situé au bâtiment L1 au RDC)
- Installation photovoltaïque en toiture du bâtiment B -> TGBT 2 AB (situé au bâtiment L1 au RDC)
- Installation photovoltaïque en toiture du bâtiment H -> TGBT 13 HIJK (situé au bâtiment J au RDC)
- Installation photovoltaïque en toiture du bâtiment I -> TGBT 14 HIJK (situé au bâtiment J au RDC)
- Installation photovoltaïque en toiture du bâtiment J -> TGBT 13 HIJK (situé au bâtiment J au RDC)

La position des locaux TGBT et la représentation des cheminements entre les installations en toiture et les locaux TGBT se trouvent en annexe. Les schémas de raccordement des installations sont disponibles en annexe.

La fourniture et la pose des chemins de câbles en toiture sont à la charge du présent lot. La fourniture et la pose des chemins de câbles à l'intérieur des bâtiments, pour le cheminement des liaisons de raccordement

des installations en toiture sont à la charge du lot GEL 103 (bâtiment A et B) ou GEL 403 (bâtiment H, I, J, K) et GEL 203 pour le cheminement dans le parking B2.

Pour les installations des toitures A et B, les chemins de câbles mis à disposition par le lot GEL 103 seront partiellement occupés par les câbles du lot GEL 103. Un minimum de 30% de disponibilité dans ces chemins de câbles est prévu. Pour les installations des toitures H, I et J des chemins de câbles dédiés aux câbles des installations photovoltaïques sont prévus.

Les câbles CA devront impérativement avoir été posés entre les toitures et les TGBT de raccordement **avant la fin du mois d'octobre 2025**. En novembre 2025, les locaux TGBT seront calfeutrés pour une tenue du local à la propagation d'incendies. En cas de pose de câbles une fois le calfeutrement coupe-feu réalisé, le titulaire du marché a à sa charge la réalisation de la réservation pour le passage des câbles ainsi que la reconstitution de l'encoffrement coupe-feu.

2.11 Systèmes d'arrêt d'urgence

Le dispositif de coupure d'urgence devra être à coupure omnipolaire et simultanée.

L'ensemble des bobines devront être raccordés en câbles CR1-C1, sans halogènes, NFC 32-310, isolation en élastomère résistant au feu et gaine thermoplastique résistant au feu.

Les boutons d'arrêt d'urgence seront positionnés selon les paragraphes suivants, pour chaque bâtiment. Ils actionneront les bobines des interrupteurs généraux des coffrets CA en toiture.

Bâtiment A :

Le boîtier de coupure d'urgence se trouvera au RDC en façade Sud du Bâtiment A, dans la colonne sèche dédiée.

Le bouton d'arrêt d'urgence et le cheminement du câble d'arrêt d'urgence sont représentés dans l'annexe « Cheminement bâtiment A_20250402 ».

Bâtiment B :

Le boîtier de coupure d'urgence se trouvera au RDC en façade nord du Bâtiment B, dans la colonne sèche.

Le bouton d'arrêt d'urgence et le cheminement du câble d'arrêt d'urgence sont représentés dans l'annexe « Cheminement bâtiment A_20250402 ».

Bâtiment H, I et J :

Le boîtier de coupure d'urgence se trouvera au RDC en façade nord du Bâtiment J, dans la colonne sèche.

Une mutualisation de la coupure d'urgence prévue pour l'arrêt des installations des bâtiments H, I, J.

Le bouton d'arrêt d'urgence et le cheminement du câble d'arrêt d'urgence sont représentés en rouge dans l'annexe « Cheminement bâtiment HIJ_20250403 ».

Pour toutes les installations, des boutons d'arrêt d'urgence devront être installés en toiture, sur les coffrets CA.

Des boutons d'arrêt d'urgence sont fournis et posés par les lots GEL 103 et 403 dans chaque TGBT de raccordement. Ils sont raccordés aux circuits d'arrêt d'urgence des relais de protection de découplage et boutons d'arrêts d'urgence des colonnes sèches. Ils actionnent les bobines associées aux protections PV dans les TGBT de raccordement.

Toutes les bobines seront alimentées par une alimentation AES.

Les schémas de principe des arrêts d'urgence sont disponibles en annexe.

2.12 Mise à la Terre et protection contre la foudre

- **Mise à la terre :**

Le schéma des liaisons à la terre sera réalisé conformément aux exigences de la NF C 15-100 et au guide UTE C 15-712-1.

Lors de la mise en œuvre des liaisons équipotentielle, le titulaire du présent lot devra satisfaire les exigences suivantes :

- Réalisation d'un potentiel flottant côté CC (aucune polarité CC ne sera reliée à la terre).
- Réalisation de l'équipotentialité de toutes les masses métalliques accessibles.
- Mise à la terre des modules par mise en contact avec la structure métallique par le biais d'agrafe type Terragrif ou équivalent pour une mise à la terre sans câbles.
- Interconnexion des masses de préférence d'une manière maillée plutôt qu'en étoile (surtout si les câbles d'interconnexion sont longs).
- Ramener sur la câblette de terre principale (en cuivre nu) toutes les liaisons de mises à la terre par l'intermédiaire de connexions adaptées (cosses C à sertir ou de soudures exothermiques. Attention : Les cosses à visser sont à proscrire).
- Utilisation de cosses bimétal adaptée lors de la mise en œuvre de matériau de natures différentes.
- En cas d'existence d'un paratonnerre en toiture, la terre commune au système photovoltaïque sera interconnectée avec la descente du paratonnerre.

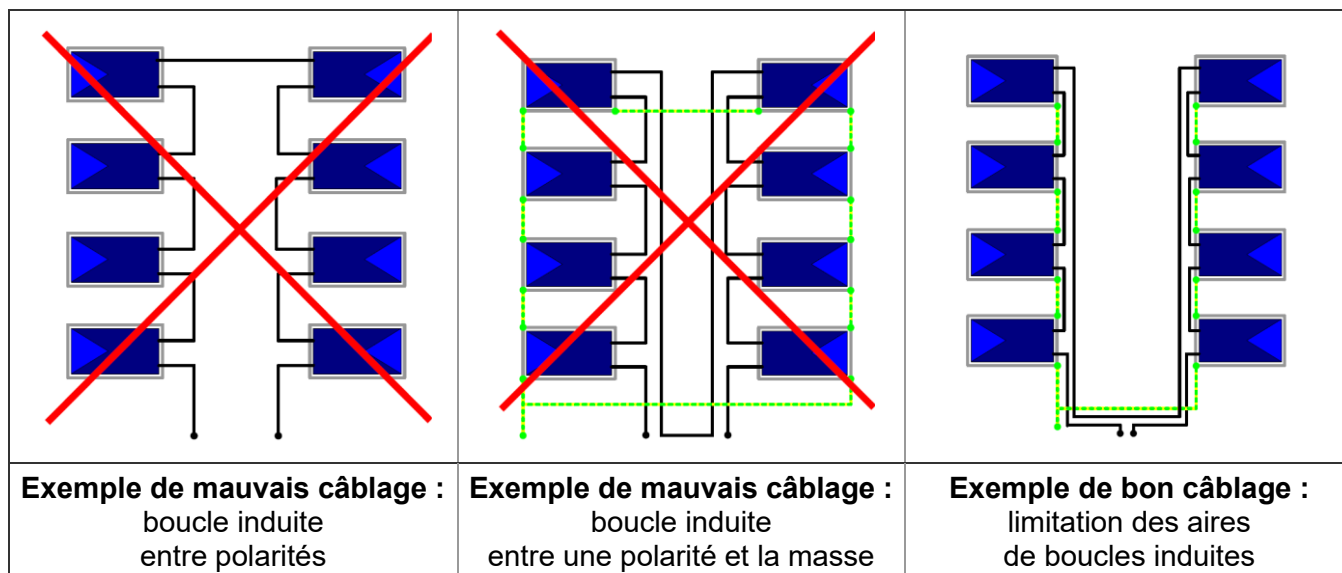
La liste ci-dessous (non exhaustive) décrit les éléments à relier à la terre :

- Tous les conduits métalliques et tous les chemins de câbles métalliques.
- Tous les appareils et appareillages électriques présentant une partie métallique accessible, notamment les armoires électriques et les luminaires.
- Les huisseries métalliques (dans les limites imposées par la norme NF C 15-100).
- Les chemins de câbles (si applicable), à l'aide de bornes de mise à la terre adaptées (bornes laiton) tous les 3 à 5 mètres et pour tout entité de chemins de câbles le cas échéant.

L'installation du réseau de terre comprendra :

- L'interconnexion des structures de support des modules.

La proximité du conducteur de masse avec les conducteurs actifs est fortement conseillée pour limiter la surface de boucle.



Des barrettes de terre avec 1 emplacement disponible pour le lot photovoltaïque seront mise à disposition par le lot GEL, pour chaque toiture d'implantation. Ces barrettes de terre seront interconnectées à la terre générale du site :

- Bloc 1 – Bâtiment A et B : liaison aval de la barrette de terre = 50 mm²

- Bloc 4 – Bâtiment H, I et J : liaison aval de la barrette de terre = 120 mm²

- **Protection foudre :**

Des systèmes de protections contre la foudre sont installés sur les toitures des bâtiments. Les études foudre réalisées pour chacun des bâtiments sont disponibles en annexe.

Les dispositions à prendre en compte pour l'installation photovoltaïque :

- ➔ Les liaisons équipotentielle reliant les masses métalliques de l'installation PV seront de section 16 mm² en cuivre
- ➔ Pour le cas des croisements de câbles PV avec le conducteur de descente du paratonnerre, 2 situations peuvent se présenter dans le cas où la distance de séparation ne peut être respectée :
 - Les câbles PV ne circulent pas en chemin de câble métallique : il est nécessaire de respecter la distance de séparation en dévoyant les câbles et/ou la descente paratonnerre ou assurer une isolation suffisante en mettant en place une section de conducteur foudre isolé.
 - Les câbles PV circulent en chemin de câbles métallique capoté et continu jusqu'à la pénétration dans le bâtiment et la distance de séparation ne peut être respectée : il faut réaliser une liaison équipotentielle entre le conducteur de descente et le chemin de câble au niveau du point de proximité. Dans ce cas, il convient de s'assurer que le chemin de câble est raccordé à la terre à l'arrivée dans le bâtiment.
- ➔ Des parafoudres doivent être mis en place dans les tableaux électriques CC et CA :

Bâtiment	Dimensionnement des parafoudres
A	TGBT : Type 1 ($U_{cc} \geq 255V$, $I_{imp} > 12.5kA$ / $U_p < 1.5kV$) TD Solaire CA : Type 1 Onduleur, côté CC : Type 1
B	TGBT : Type 1 ($U_{cc} \geq 255V$, $I_{imp} > 12.5kA$ / $U_p < 1.5kV$) TD Solaire CA : Type 1 Onduleur, côté CC : Type 1
H	TGBT : Type 1 ($U_{cc} \geq 255V$, $I_{imp} > 12.5kA$ / $U_p < 1.5kV$) TD Solaire CA : Type 1 Onduleur, côté CC : Type 1
I	TGBT : Type 1 ($U_{cc} \geq 255V$, $I_{imp} > 12.5kA$ / $U_p < 1.5kV$) TD Solaire CA : Type 1 Onduleur, côté CC : Type 1
J	TGBT : Type 1 ($U_{cc} \geq 255V$, $I_{imp} > 12.5kA$ / $U_p < 1.5kV$) TD Solaire CA : Type 1 Onduleur, côté CC : Type 1

2.13 Signalétique

Le titulaire doit, à minima, tous les éléments de signalétique demandés au CCS du 7 février 2013.

Pour des raisons de sécurité à l'attention des différents intervenants (chargés de maintenances, contrôleurs, exploitant du réseau public de distribution, services de secours), il est impératif de signaler le danger lié à la présence de deux sources de tension (photovoltaïque et réseau public de distribution) sur le site. Cette signalétique sera conforme aux prescriptions de la CCS dans sa note du 7 février 2013 et aux dispositions prévues par le guide UTE 15-712-1.

Pour cela, 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 « **Production photovoltaïque, Coupure réseau de distribution** » 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 « **Coupure photovoltaïque** » 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 CC ;
- Sur les extrémités des canalisations CC. à minima.

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

- À l'intérieur des boîtes de jonction et coffrets CC ;
- À proximité des sectionneurs-fusibles, parafoudres débouchables.



Les documents sous pochette étanche (schéma électrique et d'implantation des composants de l'installation photovoltaïque avec coordonnées de l'exploitant) seront disposés sur la porte de l'armoire électrique.

Nota : En cas d'intervention du personnel de secours du bâtiment, il est important que celui-ci soit informé de :

- L'emplacement des disjoncteurs de branchement (injection et soutirage) permettant la coupure générale des circuits courant alternatif,
- La présence de tension dangereuses en journée sur les circuits de l'installation électrique à courant continu, même après avoir manœuvré le disjoncteur de branchement d'injection ou le sectionneur ou interrupteur/sectionneur du ou des onduleurs coté installation à courant alternatif.

Le titulaire du lot photovoltaïque mettra en place dans chaque locaux TGBT de raccordement et dans les armoires divisionnaires solaires en toiture des plans plastifiés au format A4 avec repérage et nomenclature du matériel

2.14 Télésuivi et Hypervision

Les données mesurées sur l'installation devront pouvoir être transmises sur une plateforme de supervision de la production photovoltaïque.

Un outil de monitoring devra être installé pour suivre le fonctionnement du générateur solaire photovoltaïque. L'objectif est d'avoir une solution de supervision permettant l'exploitation optimisée de la centrale solaire photovoltaïque. Le but étant de détecter au plus tôt les dysfonctionnements de l'installation et défauts onduleur afin de faire corriger les problèmes via une société de maintenance ou directement par le maître d'ouvrage.

Les données suivantes devront être remontée soit via un datalogger ou une API compatible avec l'Hypervision du CHU et une plateforme de supervision du choix du titulaire du marché :

- Puissance moyenne 10mn et index de production des onduleurs

- L'ensoleillement de chaque pente d'inclinaison et/ou orientation différente de manière à respecter la norme NF EN 61724. Les sondes d'ensoleillement seront de type capteur Tritec Spektron 320 ou Sensor Box Professional de Solar-log ou équivalent.

La transmission des données devra se faire :

- Par le canal radio (GPRS) ou une antenne radio déportée pourra être ajoutée si la réception du signal radio le nécessite. La fourniture et l'abonnement de la carte SIM pour les 2 années d'exploitation sont à la charge du titulaire du marché
- Et par Ethernet vers la centrale d'Hypervision

Le site web permettant le télé-suivi des installations devra avoir les caractéristiques suivantes :

- Suivi pour tout type d'installation photovoltaïque (ventre réseau, autoconsommation)
- Permet l'analyse des installations 7 j / 7 et 365 j par tiers
- Messages d'alertes par SMS et e-mail
- Hébergement et sécurisation des données
- Accès Multi-profils utilisateurs (admin, MOA, Mainteneurs)
- Gestions de parc d'installations
- État des installations avec gestion de tickets d'alarmes regroupant les alarmes, les pertes de production, les messages des intervenants, la cause, la durée du problème, l'intervenant associé ainsi que la possibilité d'attacher des bons d'interventions et/ou des documents word, pdf ou jpeg.
- Gestion du planning des interventions préventives et curatives par parc ou installations
- Rentabilité/ performance sur choix de période, centrale ou parc (production, productible, PR, Performance, gain)
- Relève des index de consommation du site
- Outils spécifiques de gestion des ombrages et des problèmes de RISO
- Création de rapport personnalisé
- Alarmes paramétrables

Une fiche de collecte d'information devra être fournie pour la mise en place de la supervision comprenant les informations suivantes :

- Nom, adresse et puissance crête réelle de la centrale
- Type ou N° de série du datalogger ou clé API
- Fournisseur et N° de carte SIM
- Détail des différents ports où sont connectés les différents équipements
- Nommage des onduleurs versus N° de série
- Détail du câblage

La fourniture du matériel de supervision énuméré ci-dessus fait partie du présent marché, y compris la pose, le raccordement la mise en service du matériel et la fourniture des câbles de catégorie 5E isolant PVC résistant aux UV.

Le dispositif devra également être capable **d'assurer la commande zéro injection**. Le paramétrage zéro injection du système de télécontrôle et de l'onduleur est également à la charge du présent lot. Le titulaire du présent lot devra s'assurer de la compatibilité entre le système de télécontrôle et les onduleurs.

Le titulaire devra prévoir la fourniture et la pose de deux dataloggers pour le suivi de production et la commande zéro injection :

- Un datalogger pour les installations du bloc 1 dans le TGBT 1 AB
- Un datalogger pour les installations du bloc 4 dans le TGBT 13 HIJK

Des coffrets électriques pour la pose du matériel de télé-suivi devront être posés et raccordés dans les locaux TGBT 1 AB et TGBT 13 HIJK. Les coffrets devront être mis à la terre.

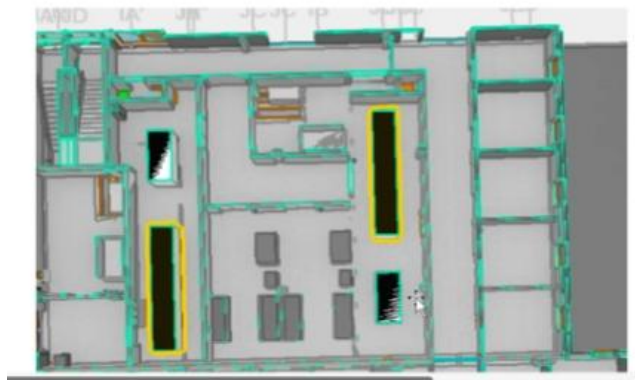
Des tores de mesure pour le comptage de la consommation devront être installés sur les liaisons triphasées entre les TGBT de raccordement et les postes de transformation HTA/BT associés. Ces tores de mesures devront être raccordés sur des compteurs d'énergies type smart power sensor positionnés dans les coffrets regroupant le matériel de télé-suivi. Les chemins de câbles pour le cheminement de ces liaisons sont à la charge du lot PV. Les compteurs devront être protégés par des disjoncteurs différentiels.

Le titulaire du présent marché aura également à sa charge la fourniture des cartes SIM pour la transmission des données de télé-suivi.

Le chemin de câbles pour le cheminement des câbles de télésuivi entre le TGBT 1 AB et 2 AB est aussi à la charge du présent lot.

Tous les câbles de communication cheminant à côté de câbles CFO devront être blindés.

Ci-dessous un extrait de la maquette 3D. Les armoires électriques existantes du local TGBT HIJK sont encadrées en jaunes.



Les données collectées par le datalogger seront également transmises à l'Hypervision du CHU, un bornier sera mis à disposition par les lot GEL dans les TGBT 1 AB et TGBT 13 HIJK.

2.15. Protection de découplage externe et découplage depuis la centrale groupe électrogène

La mise en place de la protection de découplage externe n'est pas à la charge du présent lot dans le marché de base. La fourniture et la pose du relais de protection de découplage ainsi que son raccordement et sa programmation sont à la charge du présent lot, dans la prestation supplémentaire éventuelle numéro 1 (PSE 1), selon la description du document "Mesures conservatoires installations centrales photovoltaïques".

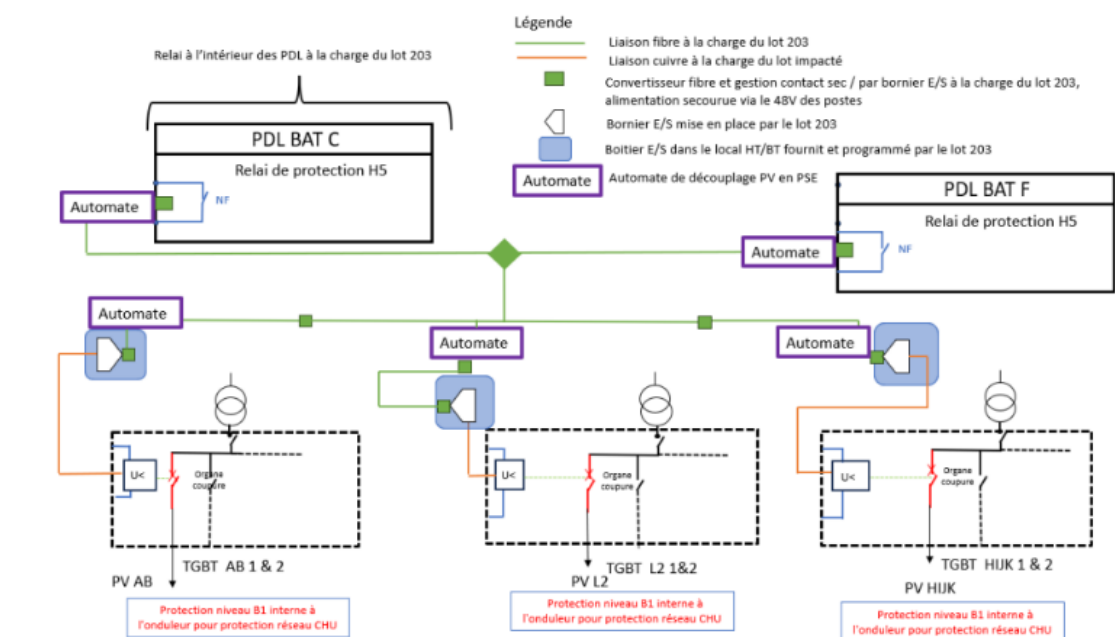


Schéma de principe de la protection de découplage

Une protection de découplage CHU liée au fonctionnement des groupes électrogènes est prévue :

- Lors du fonctionnement de la centrale GE, un ordre de découplage est envoyé pour permettre une

coupure de l'injection en toiture (bornier dans les TGBT mis à disposition par les lots GEL 103 et 403).

2.16. Essais, Garanties et Réception des installations

Il est rappelé l'obligation des constructeurs de procéder pendant la période d'exécution des travaux aux vérifications techniques qui leur incombent aux termes de la loi du 4 janvier 1978.

Autocontrôle

L'entreprise est tenue de faire son propre autocontrôle. Dans le dossier avant travaux, l'entreprise devra donner une liste des tests qu'elle souhaite faire en autocontrôle pour vérifier son travail. Sont obligatoires, et doivent faire l'objet d'un rapport les autocontrôles suivants :

- Test de tension à vide des modules : remise d'un rapport à la maîtrise d'œuvre, qui le visera,
- Serrage des connectiques et des borniers : l'utilisation d'un tournevis dynamométrique pour les borniers est obligatoire.

Selon les modules choisis, la maîtrise d'œuvre pourra demander la vérification systématique du serrage des connectiques sur les boîtiers des modules.

Vérifications mécaniques :

Le titulaire du présent lot procédera à la vérification des couples de serrage des éléments de structure du système d'intégration et des étriers de fixation des modules photovoltaïques sur le système d'intégration. Ces contrôles visent à garantir la conformité des assemblages mécaniques, la sécurité de l'installation et la durabilité des structures et des fixations des modules photovoltaïques face aux contraintes mécaniques et climatiques. La vérification de la pose des lests conformément au plan de lestage sera également vérifiée par l'entreprise titulaire du présent marché.

Les vérifications mécaniques des couples de serrage des structures et des modules sont incluses dans le cadre du marché. Toute correction ou retest dû à une non-conformité sera à la charge de l'Entreprise de réalisation.

Les serrages de l'ensemble connectiques devront également être vérifiés et consignés dans un rapport d'autocontrôle.

En cas de non-exécution ou de non-conformité des vérifications :

- Une retenue financière pourra être appliquée jusqu'à correction complète.
- Les coûts des tests complémentaires et des corrections nécessaires seront à la charge de l'Entreprise

Vérifications électriques :

La réception sur site en fonction des prestations retenues comportera :

- Vérification du fonctionnement et des performances de l'installation.
- Mesures de contrôle :
 - De la production du champ solaire et de chaque sous-ensemble.
 - Des chutes de tension dans les câblages.
 - Du rendement des onduleurs.
- Vérification des automatismes de couplage - découplage de l'installation
 - En cas de coupure réseau
 - En cas de démarrage de la centrale groupe électrogène
- Vérification du respect des règles de l'art dans l'installation du matériel (protections et sécurité).
- Conformité avec les règles de raccordement au réseau.
- L'obtention du certificat CONSUEL
- Mesures au traceur IV des grandeurs caractéristiques de chaque chaîne de module ainsi que des valeurs d'isolement et consignation dans un rapport détaillé et production d'un fichier de données détaillé au format modifiable (CSV/XLS)

Garanties de bonne construction

L'entreprise devra fournir l'attestation de garantie et la police d'assurance du fabricant des matériels et matériaux utilisés.

Pour toutes les fournitures, l'entrepreneur titulaire du présent lot devra garantir la bonne qualité des appareils et leur conformité avec les normes et les règlements en vigueur.

Modalités des essais

Toutes les opérations de contrôle et les essais seront exécutés par l'entreprise titulaire du présent lot et conformément au D.T.U.

La maîtrise d'œuvre d'exécution du projet du nouvel hôpital - groupement Patriarche - participera aux essais que le titulaire du projet de centrale photovoltaïque organisera conjointement avec les entreprises du lot 103, 403 et 203. Les essais devront valider notamment :

- Le découplage de l'installation par les protections de découplage externe dans les PDL
- Le bon fonctionnement du système d'arrêt d'urgence
- Le non-fonctionnement simultané des groupes électrogènes et des installations PV
- Le réenclenchement automatiques des installations PV suite à l'arrêt des groupes électrogènes

Frais afférents aux opérations de contrôle

Les frais afférents aux opérations de contrôle ou aux essais de performance et de conformité sont à la charge de l'entrepreneur titulaire du présent lot.

Si les résultats constatés ne sont pas satisfaisants, l'entrepreneur titulaire du présent lot sera tenu de réaliser toutes les modifications, réparations ou adjonctions nécessaires sans entraver le fonctionnement des installations.

Après exécution de ces travaux, il sera procédé, par l'entreprise titulaire du présent lot, à de nouveaux essais.

Attestation CONSUEL

Les démarches pour obtenir l'attestation CONSUEL sont à la charge du titulaire du présent lot. Le titulaire devra missionner un bureau de contrôle agréé pour l'établissement des formulaires DRE nécessaire à l'obtention de l'attestation. Les délais de validation du CONSUEL devront être anticipés et intégrés au calendrier de réalisation des travaux.

Réception

L'entrepreneur devra la réception de ses ouvrages nécessaires au parfait fonctionnement du générateur photovoltaïque. Cette réception sera effectuée conjointement avec le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage, conjointement avec le groupement Patriarche.

La réception interviendra après réalisation des Opérations Préalables à la Réception, une fois tous les essais effectués et correction de l'entreprise des éventuels défauts constatés.

Toutes les observations, avis suspendus ou défavorables du CT devront avoir été levées.

L'entrepreneur supportera les conséquences de tout défaut de ses ouvrages (travaux supplémentaires) identifiés après la réception évoquée.

La réception ne pourra avoir lieu avant le raccordement en injection de l'installation.

En outre, le procès-verbal de réception des travaux ne sera établi qu'après la remise du DOE et du D.U.I.O en format numérique.

Sauf spécification contraire, le délai de garantie est d'une durée définie par les termes de la loi du 4 janvier 1978, à compter de la date d'effet de la réception.

Pendant cette garantie, l'entrepreneur titulaire du présent lot est tenu du parfait achèvement des installations. En particulier, il exécute les derniers réglages de l'installation, remédie à tout défaut de fonctionnement constaté et procède au remplacement d'appareils anormalement usés.

Pour les matériels et partie d'installations qui auraient fait l'objet de modifications ou de remplacements, pendant cette période, le délai de garantie pourra être prolongé.

La réception des travaux sera prononcée si aucune observation défavorable n'a été formulée et si la totalité de la documentation a été remise. Elle sera réalisée en présence, au minimum, du Maître d'Ouvrage ou de son représentant et d'un représentant de l'Entreprise adjudicataire et du Maître d'Œuvre.

Un procès-verbal de réception sera signé par le titulaire du marché et le maître d'œuvre à l'issue de cette

livraison et d'un test sans défaut majeur sur une durée d'un mois.
Il n'y aura pas de réception totale sans mise en service

2.17 Limites de prestations

Avec les lots GEL

A la charge des lots GEL :

Lot GEL du bloc 1 : 103
Lot GEL du bloc 2 : 203
Lot GEL du bloc 3 : 303
Lot GEL du bloc 4 : 403

Pour les bâtiments A et B (lot 103) :

Les équipements à prévoir à minima dans chaque TGBT :

- La fourniture et la pose des liaisons de raccordement entre les borniers communicant l'information de la protection de découplage dans le local TGBT mise à disposition par le lot 203 et les actionneurs des disjoncteurs PV dans les TGBT
- La programmation de l'automate de découplage dans le TGBT afin d'ordonner l'ouverture de l'ouverture du disjoncteur PV dédié lors de l'arrivée de l'ordre de découplage.
- Le lot 103 doit la mise à disposition de l'information de découplage GE au titulaire du projet de la centrale PV (bornier mis à disposition).
- 1 départ disjoncteur sectionneur tétrapolaire avec une bobine MN+ contact NO/NF
- 1 compteur CHU au point d'injection (qui ne doit pas reprendre les données de l'onduleur mais faire ses propres mesures de comptage)
- 1 arrêt d'urgence PV par TGBT (implanté sur une paroi verticale du local TGBT). Le raccordement des boutons d'arrêt d'urgence aux bobines du disjoncteur PV dans le TGBT est à la charge du lot 103.
- 1 arrêt d'urgence pour coupure pompier par toiture (en pied de façade de chacun des bâtiments). Le raccordement des boutons d'arrêt d'urgence aux bobines du disjoncteur PV dans le TGBT est à la charge du lot 103.
- 1 bornier sur son automate de TGBT pour récupérer l'information de synthèse de défauts et ensuite prévoir la publication du point correspondant vers l'Hypervision.
- 1 renvoi de défauts à l'Hypervision
- Passage des câbles dédiés au PV dans les 30% de réserves disponibles des CDC existants.
- Liaison entre le bornier (type Modbus RTU) et l'automate du TGBT pour le tableau de comptage
- Mise à jour borniers / TGBT
- Réservation ou demande de réservation complémentaire.
- 1 barrette de terre en toiture des bâtiments A et B
- Le raccordement des liaisons triphasés des installations PV dans les disjoncteurs de branchements dans les TGBT

La sélectivité totale devra être assurée entre le disjoncteur générale du TGBT et le disjoncteur du point d'injection de la source photovoltaïque

Pour les bâtiments H, I, J et K (lot 403) :

Les équipements à prévoir à minima dans le TGBT :

- La fourniture et la pose des liaisons de raccordement entre les borniers communicant l'information de la protection de découplage dans le local TGBT mise à disposition par le lot 203 et les actionneurs des disjoncteurs PV dans les TGBT.
- La programmation de l'automate de découplage dans le TGBT afin d'ordonner l'ouverture de l'ouverture du disjoncteur PV dédié lors de l'arrivée de l'ordre de découplage.
- Le lot 403 doit la mise à disposition de l'information de découplage GE au titulaire du projet de la centrale PV (bornier mis à disposition).
- 1 Départ disjoncteur sectionneur tétrapolaire avec une bobine MN+ contacts NO/NF. Ce disjoncteur

sera manœuvrable depuis le relais pilotant l'installation.

- 1 compteur CHU au point d'injection (qui ne doit pas reprendre les données de l'onduleur mais faire ses propres mesures de comptage)
- 1 arrêt d'urgence PV par TGBT (implanté en façade du TGBT). Le TGBT HIJK 13 reprenant les PV des bâtiments H et J aura un seul arrêt d'urgence permettant de couper les deux production PV simultanément. Le raccordement des boutons d'arrêt d'urgence aux bobines du disjoncteur PV dans le TGBT est à la charge du lot 403.
- 1 arrêt d'urgence pour coupure pompier (en pied de façade du bâtiment J) coupant la production PV récupérée dans les TGBT HIJK 13 & HIJK 14 – La totalité de la production PV issue des 3 toitures est coupée par déclenchement du bouton d'arrêt d'urgence. Le raccordement du bouton d'arrêt d'urgence aux bobines du disjoncteur PV dans le TGBT est à la charge du lot 403
- 1 bornier sur son automate de TGBT pour récupérer l'information de synthèse de défauts et ensuite prévoir la publication du point correspondant vers l'Hypervision
- 1 renvoi de défauts à l'Hypervision
- La fourniture et la pose des chemins de câbles dédié au cheminement des câbles PV entre les toitures et les TGBTs circulant dans les vides de construction.
- La liaison entre le bornier (type Modbus RTU) et l'automate du TGBT pour le tableau de comptage
- Mise à jour borniers / TGBT
- Réservation ou demande de réservation complémentaire.
- 1 barrette de terre sur chaque toiture d'implantation photovoltaïque.
- La sélectivité totale devra être assurée entre le disjoncteur générale du TGBT et le disjoncteur du point d'injection de la source photovoltaïque.
- Le raccordement des liaisons triphasés des installations PV dans les disjoncteurs de branchements dans les TGBT

A la charge du lot 203 :

- Cheminement de câbles coupe-feu en sous-sol Parking de largeur 100mm entre les bâtiments A & B et le bâtiment L1 pour le passage des câbles de production jusqu'aux TGBT 1AB et TGBT 2AB
- La mise en œuvre (études, cheminements, fournitures, raccordements, essais) pour la gestion de l'asservissement de protection de découplage H5 ENEDIS dont :
 - 2 Relais de protection dans les PDL de type H5 (1 par PDL)
 - 2 convertisseurs & alimentation (un par PDL) FO 48 volts pour la liaison FO entre les PDL et le coffret de remontée d'information des modules E/S
 - Un 48V secouru pour l'alimentation des coffrets dans les PDL
 - Liaison en fibre optique et raccordement entre les deux relais protection des PDL
 - Liaison en fibre optique et raccordement dans chacun des postes HT des TGBT de raccordement des installations PV
- La fourniture et la pose d'un coffret pour l'arrivée de la fibre optique dans un module E/S dans chaque poste HT des TGBT de raccordement des installations PV. La fourniture et la pose du module E/S est à la charge du lot 203.
- La fourniture, la pose, le raccordement du relais et de son alimentation pour permettre la communication entre la fibre optique et les disjoncteurs PV, dans chaque poste HT des TGBT de raccordement des installations PV.
- La mise en œuvre (études, cheminements, fournitures, raccordements, essais) pour la gestion de l'asservissement sur fonctionnement Groupe Electrogène.
- Un des 6 brins de réserve de la fibre optique déjà tirée sera utilisé pour cette communication sur l'anneau que forme déjà la fibre optique sur le site.
- Les extrémités de la fibre optiques seront « plombées » aux endroits les plus propices pour sécuriser l'installation photovoltaïque tout en laissant l'accessibilité des autres installations au CHU. Dans tous les cas un arrachage de la fibre devra pouvoir être détecté et permettre la mise en sécurisation de la production PV.
- Les relais de découplage devront présenter un temps de réponse à un ordre d'ouverture (entre la réception de l'ordre par la bobine d'ouverture et l'ouverture totale des contacts) inférieur ou égale à 80ms pour une coupure par appareil BT. Selon recommandations ENEDIS ref : PROS-RES_10^E.
- Travaux à prévoir par les autres corps d'état et ordres de services afférents (Voir FITM-CEA associée).

A la charge du lot photovoltaïque :

- La mise à disposition des liaisons triphasées des installations photovoltaïques au niveau de chaque protection PV dans les TGBT mise à disposition par les lots 103 et 403
- La fourniture et la pose des liaisons entre les datalogger et les borniers dans les locaux TGBT 13 HIJK et TGBT 1 AB pour récupérer l'information de synthèse de défauts
- La fourniture, la pose et le raccordement du datalogger de supervision de l'installation photovoltaïque. Le datalogger devra notamment être raccordé à tous les onduleurs, aux sondes d'ensoleillement, ainsi qu'au compteur de mesure de consommation
- La fourniture et la pose de cheminements pour les liaisons de raccordement des dataloggers.
- La programmation du datalogger pour la mise en service du télé-suivi
- La programmation du datalogger pour la non-injection sur le réseau public
- La fourniture, la pose et le raccordement des armoires électriques pour les dataloggers dans les locaux TGBT 13 HIJK et TGBT 14 HIJK
- La fourniture, la pose et le raccordement du système d'arrêt d'urgence en toiture, comprenant bouton d'arrêt d'urgence sur le coffret CA, AES et protection associé, bobine MN et liaison de raccordement, pour chaque toiture d'implantation

Avec les lots GOE

A la charge des lots GOE :

Lot GOE du bloc 1 : 101

Lot GOE du bloc 2 : 201

Lot GOE du bloc 3 : 301

Lot GOE du bloc 4 : 401

- La fourniture et la pose de crosses pour le passage des câbles CFO et CFA depuis les toitures des bâtiments vers l'intérieur des bâtiments. Les positions des crosses sur les toitures sont disponibles dans les plans de cheminement des câbles en annexe.
- Fourniture et pose des complexes d'étanchéité en toiture terrasse, des chemins de dalles et des protections gravillonnaires
- Fourniture et pose des gardes corps droits de hauteur 1,1 m en tête d'acrotère des toitures terrasse d'implantation
- Fourniture des plans cotés de toiture y compris, l'ensemble des sorties toitures et équipements disposés sur la toiture (sauf l'installation photovoltaïque). Les plans feront apparaître les installations de protection contre la foudre, y compris les cheminements des conducteurs de descente.
- Mise à disposition des locaux techniques TGBT, pour le raccordement des installations.

A la charge du lot photovoltaïque :

- Fourniture du système d'intégration lesté sur la toiture terrasse, y compris tapis de protection anti-poinçonnement si demandé par le fournisseur
- Le passage liaisons de raccordement des installations PV en toiture dans les crosses mises à disposition

Avec le maître d'œuvre TECSOL

A la charge du titulaire du lot photovoltaïque :

- Remise du dossier d'exécution, mise à jour avec les éventuelles remarques des bureaux de contrôle et du maître d'œuvre.
- Fourniture de l'ensemble des documentations techniques et des notes de calculs demandés par le gestionnaire de réseau, sur l'installation de production, pour l'établissement de la convention de raccordement.
- Fourniture du DOE et du DUIO pour validation
- Fourniture des rapports d'autocontrôle, de tests et essais et de mise en service

A la charge du maître d'œuvre TECSOL :

- Réalisation de VISA maître d'œuvre sur les pièces d'exécution remises
- Programmation des réunions de chantier
- Rédaction et transmission du PV de réception des travaux du lot photovoltaïque, avec l'annexe des éventuelles réserves
- Réalisation de la démarche pour obtention de la convention de raccordement avec ENEDIS

3- PROTECTION DE DECOUPLAGE - PSE 1

La puissance totale des installations étant supérieure à 250 kVA, une protection de découplage de type H (externe aux onduleurs) doit être mise en place.

La protection à mettre en place sera de type H5 (précisé dans le document des mesures conservatoires transmis par le MOA). ENEDIS a autorisé l'utilisation de liaison en fibre optique pour le raccordement de la protection de découplage externe aux actionneurs.

Chaque PDL ayant son propre relai de découplage et au vu du nombre de disjoncteurs (6) un multiplexage de l'information est nécessaire.

Le temps de réponse de la chaîne de commande doit répondre aux impératifs de temps liés au concessionnaire ENEDIS en terme :

- Temps de réponse des disjoncteurs BT pour le découplage ($\leq 80\text{ms}$),
- Temps de retour d'état des disjoncteurs BT vis-à-vis du relais de découplage dans le PDL actif

La mise en place de cette protection de découplage externe est à la charge du présent lot, en prestation supplémentaire éventuelle. Le titulaire a à sa charge l'ensemble des prestations prévues au lot 203 dans le paragraphe « limites de prestations ».

Les essais pour la mise en service de la protection de découplage externe seront réalisés selon les préconisations du gestionnaire de réseau et du fournisseur des relais de protection.

La solution mise en place sera validée par la maîtrise d'œuvre photovoltaïque, la maîtrise d'œuvre des lots GEL, par les bureaux de contrôle du projet et par le gestionnaire de réseau ENEDIS.

4 - EXPLOITATION-MAINTENANCE – TO 1

Le titulaire du présent marché fournira une proposition financière reprenant les attendus suivants :

- Maintenance préventive annuelle.
- Maintenance curative sur alarme.
- Prix des prestations détaillées, heures ouvrables et non ouvrables, déplacement, tarifs suivants qualifications des intervenants.

L'offre financière doit être chiffrée pour une durée de deux ans. Le démarrage du contrat d'entretien et maintenance débute selon les termes du CCAP.

Nettoyage :

Afin d'optimiser le rendement des modules photovoltaïques, le titulaire du présent marché effectuera un nettoyage annuel des modules.

Contrôle des modules par thermographie :

Le titulaire du marché effectuera un contrôle par caméra thermique, afin de mettre en évidence des échauffements anormaux dus à des défauts électriques sur des modules photovoltaïques ainsi que sur les connexions, les câbles et tous les coffrets de l'installation PV en toiture.

Maintenance préventive :

Il sera prévu 2 visites par an pour cette phase, comprenant :

- 1) La vérification des câblages électriques DC.
- 2) Le contrôle des branches Vdc et Vac de chaque onduleur.
- 3) La vérification du couplage/découplage suivant NF EN 50549-1 (pour les racc. BT) et NF EN 50549-2 (pour les racc. MT) au réseau du GRD.
- 4) La vérification des parafoudres.
- 5) La vérification de l'ensemble des appareillages électriques y compris le nettoyage des postes et le contrôle thermographique des armoires
- 6) La vérification des fixations des onduleurs, coffrets et armoires, chemins de câbles. y compris le contrôle de serrage/d'état des structures.
- 7) Le contrôle de l'ensemble du système de suivi.
- 8) Maintenance des onduleurs d'après cahier des charges du fournisseur.
- 9) Relevé des données stockées.
- 10) Rédaction d'un rapport de visite contenant les données suivantes :
 - Les vérifications et contrôles effectués.
 - Le relevé du cumul de la production pour chaque onduleur et le relevé du compteur de production (comptage GRD).
 - Le relevé des données enregistrées par l'acquisition de données.
 - Toutes remarques utiles.

La maintenance annuelle inclut la fourniture du petit matériel (liaisons électriques de moins de 10m, protections électriques, colliers de fixation...) en dehors de celui couvert par la garantie.

Un rapport d'intervention sera établi, sous un délai de dix (10) jours ouvrés, après chacune de ces visites.

Un exemplaire de ce rapport ainsi qu'un extrait du cahier des opérations de maintenance seront remis au Maître d'Ouvrage. Il précisera l'ensemble des opérations effectuées lors de ces visites.

Maintenance curative :

Un système de télé-suivi permettra de suivre à distance les performances de l'installation photovoltaïque. En cas de problème détecté, une alarme sera envoyée à l'Entreprise chargée de la maintenance de l'installation.

En cas de besoin, il sera demandé à cette Entreprise de maintenance d'intervenir sur site en moins de 24h pour détecter la cause du problème.

Si possible le défaut doit être corrigé pendant cette intervention. Le coût du matériel (hors garantie) nécessaire à cette correction de défaut sera facturé au Maître d'Ouvrage.

Dans tous les cas, à la suite de cette visite, l'Entreprise de maintenance doit écrire un rapport sur la cause du problème.

Au cas où la panne n'a pas pu être corrigée lors de cette visite, l'Entreprise devra proposer des solutions chiffrées pour la résoudre et remettre en marche l'installation photovoltaïque.

Le coût d'une telle intervention sur site doit être établi à l'avance dans le contrat de maintenance sous la forme d'un forfait.

L'Entreprise est aussi tenue de faire appliquer en cas de besoin les garanties données par les fournisseurs pour les différents équipements de l'installation PV.

Un rapport d'intervention sera établi, sous un délai d'une (1) semaine, après chacune de ces visites et un exemplaire sera remis au Maître d'Ouvrage. Il précisera notamment :

- Les anomalies constatées.
- Les causes probables.
- Les actions de maintenance curatives réalisées.

Le titulaire accèdera à ses installations en se présentant au service technique de site et/ou au PC Sécurité à défaut. Le titulaire devra opérer le plus possible depuis la toiture, l'accès aux TGBT devant être le plus limité possible.

Exploitation :

Le titulaire du présent lot devra assurer l'exploitation des installations photovoltaïques, sur une durée de deux ans. Il devra notamment :

- Le suivi de bon fonctionnement des installations, avec une plateforme de suivi de production
- Analyser les défauts remontés par la plateforme
- Programmer les interventions de maintenances curatives en cas de défauts sur l'installation
- Le suivi de la résolution effective des défauts de fonctionnement
- La remise annuelle d'un rapport de suivi de maintenance et d'exploitation au maître d'ouvrage (avec rapport de production, maintenances préventives et correctives)