

MAÎTRE D'OUVRAGE :

ICEA
Appt 1-8 allée de la Pomarède
31670 LABEGE

PROGRAMME DE CONSTRUCTION :

HANGAR AGRICOLE
Lieu-dit Tailladasses
31171 ESPANES

CENTRALE SOLAIRE **PHOTOVOLTAÏQUE**

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

BET RAMAT

146, avenue Marceau Hamecher
82000 Montauban

Tél : 05 81 04 10 54
Mail : contact@bet-ramat.fr

SOMMAIRE

SECTION 1 : AVANT PROPOS 6

1	CONTEXTE.....	6
2	OBJET DES TRAVAUX	6
3	CLASSEMENT DE L'ETABLISSEMENT	6
4	COORDINATION	6
4.1	Relation du titulaire avec le propriétaire des bâtiments	6
5	LIMITES DE PRESTATION	6
6	ÉTENDUE DES OUVRAGES	6
7	ZONES D'IMPLANTATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUE.....	7
8	PROCEDE D'INTEGRATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUE.....	7
9	PUISSANCE DE L'INSTALLATION ET PRODUCTION D'ELECTRICITE.....	7
9.1	Puissance des installations photovoltaïque.....	7
9.2	Calcul de la production solaire	8
10	SCHEMA UNIFILAIRE DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE.....	8
11	ARMOIRE TECHNIQUE DE L'INSTALLATION	8
12	COFFRET DE PROTECTION.....	8
13	CHEMINEMENT DES CABLES	9
14	MONITORING DE LA CENTRALE	9
15	OPTION : ECRAN DE COMMUNICATION.....	9
16	ACCES AU CHANTIER	9
17	BASE DE VIE	10
18	PIECES A FOURNIR PAR LES SOUMISSIONNAIRES A L'APPUI DE L'ACTE D'ENGAGEMENT	10

SECTION 2 : DESCRIPTION DES OUVRAGES..... 11

1	INSTALLATION DE CHANTIER	11
1.1	Mise en sécurité travaux	11
1.2	Protection des ouvrages	11
2	SYSTEME D'INTEGRATION	11
3	CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES	11
4	INTERCONNEXION DES ELEMENTS COTE COURANT CONTINU	11
4.1	Câblage courant continu (DC).....	11
4.2	Boîtes de Jonction Parallèles (BJP).....	12
5	ONDULEUR ET OPTIMISEURS ADAPTES A LA CONNEXION RESEAU	12
6	SYSTEME DE COUPURE DC.....	13
7	SYSTEME DE COUPURE AC.....	13
8	INTERCONNEXION DES ELEMENTS COTE COURANT ALTERNATIF	13
8.1	Câblage courant AC	13
8.2	Raccordement au réseau de distribution	13
8.3	TGBT Générateur Photovoltaïque	14
9	PRISE DE TERRE ET EQUIPOTENTIALITE DES MASSES	14

10	ACQUISITION DE DONNEES ET TELERELEVÉ	14
11	REPERAGE DES CABLES.....	15
12	EQUIPEMENT NICHE TECHNIQUE	15
13	DIVERS.....	15
13.1	Transport matériel, stockage sur site, levage.....	15
13.2	Visites sur site.....	15
13.3	Disposition de sécurité	15
13.4	Essais, mise en service, documentation	15
13.5	Attestation du CONSUEL	15

SECTION 3 : NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES..... 16

1	NORMES ET TEXTES GÉNÉRAUX.....	16
2	NORMES ET TEXTES RELATIFS AUX INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES.....	16

SECTION 4 : PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES 18

1	RESPONSABILITES DE L'ENTREPRENEUR	18
1.1	Qualité et origine du matériel	18
1.2	Garanties de l'opérateur	18
1.3	Organisations du chantier – délais – pénalités	18
1.4	Modifications de prestations en cours d'exécution.....	18
1.5	Visites et réunions de chantier.....	18
2	ESSAIS, GARANTIES ET RECEPTION DES INSTALLATIONS	19
2.1	Garanties des matériels.....	19
2.2	Réception	19
3	GESTION D'UN CHANTIER A FAIBLES NUISANCES	19
4	HYGIENE, SECURITE ET CONDITIONS DE TRAVAIL	20
4.1	Coordination, sécurité et protection de la santé.....	20
4.2	Mesures générales de sécurité.....	20
4.3	Mesures spécifiques de sécurité.....	20
5	QUALIFICATION DES INTERVENANTS	21
5.1	Poseurs de modules photovoltaïques.....	21
5.2	Électriciens solaires.....	21
6	PIECES A FOURNIR PAR L'OPERATEUR DU PRESENT LOT	21
6.1	Avant démarrage des travaux.....	21
6.2	Avant réception des travaux.....	22
6.3	À réception des travaux	22

SECTION 5 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES EQUIPEMENTS 23

1	MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	23
2	DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS DC	24
3	CABLAGE ET PROTECTION DC	24
3.1	Câbles.....	24
3.2	Câblage des chaînes.....	24
3.3	Connecteurs DC	24
3.4	Boîte de jonction DC	25
3.5	Fusibles	25
3.6	Liaison principale DC	25

3.7	Interrupteur DC.....	26
4	ONDULEURS.....	26
4.1	Caractéristiques générales.....	26
4.2	Adéquation champ photovoltaïque / onduleur.....	26
4.3	Fonction de découplage du réseau	26
4.4	Conformité - Certifications.....	27
5	CABLAGE AC	27
6	ALIMENTATION DES AUXILIAIRES.....	28
7	MISE A LA TERRE ET PROTECTION Foudre	28
7.1	Mesures de protection préconisées.....	28
7.2	Prise de terre et équipotentialité des masses	29
7.3	Schéma de liaison à la terre	29
7.4	Parafoudres	30
8	PRECAUTIONS DE CABLAGE	30
8.1	Dispositions de câblage.....	31
8.2	Cheminement des câbles	31
8.3	Connexions.....	31
8.4	Câblage des protections AC	31
8.5	Canalisations et mode de pose.....	31
9	COFFRET DE PROTECTION-COMPTAGE	32
10	SIGNALISATION	33
11	ACQUISITION DE DONNEES ET COMMUNICATION	33
11.1	Acquisition de données (coffret central de mesures)	33
12	RACCORDEMENT AU RESEAU DE DISTRIBUTION	33
13	EMPLACEMENT DES EQUIPEMENTS	34

Numéro de dossier : 20098				
Version :	Date :	Modification :	Rédigé par :	Vérifié par :
1	22/01/21	Création	J. MAZIARZ	G. RAMAT

Documents rapportés au présent CCTP	
Type	Description
Document	Règlement de la consultation
Plan	Synoptique électrique de principe
Plan	Plan d'implantation des modules photovoltaïques
Cadre	DPGF
Document	Convention d'occupation de la toiture
Document	Devis de raccordement ENEDIS le cas échéant
Plan	Plan d'implantation des matériels

L'entreprise annexera à sa réponse tout document nécessaire à la parfaite compréhension de l'offre technico-économique soumise.

SECTION 1 : AVANT PROPOS

1 CONTEXTE

Le groupement de citoyens ICEA, dans le but de participer au développement des énergies vertes, propose d'équiper deux hangars agricoles sur la commune d'Espanès d'une centrale solaire photovoltaïque.

L'énergie produite sera injectée en vente de la totalité dans le réseau électrique à proximité, l'énergie sera vendue à EDF par le biais d'un contrat d'achat en vente de la totalité de la production d'énergie.

Le présent descriptif et les plans DCE qui sont cités comportent tous les éléments de dimensions des ouvrages permettant à l'entrepreneur de présenter son offre globale.

2 OBJET DES TRAVAUX

Le présent C.C.T.P. a pour objet de définir les travaux de fourniture et pose du générateur photovoltaïque raccordé au réseau public de distribution d'électricité en couverture de deux hangars agricoles sur la commune d'Espanès (31171).

Il est demandé de traiter le générateur photovoltaïque selon la technologie suivante :

- Modules photovoltaïques de technologie monocristalline, respectant les critères généraux d'implantation au moyen d'un système d'intégration, bénéficiant d'agréments techniques de type enquête de technique nouvelle.
- Système onduleur/optimiseurs de puissance de type SOLAR EDGE®, permettant d'abaisser à une valeur inférieure à 60 V DC la tension du circuit générateur PV.

3 CLASSEMENT DE L'ETABLISSEMENT

Pas de classement.

4 COORDINATION

Le chantier ne devra pas perturber le fonctionnement du bâtiment sur lequel est prévue l'installation.

4.1 **Relation du titulaire avec le propriétaire des bâtiments**

Le titulaire se mettra en relation avec le propriétaire des bâtiments concernés par le projet afin d'obtenir tous les renseignements, accords et autorisations indispensables à l'exécution des travaux.

Il se soumettra à toutes les demandes, vérifications, visites de personnes des services compétents.

5 LIMITES DE PRESTATION

Toutes les fournitures et tous les travaux nécessaires au complet et parfait achèvement des ouvrages, selon les règles de l'art.

En cas de litige sur les limites de prestations, les prestations seront imputées au présent lot, qui doit intégrer les prestations non définies au C.C.T.P., mais nécessaires, dans son offre.

La liste des travaux précisés au présent C.C.T.P. n'est en aucun cas exhaustive.

6 ÉTENDUE DES OUVRAGES

Les travaux à la charge du présent lot comprennent :

- Les plans de réservation et d'exécution, et toutes informations nécessaires aux autres corps d'état pour une parfaite exécution des travaux ;
- Les études et les plans d'exécution ;
- Mise en sécurité du site durant les travaux ;

- La fourniture et la pose du système d'intégration respectant les critères généraux d'implantation ;
- La fourniture et la pose des modules photovoltaïques (PV) ;
- La fourniture et pose des liaisons entre les éléments du circuit courant continu (chemin de câbles et organes de cheminements) ;
- La fourniture, pose et raccordement de boîtes de jonction pour le couplage parallèle des chaînes de modules PV (BJP), y compris dispositifs de protections de l'installation de production d'électricité (si nécessaire) ;
- La fourniture et pose d'un système permettant en cas de coupure du réseau alternatif d'obtenir une tension sur la partie DC inférieure à 60V ;
- La fourniture, pose et raccordement de l'onduleur synchrone adapté à la connexion au réseau public Basse Tension ;
- La fourniture, pose et raccordement du coffret électrique du circuit AC (tableau général Basse Tension du générateur PV), y compris dispositifs de protections de l'installation de production d'électricité ;
- La fourniture, pose et raccordement du système de télé-suivi ;
- Le raccordement de la centrale solaire jusqu'au point d'injection ;
- La fourniture et pose du dispositif d'équipotentialité et de mise à la terre de l'ensemble des masses métalliques de l'installation ;
- La fourniture et pose d'une niche technique pour accueillir les matériels solaires ;
- Le transport du matériel sur site (des espaces seront mis à disposition pour stockage du matériel, hors stockage des modules photovoltaïques) ;
- Délivrance du CONSUEL pour la mise en service ;
- Les essais et la mise en service du système ;

7 ZONES D'IMPLANTATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUE

Il est demandé d'implanter le générateur photovoltaïque en couverture de deux toitures distinctes du site. Les toitures sont actuellement constituées d'un fibrociment. Il sera demandé de remplacer la couverture équipée de panneaux par un bac acier simple peau 3.333.45 d'épaisseur 75/100 sans régulateur de condensation. Les toitures sont de type bi-pente avec une charpente métallique. Le calepinage du générateur photovoltaïque est rapporté au présent CCTP.

NOTA : La couverture du pan Sud du « bâtiment Est » sera remplacée par un bac acier seulement sur la partie équipée de panneaux photovoltaïques.

8 PROCEDE D'INTEGRATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUE

L'entrepreneur du présent lot proposera des modules photovoltaïques d'une puissance 380 Wc, qui peuvent être associés au système d'intégration RS-R® de la société JORISIDE ou équivalent. Le système devra bénéficier d'agréments techniques en cours de validité (ETN ou avis technique).

9 PUISSANCE DE L'INSTALLATION ET PRODUCTION D'ELECTRICITE

9.1 Puissance des installations photovoltaïque

L'entrepreneur proposera le matériel suivant :

- Une puissance crête de l'installation de **35 720 Wc** au moyen de modules silicium cristallin de 380 Wc (94 unités) ;
- 1 onduleur SOLAR EDGE® de **27 600 VA** ;
- 47 optimiseurs de puissance SOLAR EDGE® P850.

9.2 Calcul de la production solaire

L'entrepreneur doit fournir dans son offre une note de calcul de la production annuelle escomptée pour l'installation photovoltaïque. Cette note de calcul précisera la production annuelle prévisionnelle en kWh/an pour la première année.

Données météorologiques du site :

Ils devront pour ce faire, se baser sur les données météorologiques ci-dessous (et aucune autre). Elles correspondent aux données de la station météo de Toulouse (latitude 43,53°) issues de la base de données PVgis.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Igh	44,0	60,8	110,1	136,8	164,6	176,7	193,8	166,2	130,8	86,2	51,6	38,8
Idiff	26,4	33,4	52,8	67,0	84,0	86,6	83,3	74,8	53,6	42,2	28,4	22,9
Tamb	5,2	4,7	9,2	12,6	15,2	19,3	22,0	22,1	19,1	15,3	10,4	6,7

I_{GH} : Irradiation globale sur un plan horizontal

Valeurs moyennes : 3,8 kWh/m². jour

1 404 kWh/m².an

Le générateur photovoltaïque n'est pas perturbé par des ombrages.

10 SCHEMA UNIFILAIRE DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

Un schéma électrique unifilaire de l'installation sera impérativement fourni par le soumissionnaire dans son offre ou à défaut le synoptique annexé dans le DCE sera accepté.

Le schéma unifilaire comprendra à minima :

- Modules photovoltaïques et regroupement en champs (longueur des strings, section des câbles, couplage parallèle des chaînes) y compris précisions concernant la puissance unitaire des modules photovoltaïques.
- Onduleur synchrone y compris précisions concernant niveau de tension en sortie (V) et puissance d'injection (en VA)
- Coffrets de raccordement (continu et alternatif) y compris précisions sur le type de matériel électrique mis en œuvre (calibres)

Ce schéma unifilaire accompagné des docs techniques des modules et onduleur permettra de valider la viabilité des offres (adéquation entre champs de modules PV et onduleurs notamment).

11 ARMOIRE TECHNIQUE DE L'INSTALLATION

Les équipements solaires seront implantés dans une armoire technique positionnée à l'extérieur du « bâtiment Ouest », l'accès sera réservé aux personnes habilitées. Cette armoire sera constituée d'une structure métallique, permettant l'assemblage de plaques de fer perforées en acier laqué et des charnières permettront l'accès aux matériels. La porte sera fermée à clé par un système de cadenas.

12 COFFRET DE PROTECTION

Les indices de protection de l'onduleurs et les coffrets seront adaptés à leur lieu d'implantation.

Le TGBT PV comprenant les dispositifs de sécurité côté « courant alternatif » et le système d'acquisition de mesure sera disposé à côté de l'onduleurs dans l'armoire technique.

La niche technique accueillera :

- Boîte de jonction parallèle (coffret de raccordement courant continu dit B.J.P.), si nécessaire ;
- Onduleur synchrone ;
- Tableau Général Basse tension du générateur photovoltaïque (TGBT PV) ;
- Coffret de monitoring ;
- Chemins de câbles.

Les équipements seront disposés en respectant les consignes d'implantation décrites au présent CCTP, notamment :

- distance minimale entre onduleur et paroi ;
- accessibilité des équipements pour la maintenance ;
- cheminement distinct des circuits AC et DC et courant faible.

13 CHEMINEMENT DES CABLES

Le cheminement des câbles « inter-modules » (mise en série des modules PV) se fera en face arrière des modules photovoltaïques. Le câble sera de type PV1000F.

Les branches seront collectées en sous face des panneaux (au-dessus du bac acier) fixées à la structure porteuse avec des colliers Colson noir. Le cheminement DC sur le « bâtiment EST » se fera en toiture et sur le bardage du bâtiment dans une dalle capotée. Les câbles DC chemineront ensuite dans un fourreau enterré pour rejoindre la niche technique adossée au « bâtiment Ouest ». Le cheminement DC du « bâtiment Ouest » se fera également en toiture et sur le bardage du bâtiment dans une dalle capotée et descendra à l'aplomb de la niche technique.

Les câbles solaires seront ensuite distribués vers l'onduleur avec un chemin de câble dédié DC et AC (type Cablofil sans capotage). En sortie de l'onduleur, les câbles chemineront jusqu'au TGBT PV via un chemin de câbles de type Cablofil. Le câble utilisé pour les liaisons entre l'onduleur et le TGBT PV sera de type H07RNF.

En sortie de la niche technique le câble AC de type AR2V cheminera dans un fourreau. Ce fourreau débouchera directement dans le coffret ENEDIS.

NOTA : Les tranchées seront à la charge du propriétaire du site. Seuls les fourreaux, grillages avertisseurs et câbles seront à la charge du présent lot.

14 MONITORING DE LA CENTRALE

Afin de connaître en temps réel l'état de la centrale photovoltaïque, le générateur photovoltaïque sera équipé d'un système de supervision des données de production.

Les données mesurées seront notamment :

- La production ;
- Courant DC ;
- Tension DC ;
- Alarmes diverses ;
- Température.

Le système de communication dit data logger du fabricant d'onduleur ou équivalent dialoguera via un modem GSM avec la plateforme de gestion du fabricant d'onduleur ou équivalent pour le stockage et le traitement des données.

L'alimentation électrique de la centrale de mesure sera effectuée depuis le TGBT solaire.

15 OPTION : ECRAN DE COMMUNICATION

Sans objet

16 ACCES AU CHANTIER

L'entrepreneur ne saurait se prévaloir ultérieurement d'une connaissance insuffisante du site. Il est invité à visiter les différents lieux. L'entrepreneur devra prévoir un véhicule ou engin de levage adapté à ses contraintes de travail et aux contraintes d'accès constatées pour les opérations de manutention.

Pour les visites de chantiers et notamment les opérations préalables à la réception, la réception et éventuellement les levées de réserves, l'entrepreneur devra rendre accessible par un moyen de levage sécurisé la ou les toitures au maître d'œuvre et à la maîtrise d'ouvrage.

17 BASE DE VIE

Le présent lot n'aura pas de base de vie.

18 PIECES A FOURNIR PAR LES SOUMISSIONNAIRES A L'APPUI DE L'ACTE D'ENGAGEMENT

Toute observation éventuelle devra être jointe à la remise de l'offre.

L'entrepreneur devra indiquer dans son offre le nom d'un responsable pouvant fournir tous les renseignements utiles lors du dépouillement des offres.

Dans son offre, l'entrepreneur devra indiquer obligatoirement les marques et références des matériels proposés.

Les documents techniques suivants devront figurer lors de la remise de l'offre ; ces documents seront datés et signés :

- Le présent CCTP daté et signé avec la mention manuscrite « Lu et accepté, le présent CCTP et plans DCE cités dans le CCTP » ;
- Le mémoire technique dûment complété accompagné de toute annexe signalée, notamment :
 - fiches techniques des principaux composants (modules / onduleur / système d'acquisition de données / panneau didactique) ;
 - synoptique électrique de l'installation photovoltaïque raccordée au réseau avec nombre et caractéristiques précises des modules et onduleur proposés ;
 - note de calcul de la production annuelle escomptée pour l'installation photovoltaïque : production annuelle ; valeur du ratio de performance (PR) du générateur ;
 - schéma d'implantation des modules photovoltaïques ;
 - la puissance crête nominale garantie proposée avec indication de la surface globale des modules photovoltaïques ;
 - le mode d'intervention pour les travaux (accès au chantier ; installations provisoires ; électricité de chantier ; moyen d'approvisionnement et d'évacuation des équipements, du matériel, des personnes ; etc.) ;
- Qualifications spécifiques pour réalisation de travaux de générateurs photovoltaïques raccordés :
 - Quali'PV Elec ou équivalent pour électriciens en charge des travaux
 - Quali'PV Bat ou équivalent pour couvreur en charge des travauxÀ défaut, engagement sur l'honneur à fournir une attestation équivalente avant démarrage des travaux.
- Justificatif d'obtention d'un Avis technique (ATec) ou d'une ETN pour le procédé d'intégration envisagé.

SECTION 2 : DESCRIPTION DES OUVRAGES

Toute modification discrète, apparente ou non apparente des offres par rapport au présent CCTP, se doit d'être signalée par les soumissionnaires lors de la remise des offres et/ou des études et documents d'exécution (plans, schéma électriques).

1 INSTALLATION DE CHANTIER

1.1 **Mise en sécurité travaux**

L'entrepreneur devra tous les dispositifs de sécurité nécessaires à l'exécution de ses travaux.
Il prévoira dans son offre les dispositifs nécessaires de sécurité collective et individuelle pour le montage et le levage.
Tous les règlements d'hygiène et de sécurité en application dans la région seront à respecter.

L'entreprise fournira les protections collectives minima suivantes :

- Balisages des zones éventuelles d'actions des nacelles et engins de levage
- Les garde-corps

Localisation : Périphérie du bâtiment et toiture équipée

1.2 **Protection des ouvrages**

Le titulaire devra toutes les mesures nécessaires à la protection des ouvrages aussi bien existants que de ceux réalisés par l'entreprise.

Le matériel installé est sous la responsabilité de l'entrepreneur tant que celui-ci n'a pas été réceptionné.

2 SYSTEME D'INTEGRATION

Fourniture et pose du système d'intégration des panneaux solaires :

- Fourniture et pose du système d'intégration des panneaux solaires bénéficiant d'un agrément technique.

Localisation : Pan de toiture concernée

3 CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES

Fourniture et pose de modules photovoltaïques :

- Fourniture et pose de modules photovoltaïques cristallins. 94 Unités de 380 Wc.

Localisation : Pan de toiture concernée

4 INTERCONNEXION DES ELEMENTS COTE COURANT CONTINU

4.1 **Câblage courant continu (DC)**

4.1.1 Liaisons modules-modules

Mise en série des modules photovoltaïques permettant d'atteindre des niveaux de tension adaptés à l'onduleur (création de « chaînes » ou « strings »)

- Utilisation de câbles souples unipolaires double isolation (classe II), ignifugés et sans halogènes de type RADOX Solar ou équivalent.
- Câbles munis de connecteurs débrochables.
- Mise en œuvre et raccordement des optimiseurs aux modules photovoltaïques

Localisation : En toiture en face arrière des modules photovoltaïques.

4.1.2 Câbles de chaîne (Liaisons Modules-BJP)

Fourniture et pose des liaisons électriques entre chaînes de modules photovoltaïques et l'onduleur

- Utilisation de câbles souples unipolaires double isolation (classe II), ignifugés et sans halogènes de type RADOX Solar ou équivalent, munis de connecteurs débrochables appropriés.
- Repérage de chaque chaîne avant l'entrée dans l'onduleur par étiquette.

Localisation : Entre champs de modules photovoltaïques (toiture) et l'onduleur (niche technique)

4.2 Boîtes de Jonction Parallèles (BJP)

4.2.1 Boîte de Jonction Parallèle

Fourniture et pose de coffrets de raccordement dans le local technique photovoltaïque pour couplage parallèle des chaînes de modules connectées à un seul et même onduleur (boîtes de Jonction Parallèle ou BJP)

- Coffrets IP 45
- Inclus interrupteur général « courant continu » pour coupure en charge avec poignées de consignation
- Inclus bornes dispositif de sectionnement en amont des coffrets par connecteurs débrochables MC4
- Inclus étiquettes de repérage « Boîte de Jonction Parallèle – BJP PV n°## » et de signalisation « Attention, conducteurs actifs sous tension durant la journée – sectionnement en charge interdit »

Localisation : Niche technique

4.2.2 Liaisons Principales (BJP-Onduleurs)

Fourniture et pose des liaisons électriques entre les BJP et onduleurs

- Utilisation de câbles souples unipolaires double isolation (classe II), ignifugés et sans halogènes de type RADOX Solar ou équivalent, munis de connecteurs débrochables appropriés.
- Étiquetage des câbles « Attention : électricité solaire courant continu »
- Repérage des champs de modules en sortie des CDC par étiquettes « CDCi+ » ou « CDCi- » (i étant le numéro du CDC / + et – correspondant à la polarité du câble)
- Les câbles devront avoir une section de 6 mm²

Localisation : Niche technique

4.2.3 Conduits pour cheminement des câbles du circuit DC

Fourniture et pose des divers accessoires de cheminement des liaisons électriques du circuit DC

- En toiture entre les champs de modules et sur le bardage les câbles chemineront sous chemin de câble capoté.
- Entre les deux bâtiments les câbles chemineront dans un fourreau enterré, tranchée à la charge du propriétaire.
- Dans la niche technique, les câbles chemineront sur un chemin de câble de type Cablofil sans capotage.
- Liaison + et – jointives (absence de toute boucle induite par les conducteurs actifs)
- Plaquage des conducteurs actifs contre le conducteur de masse (absence de toute boucle induite par les conducteurs actifs et le conducteur de masse)
- Mise à la terre des canalisations métalliques
- Inclus toutes sujétions de pose et fixation

Localisation : En toiture, entre les bâtiments et Niche technique

5 ONDULEUR ET OPTIMISEURS ADAPTES A LA CONNEXION RESEAU

Fourniture et pose d'onduleur synchrone et optimiseurs propres à la connexion réseau du générateur photovoltaïque :

- Fonction de contrôle d'isolement côté DC
- Fonction de découplage réseau conforme DIN VDE 0126-1-1

- Rendement de conversion énergétique maximum de 98% à puissance nominale
- Conformité aux normes CEI 61000-3-2 ou CEI 61000-3-3 ou CEI 61000-3-4 suivant valeur du courant de sortie nominal des onduleurs
- Espacement minimal de 30cm si convection forcée ; 50 cm si convection naturelle
- Inclus toutes sujétions de fixation
- Rapport entre la puissance crête du champ de modules connecté à chacun des onduleurs et la puissance active nominale DC de chacun des onduleurs « $P_{modules} [Wc]/P_{ond} [VA]$ » compris entre 70% et 100%
- Mise à la terre des masses métalliques de l'onduleur (utilisation de conducteurs de protection vert/jaune de section minimale 6 mm²)
- Réglage, étiquetage et mise en service de l'onduleur

NOTA : Toute intervention ultérieure sur l'onduleur devra pouvoir se faire en totale sûreté électrique. Dans le cas où les protections le permettant, ne seraient pas incluses à l'onduleur, des organes externes seront mise en place à proximité immédiate.

6 SYSTEME DE COUPURE DC

Fourniture et pose d'un système de coupe sur la partie courant continu de l'installation solaire :

- Fonction de maintien à une valeur inférieure à 60 VDC, si action de coupure effectuée

Localisation : Entre champs de modules photovoltaïques (toiture) et Boîte de jonction
Parallèle (niche technique)

7 SYSTEME DE COUPURE AC

Sans objet

8 INTERCONNEXION DES ELEMENTS COTE COURANT ALTERNATIF

8.1 Câblage courant AC

8.1.1 Liaisons Onduleurs-TGBT PV :

Fourniture et pose des liaisons électriques entre onduleurs et TGBT-PV

- Utilisation de câbles multipolaires double isolation (classe II).
- Étiquetage des câbles « électricité solaire courant alternatif ».
- Repérage des câbles en sortie des onduleurs et entrée du TGBT-PV par étiquette « Ondj » (j étant le numéro de l'onduleur).

Localisation : Niche technique

8.1.2 Conduits entre onduleurs et TGBT PV :

Fourniture et pose des divers accessoires de cheminement des liaisons électriques du circuit AC

- Cheminement sous chemin de câble de type Cablofil qui sera relié à la terre du bâtiment.
- Inclus toutes sujétions de pose et fixation.

Localisation : Niche technique

8.2 Raccordement au réseau de distribution

8.2.1 Liaison TGBT PV - Point d'injection :

Fourniture et pose de la liaison entre le TGBT PV et le point de raccordement au réseau

- Utilisation de câbles de classe 2.
- Câble AC entre le TGBT PV et le point de livraison dimensionné en section afin de limiter la chute de tension à une valeur inférieure à 1,5%.
- Étiquetage des câbles « Attention : présence de 2 sources de tension durant la journée »
- Repérage des câbles en sortie du TGBT-PV par étiquette « GPV »
- Fourniture du câble.

Localisation : Entre niche technique et point d'injection

8.2.2 Cheminement TGBT PV - Point d'injection :

Fourniture et pose des cheminements entre le TGBT PV et le point de raccordement au réseau

- Pose sous fourreau enterré, **tranchée à la charge du propriétaire.**

Localisation : Entre niche technique et point d'injection

8.3 **TGBT Générateur Photovoltaïque**

8.3.1 TGBT PV :

Fourniture et pose d'un tableau général dédié au générateur solaire désigné TGBT PV comprenant :

- Disjoncteur individuel de calibres adaptés aux courants maximal en sortie des onduleurs, différentiel 300 mA.
- Dispositif de protection contre les surtensions transitoires adapté aux installations photovoltaïques (procédure de test faisant foi). Type I ou II suivant justifications.
- Appareil de sectionnement à coupure visible de type Interrupteur Sectionneur ; consignable par cadenas ; avec commande extérieure accessible en tout temps aux personnes autorisées ou aux pompiers).
- Utilisation d'un coffret de classe II.
- Inclus dispositif de consignation du coffret (consignation par outil ou cadenas).
- Inclus étiquettes de repérage « Tableau Général Basse Tension du Générateur Photovoltaïque TGBT PV ».
- Câblage, pose, fixation et étiquetage du coffret.

NOTA : Au niveau du câblage des protections AC, le réseau sera considéré comme la source et le générateur photovoltaïque comme la charge (réseau sur les bornes amont du disjoncteur).

Localisation : Niche technique

9 **PRISE DE TERRE ET EQUIPOTENTIALITE DES MASSES**

Fourniture et pose des liaisons équipotentielle entre l'ensemble des masses métalliques des équipements constituant l'installation de production et de distribution d'électricité et la prise de terre du bâtiment.

- Distribution de la terre en toiture avec un conducteur de section 6 mm² ;
- Interconnexion des cadres modules par le biais de dérivations, constituée d'un connecteur rapide (type Tyco), d'un conducteur de section 6 mm², et d'une cosse adaptée à la nature du cadre du module ;
- Interconnexion des carcasses des onduleurs par le biais d'un conducteur de section 6 mm² ;
- Mise à la terre de l'ensemble des parafoudres de l'installation ;
- Mise à la terre de l'ensemble des canalisations métalliques à proximité de leur point d'entrée dans le bâtiment (ex : goulottes métalliques, câbles blindés) ;

Localisation : Entre l'intégralité des masses métalliques de l'installation et la terre de l'installation

10 **ACQUISITION DE DONNEES ET TELERELEVÉ**

Fourniture et pose d'une centrale d'acquisition de données pour le générateur (enregistreur de données dit « Datalogger ») intégrée dans l'onduleur :

- Paramétrage du système de monitoring et test avant réception du générateur ;
- Inclus monitoring GSM ;

NOTA : Le système d'acquisition et traitement de données permettra de recueillir (à minima) :

- La puissance transmise au réseau
- La valeur du courant DC
- La tension DC de chaque optimiseur
- La valeur du courant AC de chaque optimiseur
- La tension AC de chaque optimiseur

Localisation : Niche technique

11 REPERAGE DES CABLES

Fourniture et pose des repérages de chaque câble :

- Fourniture et pose de repérage de type Duplix de chez Legrand ou équivalent ;
- Chaque câble sera repéré à chaque extrémité ;

Localisation : A chaque câble

12 EQUIPEMENT NICHE TECHNIQUE

Fourniture et pose d'une niche technique pour accueillir les matériels solaires :

- L'armoire sera métallique ;
- Elle sera ventilée de manière naturelle ;
- Elle sera constituée de faibles mailles interdisant l'insertion d'objets de taille supérieur à 3mm ;
- Fermée à clé et interdisant son accès aux personnes non habilitées.

Localisation : A l'extérieur du « bâtiment Ouest »

13 DIVERS

13.1 Transport matériel, stockage sur site, levage

Le transport du matériel sur site est à la charge du présent lot. L'entreprise en charge des travaux utilisera son propre matériel de levage/grutage.

13.2 Visites sur site

Une visite de piquetage sur site sera organisée en présence de l'entrepreneur avant le démarrage des travaux d'installation.

Dès lors qu'il sera convoqué par le maître d'œuvre, l'entrepreneur devra participer aux réunions de chantier sur site.

En outre, l'entrepreneur prévoira la mobilisation d'un représentant pour les visites suivantes :

- Visite de contrôle technique de l'installation
- Visite de réception définitive de l'installation

13.3 Disposition de sécurité

Inclus toute disposition de sécurité durant la réalisation des travaux, y compris Plan Particulier de Sécurité et de protection de la Santé (contenu précisé aux articles R.238-31 et R.238-32)

13.4 Essais, mise en service, documentation

L'entrepreneur doit la mise en service du générateur photovoltaïque et des équipements annexes, notamment :

- Onduleur y compris protection de découplage (si externe)
- Centrale d'acquisition et traitement de données

Avant lancement des travaux, le présent lot doit toute études et plans d'exécution relatifs aux prestations prévues.

À la réception des ouvrages, l'entrepreneur devra la constitution d'un Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) tel que décrit à la section « PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES »

13.5 Attestation du CONSUEL

Conformément au décret du 22 mars 2010, une attestation de conformité électrique du CONSUEL (COMité National pour la Sécurité des Usagers de l'Electricité) devra impérativement être remise par l'installateur.

SECTION 3 : NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES

1 NORMES ET TEXTES GÉNÉRAUX

L'Entrepreneur est tenu de se conformer aux lois, aux textes réglementaires, arrêtés, décrets et additifs en vigueur à la date de la soumission, ainsi qu'aux Documents Techniques Unifiés et aux règles de l'Art. Seront notamment appliqués les textes suivants y compris leurs mises à jour (liste non limitative) :

- Normes françaises P (bâtiment), C (électricité), documents techniques unifiés (D.T.U.), documents du C.S.T.B., documents de l'U.T.E., recommandations techniques d'EDF,
- Norme U.T.E – classe C concernant les installations électriques (NF C 13.100, NF C 14.100, NF C 15.100) et additifs ;
- Arrêté du 25 juin 1980 et son Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public ;
- Décret n°88.1056 du 14 novembre 1988 relatif à l'exécution des dispositions du Livre II du Code du Travail (Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques) ;
- Arrêté du 26 février 2003 relatif aux installations de sécurité ;
- Code de la construction et de l'habitation – Livre I – Titre II – Section III – Articles R 123-1 à R 123-55 concernant la protection contre les risques d'incendie et de panique dans les immeubles recevant du public ;
- Code du Travail – Titre II – hygiène et sécurité – Section III – relatif à la prévention des incendies ;

NOTA : La liste de documents ci-avant n'est pas limitative et elle inclut implicitement tous documents d'ordre réglementaire applicables aux travaux du présent marché

2 NORMES ET TEXTES RELATIFS AUX INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

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

- NF C 15-100 (décembre 2002) : installations électriques à basse tension :
- Guide UTE C 15-712-1 (juillet 2010) : Installation électriques à Basse tension – Guide pratique Installations photovoltaïques
- UTE C 57-300 (mai 1987) : paramètres descriptifs d'un système photovoltaïque,
- UTE C 57-310 (octobre 1988) : transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique,
- C 18 530 (mai 1990) : carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité,
- NF EN 61727 (septembre 1996) : Systèmes photovoltaïques (PV) - Caractéristiques de l'interface de raccordement au réseau,
- IEC 61723 : guide de sécurité pour les systèmes PV raccordés au réseau montés sur les bâtiments,
- NF P 01.001 - Coordination Modulaire : Module de base, modulation des dimensions verticales et horizontales.
- NF P 01.002 - Coordination dimensionnelle et modulaire : Vocabulaire, spécification.
- NF P 24.101 - Menuiserie métallique extérieure : Terminologie.
- NF A 50.411 - Caractéristiques des profilés en alliage d'aluminium.
- NF A 91.450 - Autorisation de l'aluminium et de ses alliages, spécifications générales.
- NF P 06.001 - Charges permanentes et surcharges à admettre dans les constructions
- CEI 60364-7-712 : Installations électriques dans le bâtiment – Partie 7-712 Règles pour les installations et emplacements spéciaux – Alimentations photovoltaïques solaires (PV) (mai 2002)
- NF EN 61173 (Février 1995) : Protection contre les surtensions des systèmes photovoltaïques (PV) de production d'énergie
- NF C 17-100 (Décembre 1997) Protection contre la foudre – Installation de paratonnerres :
- NF C 17-102 (Juillet 1995) : Protection contre la foudre – Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage tension :
- NF EN 61643-11(2002) Parafoudres basse tension connectés aux systèmes de distribution basse tension – Prescriptions et essais,
- DIN VDE 0126-1-1 (février 2006) (Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension),

Il devra être également respecté les textes réglementaires et guides suivants :

- le décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 et ses arrêtés pour la protection des travailleurs qui mettent en œuvre des courants électriques,
- le décret n° 92-587 du 26 juin 1997 relatif à la compatibilité électromagnétique des appareils électriques et électroniques,
- la circulaire DRT 89-2, 6 février 189, Application du décret 88-1056,
- les règles Neige et Vents,
- le Guide UTE C 15-400 (2005) : Raccordement des générateurs d'énergie électrique dans les installations alimentées par un réseau public de distribution,
- le Guide EDF/ARD (2003) : Accès au réseau basse tension pour les installations photovoltaïques – Conditions techniques et contractuelles du raccordement,
- le Guide de l'ADEME (2001) : Protection contre les effets de la foudre dans les installations faisant appel aux énergies renouvelables,
- le Guide S.E.R.: Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens – Générateurs photovoltaïques raccordés réseau (2006).

Le tableau suivant résumé les principales dispositions réglementaires à respecter en matière d'intégration de modules photovoltaïques au bâtiment :

Sécurité des capteurs dans l'ouvrage	Stabilité	Neige, Vent, Séisme, Actions combinées, Corrosion Hygrothermique	NV 65 DTU P06-002, CB 71 DTU P21-701, CM 66 DTU P22-701, AL, DTU P22-702, PS 89, NF P06-014, SO 7599 Variation dimensionnelle sous l'effet de la température Référence à l'expérience ou calcul
		Charges d'exploitation, Entretien maintenance	NF P06-001, NF P95-201 DTU 95.1
	Sécurité des travailleurs et des personnes		Décret 65-48 du 8 Janvier 1965 Décret 88-1056 du 14 Novembre 1988 Décret 75-848 du 26 Août 1975
	Risques électriques		NF C 15-100
	Feu		Sécurité contre l'incendie : JO n° 477,1536,1540,1603
	Chocs accidentels Effraction Explosion		NF P01-012 (assimilation aux garde-corps) Sauf prescriptions particulières
Aptitude à l'emploi des capteurs			NF C 57-100, 101, 102, 103, CEI 61 215, 61 646
Habitabilité de l'ouvrage	Etanchéité air-eau		Référence à un classement homologué ou à des essais DTU 33, 39, 40, 43
	Confort hygrothermique		Th-U, Th-C, Th-E RT2005
	Confort acoustique		NF S31-010, NF S31-057
	Aspect Salubrité		NF P24-351 Matériaux non nocifs, stabilité physico-chimique
Durabilité de l'ouvrage	Entretien maintenance		Notice fournie par le fabricant - DTU 33, 39, 40, 43
	Chocs accidentels		NF P08-302
	Hygrothermique		Référence à un classement homologué ou à des essais

SECTION 4 : PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

1 RESPONSABILITES DE L'ENTREPRENEUR

1.1 **Qualité et origine du matériel**

Tous les matériaux, appareils et accessoires divers utilisés dans les installations doivent être neufs et de première qualité.

En cours d'exécution, aucun changement de matériels ne pourra être apporté sans en informer le maître d'ouvrage du générateur. Les frais résultants de changements non autorisés ainsi que tout travail supplémentaire exécuté sans ordre écrit seront à la charge de l'opérateur.

Des marques et des types de matériels particuliers sont mentionnés dans le présent document. Tous matériels présentant des caractéristiques au minimum identiques, sur un plan fonctionnel aussi bien qu'en terme de qualité de construction, pourra être proposé par l'opérateur sous les conditions suivantes :

- que les modifications consécutives à un changement dans les dimensions et caractéristiques finales des appareils soient prises en compte par l'opérateur au titre de son marché.
- qu'aucun matériel ne soit mis en œuvre sans l'accord explicite du maître d'ouvrage du générateur photovoltaïque.

Dans le cas contraire, le maître d'ouvrage du générateur photovoltaïque se réserve le droit de demander démontage des installations concernées avec application de pénalités si cela génère un retard dans le déroulement de l'opération.

1.2 **Garanties de l'opérateur**

En toutes circonstances, l'opérateur demeure seul responsable de tous les dommages ou accidents causés à des tiers lors ou par la suite de l'exécution des travaux, soit de son propre fait, soit de son personnel.

Tous les risques résultant de l'article 1792 et de l'article 2270 du code civil, devront être couverts par une assurance agréée, imposant l'intervention du bureau de contrôle, des matériaux et, ce, conformément aux dispositions de la Fédération Nationale du Bâtiment en vigueur.

L'opérateur devra fournir une copie de son attestation d'assurance Responsabilité Civile, son assurance de garantie décennale et des qualifications requises émanant d'un organisme agréé.

1.3 **Organisations du chantier – délais – pénalités**

Les travaux réalisés ne devront pas perturber le fonctionnement du site et retarder la livraison du bâtiment (mise hors d'eau).

L'opérateur doit être assuré de l'approvisionnement en temps utile de tous les matériaux et fournitures nécessaires à la marche régulière du chantier. Aucune carence de livraison des fournisseurs ne pourra être évoquée pour excuser un retard sur les dates prescrites au planning.

1.4 **Modifications de prestations en cours d'exécution**

Aucun changement au projet retenu ne pourra être apporté en cours d'exécution sans l'autorisation du maître d'ouvrage du bâtiment. Les frais résultants de changement non autorisés et toutes leurs conséquences, ainsi que tous travaux supplémentaires exécutés sans écrits, seront à la charge de l'opérateur.

1.5 **Visites et réunions de chantier**

Une visite de piquetage sur site sera organisée en présence de l'opérateur, de son entreprise, de son maître d'œuvre et de l'équipe de maîtrise d'œuvre de l'extension, avant le démarrage des travaux d'installation de couverture photovoltaïque.

Dès lors qu'il sera convoqué par le maître d'œuvre l'entreprise devra participer aux réunions de chantier sur site.

En outre, l'installateur prévoira la mobilisation d'un représentant pour les visites suivantes :

- Visite de contrôle technique de l'installation vis-à-vis des ouvrages.
- Visite de réception définitive de l'installation.

En cas de non présence un retenue de 50 € sera effectué.

2 ESSAIS, GARANTIES ET RECEPTION DES INSTALLATIONS

2.1 Garanties des matériels

Pour toutes les fournitures, l'opérateur devra garantir la bonne qualité des appareils et leur conformité avec les normes et règlements en vigueur.

Les durées de garantie seront au minimum de :

- 20 ans sur les performances des modules photovoltaïques (baisse de productible garantie inférieure à 10% sur 10 ans et 20% sur 20 ans)
- Garantie produit de 3 ans (a minima) sur les modules photovoltaïques (matériel, main d'œuvre et déplacements).
- 5 ans (a minima) de garantie produit pour les onduleurs et autres composants électroniques (matériel, main d'œuvre et déplacements).

Les garanties devront porter sur le matériel, la main d'œuvre et les déplacements correspondants.

L'opérateur devra également garantir qu'il peut fournir les pièces détachées pendant toute la durée de vie du matériel.

2.2 Réception

La réception des travaux sera exécutée par le Maître d'Œuvre de l'opérateur photovoltaïque.

La réception technique fera préalablement l'objet de contrôles et vérification :

- Examen des installations et vérification de leur conformité avec le présent document, les plans et normes applicables ;
- vérification des caractéristiques des équipements ;
- vérification du fonctionnement et des performances de l'installation ;
- mesures de contrôle (production du champ solaire) ;
- vérification du respect des règles de l'art dans l'installation du matériel (protections et sécurité) ;

Le procès-verbal de réception technique sera établi si aucune observation défavorable n'a été formulée et si la totalité de la documentation exigée a été remise.

Une copie du PV de réception sera communiquée au maître d'ouvrage .

3 GESTION D'UN CHANTIER A FAIBLES NUISANCES

La loi cadre européenne du 15/07/1975 régit l'élimination des déchets : tout producteur de déchets est responsable de ses déchets et des conditions dans lesquelles ils sont collectés, transportés, éliminés ou recyclés.

Depuis la loi du 13 juillet 1992, ne sont admis en installations de stockage que les déchets ultimes, c'est-à-dire les matériaux dont la part valorisable aura été extraite et le caractère polluant réduit.

Ainsi, seront à la charge du titulaire du présent lot :

- Stocker les déchets avant leur élimination dans des conditions ne présentant aucun danger pour l'environnement et la santé et favorisant leur valorisation ultérieure
- Éliminer ou faire éliminer ses déchets dans de bonnes conditions et dans des installations respectant les normes en vigueur et favorisant au mieux leur valorisation
- S'assurer de la traçabilité des déchets
- Remettre ses déchets à un transporteur agréé

Il est recommandé au titulaire du présent lot de :

- Réduire sa production de déchets
- Produire des déchets les moins dangereux pour l'environnement et la santé
- Trier les déchets sur le chantier
- Éviter le mélange des matériaux de nature ou de destination différente
- Éliminer ses déchets au plus près du chantier pour limiter les coûts et les nuisances liés au transport
- Favoriser la valorisation des déchets

4 HYGIENE, SECURITE ET CONDITIONS DE TRAVAIL

4.1 Coordination, sécurité et protection de la santé

Principales obligations de l'entrepreneur, du travailleur indépendant ou du sous-traitant :

- Respecter et appliquer les principes généraux de prévention, articles L.230-2, L.235-1, L.235-18
- Respecter les obligations résultant du plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé (PGCSPS) établi par le CSPS, articles L.235-1, L.235-18, livre II et décrets non codifiés
- Rédiger et tenir à jour les PPSPS, les transmettre aux organismes officiels (I.T, CRAM, et OPPBTP,) au coordonnateur SPS ou au maître de l'ouvrage, et les conserver pendant cinq ans à compter de la réception de l'ouvrage, articles L.235-7, R.238-26 à R.238-36.
- Participer et laisser participer les salariés au C.I.S.S.C.T., articles L 235-11 à L 235-14, R 238-46 à R 238-56.
- Respecter les obligations issues du livre II du code du travail, notamment les grands décrets techniques (8 janvier 1965, etc.)
- Viser le registre journal (RJ), et répondre aux observations ou notifications du coordonnateur, article R.238-19.

En outre, l'opérateur devra l'établissement d'un Plan particulier de Sécurité et de Protection de la Santé PPSPS) dont le contenu est précisé aux articles R.238-31 et R.238-32.

4.2 Mesures générales de sécurité

Toutes dispositions réglementaires concernant l'hygiène et la sécurité des travailleurs devront être respectées par l'opérateur représenté par son entrepreneur et ses éventuels sous-traitants. De plus, il convient de respecter les dispositions de l'article 5 « Qualifications des intervenants » de la présente section du CCTP.

Les règles d'hygiène et de sécurité des travailleurs seront conformes au code du travail, livre 2, titre 2, décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié et complété.

4.3 Mesures spécifiques de sécurité

Afin de limiter les risques encourus pour l'installation d'un générateur photovoltaïque, certaines des mesures de sécurité suivantes devront être mises en œuvre et précisées dans le Plan de Prévention ou le PPSPS.

4.3.1 Travaux de manutention

Utilisation d'équipements de protection individuelle (casque, vêtement, gants, chaussures de sécurité...)

Utilisation de matériel de manutention approprié (palan, grue, nacelle, planche de répartition de charge,...)

Utilisation d'outils et d'appareils homologués pour un usage extérieur (outils, outillage électrique portatif, cordons prolongateurs, lampes baladeuses, groupe électrogène,...)

4.3.2 Travaux d'ordre électrique

Utilisation d'équipements de protection individuelle (gants isolants, écran facial,...)

Utilisation de matériel de sécurité collectif (banderoles de signalisation, etc.)

Respect de procédure d'installation (consignation, etc.)

4.3.3 Travaux en hauteur

Il sera dû par l'entreprise, toutes les protections contre la chute des personnels conformément à la réglementation en vigueur. Ces protections seront incluses dans le prix global, par exemple :

- Accès :
 - Utilisation de matériel temporaire approprié (échelle mobile, échafaudage, ..)
 - Utilisation de matériel permanent (échelle à crinoline,...)
- Travaux :
 - Utilisation en priorité de matériel de sécurité collectif (garde-corps, filets, échafaudage,...)

- Lorsque le recours aux dispositions de sécurité collective est impossible, utilisation d'équipements de protection individuelle (harnais de sécurité, longe, casque,...) nécessitant la pose de points d'ancrage, de ligne de vie temporaire ou permanente
- Délimitation des zones de travaux (risques de chutes d'objets)
 - Utilisation de dispositif interdisant l'accès aux zones dangereuses (barrières, etc.)
 - Signalisation de zones de travaux (balisage, panneaux d'information, etc.)

5 QUALIFICATION DES INTERVENANTS

Dans le cas où les mêmes personnes assurent à la fois la pose des modules photovoltaïques et l'ensemble du câblage électrique, celles-ci devront disposer de l'ensemble des compétences.

5.1 **Poseurs de modules photovoltaïques**

Personnes ayant reçu une formation sur les spécificités du photovoltaïque type « Quali'PV-Bat » ou équivalent et sous réserve que la pose des modules photovoltaïques ne présente aucun danger d'ordre électrique (présence de connecteurs isolés ou travail sous très basse tension de sécurité)

ET Personnes justifiant d'une formation pour des travaux en hauteur

5.2 **Électriciens solaires**

Personnes justifiant d'une expérience minimum pour la mise en œuvre d'installations photovoltaïques en conditions similaires

ET Personnes qualifiées disposant d'une habilitation électrique (selon UTE 18 510)

ET Personnes justifiant d'une formation au photovoltaïque couplé réseau et traitant particulièrement ses spécificités en termes de protection des personnes et des biens, type « Quali'PV-Elec » ou équivalent.

6 PIECES A FOURNIR PAR L'OPERATEUR DU PRESENT LOT

6.1 **Avant démarrage des travaux**

L'entreprise devra remettre, à l'approbation du maître d'ouvrage, les documents suivants, conformément au planning d'exécution :

- Les qualifications requises ;
- Attestation d'assurance justifiant d'une couverture en garantie décennale relative au chantier spécifique ;
- Le planning de commande et d'approvisionnement ;
- Les plans d'exécution, de façonnage et de fabrication :
 - Les caractéristiques des différents composants du générateur (modules, onduleurs, coffrets de protection, etc....) ;
 - Les schémas de câblages, raccordement des coffrets et des armoires électriques ;
 - La localisation et la nature des divers cheminements ;
 - La nature, la disposition, les longueurs, et les sections des conducteurs électriques en courants continu et alternatif ;
 - Les schémas d'implantation des équipements ;
 - Les notes de calculs :
 - du dimensionnement des protections électriques ;
 - des chutes de tension AC et DC ;
 - de la productivité potentielle du système photovoltaïque (calcul des pertes en lignes à puissance nominale du générateur photovoltaïque ; simulation de production mensuelle) ;
 - Les notices des constructeurs des équipements fournis (dont le certificat de conformité à la norme relative à l'onduleur) ;
- Le planning prévisionnel des travaux ;
- Le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S.) au coordinateur de Sécurité ou Plan de Prévention ;

Tous ces documents devront être communiqués en temps utile par l'entreprise au maître d'œuvre afin de recevoir son accord avant toute exécution.

6.2 Avant réception des travaux

Avant la réception des travaux, l'opérateur devra remettre :

- un dossier des ouvrages exécutés (DOE) en 1 exemplaire au maître d'ouvrage du bâtiment comportant les éléments suivants :
 - Les certificats de garantie des matériels avec leur durée ;
 - La série de tous les plans et schémas de recollement avec le CD Rom desdits plans en formats DWG ou DXF (les plans architectes fournis sous format DWG ou DXF seront renseignés par l'entrepreneur) ;

6.3 À réception des travaux

Dans le cas où un SPS aura pré-rédigé un Dossier d'Intervention Ulérieur sur Ouvrage (DIUO), l'entrepreneur devra compléter le dossier et le soumettre au CSPS pour validation.

Le DIUO sera remis au maître d'ouvrage du bâtiment en format papier et informatique.

SECTION 5 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES EQUIPEMENTS

1 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les modules avec leurs cellules photovoltaïques devront résister 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)
- Conditions particulières (climat marin, climat tropical, etc.)

Les modules photovoltaïques doivent respecter les normes suivantes

- CEI : 61215 pour des modules de type cristallin
- CEI : 61646 pour des modules de type film mince
- CEI : 61730 pour tout type de module

Dans le cas de produits d'intégration, les modules laminés devront être issus d'une fabrication dérivée de module standard disposant des normes indiquées ci-dessus.

L'ensemble des modules constituant le générateur photovoltaïque doivent avoir des caractéristiques identiques avec une tolérance positive.

L'utilisation de modules classe II est imposée avec certification établie par un laboratoire agréé (ex : TUV).

Les modules photovoltaïques proposés devront être interchangeables,
La tension de fonctionnement maximum devra être clairement spécifiée dans la documentation technique et sur l'étiquette apposée au dos du module. Elle devra être compatible avec les niveaux de tension mis en jeu dans le champ photovoltaïque.

Le module devra comporter :

- une boîte de connexion ou des connecteurs appropriés au moins IP54.
- des diodes by-pass (diodes de dérivation)

Toutes les précautions seront prises de manière à éviter tout risque de corrosion par couple électrolytique entre les modules photovoltaïques et selon le cas :

- les structures porteuses
- les profils de toiture
- les éléments porteurs de la charpente, etc.

Les modules seront interconnectés entre eux de façon à obtenir plusieurs branches, dont la tension nominale globale sera compatible avec la tension nominale de service de l'onduleur retenu pour la connexion sur le réseau.

Pendant les premières semaines de fonctionnement, les modules équipés de cellules en silicium amorphe produisent une puissance électrique plus élevée que la puissance nominale. Cette particularité doit être incluse dans le dimensionnement des équipements annexes, notamment pour dimensionner les onduleurs.

Au cours des 10 premières années, toute baisse de puissance supérieure à 10% (puissance nominale mini garantie par fabricant) ou l'apparition de tous défauts tels que stipulés dans les spécifications du JRC ISPRA n° 503 implique l'échange par l'entreprise et sans contrepartie financière, des modules concernés.

2 DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS DC

Tous les composants DC (câbles, interrupteurs, connecteurs, etc.,...) du système doivent être choisis en fonction de la valeur de courant et tension maximum des modules connectés en série/parallèle constituant le champ PV.

Modules en silicium mono et multi-cristallin :

Tous les composants CC seront calibrés, au minimum :

- En tension : $V_{co} (stc) \times 1,2$
- En courant : $I_{cc} (stc) \times 1,25$

Autres types de modules (exemple : silicium amorphe) :

Tous les composants CC seront calibrés, au minimum :

- Par calcul spécifique des conditions les plus sévères de V_{co} et I_{cc} à partir des données constructeur (plage de température de module de -20°C à $+80^{\circ}\text{C}$, un éclairement maximum de 1250W/m^2)
- Par calcul d'un accroissement de V_{co} et I_{cc} appliqué sur les valeurs déjà calculées précédemment.

3 CABLAGE ET PROTECTION DC

3.1 **Câbles**

Les câbles cheminant derrière les modules photovoltaïques doivent être dimensionnés pour une température ambiante de 70°C .

Le choix des câbles doit être effectué en fonction des courants et tensions déterminés selon les précisions apportées par le paragraphe « Dimensionnement des composants DC ». On fera référence à la norme NFC 15-100 pour dimensionner les câbles.

Tous les câbles seront sélectionnés de manière à ce que les risques de défaut à la terre ou de courts-circuits soient minimisés après installation.

Ceci peut être réalisé par renforcement de la protection du câblage de 2 manières :

- Câble simple conducteur avec double isolation
- Câble simple conducteur simple isolation cheminant dans un conduit spécifique

Les câbles doivent être dimensionnés de telle sorte que la chute de tension entre le champ PV (aux conditions STC) et l'onduleur soit inférieure à 3% (idéalement 1%).

Les câbles extérieurs doivent être à la fois, flexibles, stables aux UV, résistant aux intempéries, à la corrosion (pollution, brouillard salin...) et compatibles avec la connectique rapide le cas échéant.

3.2 **Câblage des chaînes**

Il y a lieu de dimensionner les câbles des chaînes en fonction du courant de défaut maximum éventuel et de la présence ou non d'une protection par fusible.

La norme CEI 60364 admet qu'une protection contre les surcharges peut être omise sur les câbles des chaînes si le courant admissible du câble est égal ou supérieur à $1,25 I_{cc}$ (stc) en tout point.

Pour des systèmes comportant davantage de chaînes en parallèle, la protection par fusibles (sur chaque polarité de chaque chaîne) est indispensable pour les systèmes ne répondant pas aux exigences ci-dessus.

Dans tous les cas, les câbles seront dimensionnés en appliquant les facteurs classiques multiplicatifs de correction en courant (coefficient de mode de pose, coefficient prenant en compte le nombre de câbles posés ensemble, coefficient tenant compte de la température ambiante et du type de câble).

3.3 **Connecteurs DC**

Des connecteurs débrochables peuvent être utilisés au niveau des modules photovoltaïques, onduleurs, etc.... pour simplifier la procédure d'installation.

Ces connecteurs sont également un bon moyen de protection contre les risques de choc électrique de l'installateur. De tels connecteurs sont recommandés en particulier pour toute installation mise en œuvre par un installateur non familiarisé avec le PV, par exemple par un couvreur.

Les connecteurs doivent être spécifiés pour le courant continu.

Les connecteurs doivent être dimensionnés pour des valeurs de tensions et courants identiques ou supérieures à celles des câbles qui en sont équipés.

Une étiquette « ne pas déconnecter en charge » doit être fixée à proximité des connecteurs

Les connecteurs doivent :

- assurer une protection contre les contacts directs (> IP21)
- être de classe II
- résister aux conditions extérieures (UV, humidité, température,...) (> IP54)

3.4 Boîte de jonction DC

Si le système est constitué de plusieurs chaînes, la boîte de jonction permet leur mise en parallèle. Celle-ci peut contenir aussi d'autres composants tels que fusibles, interrupteurs, sectionneurs, parafoudres et points de tests.

La boîte de jonction devra être implantée en un lieu accessible pour les exploitants, et comportant des étiquettes de repérage et de signalisation de danger :

« Boîte de jonction panneau PV : BJPV N° » avec une étiquette « attention, conducteurs actifs sous tension durant la journée »

Les étiquettes devront être facilement visibles et fixées d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, UV,...)

Chaque chaîne du champ photovoltaïque doit pouvoir être déconnectée et isolée individuellement.

Ceci peut être réalisé par le biais de porte fusible ou d'autres liaisons déconnectables mais sans risque pour l'opérateur. En aucun cas, le sectionnement ne doit être réalisé en charge et ceci doit être clairement indiqué par une étiquette apposée à l'intérieur de la boîte de jonction.

Un interrupteur général DC sera intégré dans chaque boîte de jonction sur le départ de la liaison principale.

Afin de garantir un bon niveau de sécurité, il est préconisé les dispositions constructives suivantes :

- choix d'une enveloppe non-propagatrice de la flamme
- protection contre les contacts directs par utilisation des appareils possédant au moins un degré de protection IP2X ou IPXXB.
- ouverture possible seulement à l'aide d'un outil
- séparation des borniers positifs et négatifs avec une isolation appropriée
- disposition des bornes terminales de telle sorte que les risques de courts-circuits durant l'installation ou la maintenance soit improbables

3.5 Fusibles

Lorsque la protection par fusibles s'impose (couplage parallèle de 3 chaînes ou +) et compte tenu du principe de ne pas relier à la terre une des polarités DC, des fusibles doivent être installés à la fois sur la polarité positive et négative de chaque chaîne :

- Les fusibles doivent être appropriés pour le courant continu
- Les fusibles doivent être calibrés pour une valeur de courant comprise entre 1,5 lcc et 2 lcc (stc).
- Les fusibles doivent être dimensionnés pour fonctionner à une tension égale à $V_{co} (stc) \times M \times 1,2$

3.6 Liaison principale DC

Pour un système de N chaînes connectées en parallèle, chacune d'elle étant constituée de M modules connectés en série, les liaisons principales DC seront dimensionnées de la manière suivante :

- Tension : $V_{co} (stc) \times M \times 1,2$
- Courant : $I_{cc} (stc) \times N \times 1,25$

La liaison principale sera réalisée par 2 câbles unipolaires double isolation et de section suffisante pour limiter les chutes de tension au minimum.

3.7 Interrupteur DC

Le sectionneur DC sur la liaison principale, en amont de l'onduleur, est un moyen d'isoler électriquement le champ PV tout entier.

Il sera mis en place un interrupteur/sectionneur remplissant à la fois la fonction de coupure en charge et de sectionnement.

- L'interrupteur DC doit être dimensionné pour la tension et le courant maximum déterminés selon les précisions apportées au paragraphe « Dimensionnement des composants DC ».
- L'interrupteur doit être étiqueté « Interrupteur Sectionneur principal champ PV » avec un repérage clair des positions ON/OFF.
- Le coffret comportant l'interrupteur/sectionneur doit être étiqueté « attention, conducteurs actifs sous tension durant la journée ». Les étiquettes devront être très visibles et fixées d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, ...)

4 ONDULEURS

4.1 Caractéristiques générales

Pour convertir en courant alternatif l'électricité photovoltaïque et pour raccorder l'installation photovoltaïque au réseau public, on utilisera des onduleurs « divisionnaires » adaptés à la connexion réseau, ce qui suppose :

- la synchronisation avec le réseau ;
- le déclenchement automatique en cas de défaut ou de panne du réseau ;
- l'enclenchement et le déclenchement automatiques de l'installation ;
- un faible taux de distorsion (sinusoïde la plus parfaite possible) ;
- un degré de fiabilité élevé ;
- un rendement élevé

Les contraintes établies par le concessionnaire d'électricité devront être respectées (conditions techniques de raccordement). Celles-ci concernent surtout la limitation des effets secondaires admis sur le réseau ainsi que celle des harmoniques de même que la déconnexion automatique en cas d'arrêt du réseau.

Chaque onduleur doit comporter un contrôleur d'isolement côté DC permettant de prévenir d'un défaut éventuel d'isolement (entre chaque polarité et la masse). A défaut, un dispositif externe sera impérativement installé en entrée des onduleurs.

Les performances des onduleurs respecteront les caractéristiques imposées par ERDF, notamment :

- signal sinusoïdal avec très faible taux de distorsion harmonique : THD < 4%
- tension de sortie : tension nominale « 400V 3P+N » ou « 230V P+N » avec tolérance de +/- 5%
- rendement à Puissance nominale (Pn) : > 95% à la puissance nominale
- rendement à 10% de Pn > 80%

4.2 Adéquation champ photovoltaïque / onduleur

L'Entrepreneur veillera à la bonne adéquation de la puissance de l'onduleur et de la puissance du champ photovoltaïque pour garantir :

- Un fonctionnement correct sur la plage de tension du champ photovoltaïque (PV) tout au long de la journée. L'onduleur doit être capable d'accepter le courant et la tension maximum du champ photovoltaïque.
- Un compromis optimal en termes de rendement. En particulier on devra privilégier les onduleurs dont les courbes de rendement sont les plus élevées sur une plage de taux de charge la plus large
- L'évaluation du rendement global de l'onduleur devra être calculée conformément à la norme CEI 61683

4.3 Fonction de découplage du réseau

L'objectif de la fonction de découplage du réseau est de :

- Éviter d'alimenter un défaut ou de laisser sous tension un ouvrage en défaut,
- Éviter d'alimenter les autres installations raccordées au réseau à une tension ou une fréquence anormale,
- Permettre le ré-enclenchement automatique des ouvrages du réseau

Cette fonction de découplage peut être assurée par un dispositif incorporé à l'onduleur.

Dans le cas où l'onduleur de par sa conception ne serait pas en mesure d'assurer la fonction de découplage, un dispositif externe devra alors être mis en œuvre (protection de type B1 pour une injection en Basse tension BT).

4.4 Conformité - Certifications

Les onduleurs proposés par le soumissionnaire devront satisfaire les certifications suivantes :

- Interface réseau : norme internationale CEI 61727
- Découplage réseau : découplage externe de type B1 ou découplage interne avec application de la norme allemande VDE 0126-1-1 (mesure d'impédance non exigée) ou « directive sur le branchement et le fonctionnement parallèle d'installations auto-productrices d'électricité sur le réseau basse tension » de l'association allemande des producteurs d'électricité (VDEW)
- Harmoniques : norme 61000-3-2
- Compatibilité électronique : norme EN 61000-6-3 (émissions) et EN 61000-6-2 (immunité)
- Compatibilité électromagnétique : directive 2004/108/CE
- Marquage CE : directive 93/68/CEE
- Sécurité électrique : EN50178

Si l'onduleur, de par sa technologie de fabrication, génère une composante continue sur le réseau, sa valeur ne doit pas dépasser celle précisée par la CEI 61000-3-2 ; toutefois, le distributeur d'électricité peut en outre définir une valeur limite à ne pas dépasser.

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

5 CABLAGE AC

L'onduleur doit être connecté au réseau par un circuit spécifique et protégé soit :

- par un disjoncteur différentiel 30mA ou 300mA
- par un disjoncteur différentiel de branchement (500mA) faisant office de limite de concession (cas de vente de la totalité)

La partie AC de l'installation photovoltaïque peut être considérée comme un circuit spécifique de la distribution interne et doit répondre aux spécifications de la norme NFC 15-100.

Le câble de liaison sera de classe II dans le cas d'un raccordement au disjoncteur de branchement en limite de concession.

Le câble AC de liaison entre l'onduleur et le disjoncteur doit être dimensionné pour limiter la chute de tension à une valeur inférieure à 3% (idéalement 1%) en BT.

Deux points de coupure doivent être fournis entre l'onduleur et le point de connexion au réseau.

Un seul point de coupure est admis si l'onduleur et le point de raccordement sont situés dans la même pièce et qu'il est possible de visualiser l'ensemble des appareillages.

Un disjoncteur doit être installé à proximité de l'onduleur et le second à proximité du point de raccordement (disjoncteur différentiel 30mA).

En cas de présence de plusieurs onduleurs, un disjoncteur sera installé en sortie et à proximité de chaque onduleur avec étiquette numérotée pour repérage.

Un seul disjoncteur pour un groupe d'onduleurs sera toléré si son calibre permet la protection des câbles de sortie de chacun des onduleurs en cas de défaut.

Un disjoncteur général et un organe de sectionnement à coupure certaine, verrouillable en position « ouvert » (exigence du distributeur) doivent être installés sur la liaison principale reliant le générateur photovoltaïque au réseau.

Une étiquette au niveau du disjoncteur indiquera « générateur photovoltaïque : point de coupure générale »
Une autre étiquette au niveau du sectionneur indiquera « sectionneur général : ne pas ouvrir en charge »

Les deux composants précédents peuvent être remplacés par un seul interrupteur sectionneur à coupure certaine. Dans ce cas une étiquette indiquera « générateur photovoltaïque : point de coupure et sectionnement général ».

6 ALIMENTATION DES AUXILIAIRES

Dans certains cas, il y a lieu d'alimenter en 230V des équipements dont le fonctionnement est directement lié au générateur photovoltaïque (exemple : acquisition de mesures, afficheurs,...).

L'alimentation peut s'effectuer de 2 manières :

- branchement sur le tableau de distribution du bâtiment par une liaison spécifique
- branchement en sortie onduleur du générateur photovoltaïque

Dans ce dernier cas, le raccordement pourra s'effectuer en aval du sectionneur par une liaison spécifique protégée par un disjoncteur approprié (et différentiel 30mA si le disjoncteur de branchement est calibré à une valeur supérieure : cas de l'injection totale).

7 MISE A LA TERRE ET PROTECTION Foudre

Le niveau de protection contre les effets de la foudre des systèmes PV raccordés au réseau, dépend des éléments suivants :

- Évaluation du foudroisement de la zone
- Topographie du lieu
- Niveaux de tenue aux surtensions des différents matériels
- Valeur et importance des matériels à protéger
- Conséquences de défaillances éventuelles

Une méthode d'évaluation du risque foudre inspirée de la norme 61024-1, est présentée dans le document édité par la commission Européenne « Lightning and overvoltage protection in photovoltaic and solar thermal systems ».

7.1 Mesures de protection préconisées

Pour être pratique, il est proposé 2 niveaux de protection pour les installations photovoltaïques raccordées réseau

Niveau A : Niveau de protection minimal

Niveau B : Niveau de protection supplémentaire

7.1.1 Détermination pratique du niveau de protection

- Niveau A :
 - installations photovoltaïques situées dans des zones dont la densité de foudroisement est $N_g < 2,5$
 - installations photovoltaïques situées dans des zones urbaines quelque soit la densité de foudroisement
- Niveau B :
 - installations photovoltaïques situées dans des zones dont la densité de foudroisement est $N_g > 2,5$ et se trouvant en milieu rural avec ligne électrique aérienne
 - installations photovoltaïques sur bâtiments équipés de paratonnerre quelque soit la zone
 - sites sensibles à la foudre quelque soit la zone (exemple point haut)

7.1.2 Mesures préconisées

- Niveau A :
 - Interconnexion des masses et mise à la terre
 - Protection par parafoudres bipolaires à base de varistances avec déconnexion thermique intégrée (possédant une capacité d'écoulement répétitif $I_n > 20\text{kA}$ onde (8/20 μs) sur liaisons extérieures (circuit continu)
 - Protection par parafoudres bipolaires de type 2 à base de varistances avec déconnexion thermique intégrée (possédant une capacité d'écoulement répétitif $I_n > 20\text{kA}$ onde (8/20 μs))
 - Protection spécifique sur autres lignes extérieures (téléphone,...) possédant une capacité d'écoulement répétitive $I_n > 10\text{kA}$ onde (8/20 μs)
- Niveau B :

- Interconnexion des masses et mise à la terre
- Protection par varistances (ou éclateur à gaz et varistances associées montées en étoile) possédant une capacité d'écoulement maximum $I_{max} > 40\text{kA}$ sur liaisons courant continu
- Protection étagée sur réseau aérien alternatif possédant une capacité d'écoulement $I_{imp} > 35\text{ kA}$ onde (10/350 μs)
- Protection spécifique sur autres lignes extérieures (téléphone,...) possédant une capacité d'écoulement impulsionnel $I_{imp} > 2,5\text{ kA}$ onde (10/350 μs)
- Protection externe par dispositifs de capture
- Blindage des câbles sensibles

Pour la mise en œuvre de ces protections, on se reportera aux préconisations données ci-dessous et au guide de l'ADEME (2001) : « Protection contre les effets de la foudre dans les installations faisant appel aux énergies renouvelables ».

7.2 Prise de terre et équipotentialité des masses

L'ensemble des masses métalliques des équipements constituant l'installation de production et de distribution de l'électricité, y compris entre bâtiments différents, doit être interconnecté et relié à un réseau de terre unique.

L'interconnexion des masses entre le champ photovoltaïque et les équipements électriques peut être réalisée soit :

- avec le conducteur de protection vert/jaune s'il est présent dans le câble de liaison sous réserve que la section soit au minimum de 16mm²
- avec un câble cuivre de section minimale 16 mm². La proximité du conducteur de masse avec les conducteurs actifs est fortement conseillée pour limiter la surface de boucle.

Lorsque la liaison équipotentielle est enterrée, la section du câble en cuivre nu ne doit pas être inférieure à 25 mm².

Lorsque plusieurs structures de modules photovoltaïques sont présentes, on pourra les relier entre elles avec une liaison équipotentielle continue (exemple : tresse de masse ou câble de section minimale 16 mm²).

D'une manière générale, toutes les canalisations conductrices doivent être mises à la terre à proximité de leur point d'entrée dans le bâtiment (cas de goulottes métalliques et de câbles blindés). Toutes les structures métalliques conductrices du bâtiment ainsi que celles des modules (supports) devraient être mises à la terre.

L'équipotentialité des masses métalliques des équipements électroniques (onduleurs, coffrets de protection,...) se fera, de la manière suivante :

- si la distance est inférieure à 2 m entre équipements et barre d'équipotentialité, chaque masse d'équipement sera directement raccordée à la barre d'équipotentialité par des conducteurs de masse de section minimale 10 mm².
- si la distance est supérieure à 2 m entre équipements et barre d'équipotentialité, chaque masse d'équipement sera directement raccordée à la câblette cuivre nu commune proche des équipements elle-même reliée à la barre d'équipotentialité.

Ces connexions doivent être réalisées même si un conducteur PE relie déjà 2 équipements via un câble d'alimentation.

D'une manière générale, l'interconnexion des masses se fera de préférence d'une manière maillée, plutôt qu'en étoile, surtout si les câbles d'interconnexion sont longs.

7.3 Schéma de liaison à la terre

7.3.1 Circuit continu DC

Bien que sur le plan fonctionnel, plusieurs schémas de liaison à la terre soient envisageables, on retiendra côté continu un potentiel flottant (pratique européenne), c'est à dire aucune polarité DC ne sera reliée à la terre. En cas d'utilisation de protections contre les surcharges, il y a lieu de protéger les 2 polarités.

7.3.2 Circuit alternatif AC

À la différence des onduleurs autonomes, aucune polarité de sortie de l'onduleur ne doit être reliée à la terre dans la mesure où le schéma de liaison à la terre côté alternatif est imposé par le réseau de distribution (généralement régime TT).

7.4 Parafoudres

7.4.1 Emplacement

Afin de protéger les équipements (modules photovoltaïques et onduleurs) contre les coups de foudre indirects, des parafoudres (type varistances à oxyde de zinc seules ou associés avec un éclateur à gaz) doivent être installés de part et d'autre des différentes liaisons.

Si le câble de liaison n'excède pas 30 m, l'installation de parafoudres au niveau du champ photovoltaïque n'est pas indispensable.

D'une manière générale, tous les câbles entrant et sortant du bâtiment (puissance, données, téléphone) doivent bénéficier d'une protection contre les surtensions référencée à la masse locale.

Bien qu'une liaison souterraine soit moins exposée aux surtensions induites qu'une liaison aérienne, une protection par parafoudre reste nécessaire.

7.4.2 Choix du parafoudre sur circuit courant continu (liaison champ photovoltaïque)

Un parafoudre multipolaire s'impose compte tenu du potentiel flottant.

Les caractéristiques du parafoudre sont déterminées par les critères suivants :

- U_n : la tension doit être choisie de telle sorte que la varistance ne conduise pas en tension de circuit ouvert des modules. En pratique, on retiendra $U_n = 1,2 V_{co}$.
- U_p : Niveau de protection en kV selon la tenue aux chocs des équipements à protéger au I_n déclaré
- I_n : en kA en onde (8/20 μs)

Plutôt que de prendre des varistances à oxyde de zinc seules, on choisira impérativement des parafoudres avec signalisation et déconnexion thermique intégrée pour éviter tout risque de court-circuit en cas de vieillissement.

7.4.3 Choix du parafoudre sur circuit courant alternatif

Le type de parafoudre (unipolaire ou multipolaire) est fonction du schéma de liaison à la terre.

Pour un site photovoltaïque raccordé au réseau, le schéma de neutre est généralement de type TT.

Pour faire le bon choix des parafoudres correspondants, on se reportera utilement aux indications du guide UTE C 15-443 et à la norme NFEN61643-11 pour déterminer les parafoudres appropriés aux installations électriques basse tension.

8 PRECAUTIONS DE CABLAGE

Tous les câbles, mécanismes, fixations et assemblages électriques seront installés en application des normes NF, CEI et autres règles appropriées.

L'ensemble des câbles de liaison utilisés en extérieur ou à l'intérieur du bâtiment répondra aux normes en vigueur (isolement, résistance aux ultraviolets, résistance mécanique, etc.), de même que les conduits utilisés pour le cheminement des câbles.

Les câblages extérieurs seront réalisés en câbles résistants aux influences externes pour le site concerné :

- AA 7 : Extérieur abrité – 25° à +55° C
- AB 8 : Conditions climatiques
- AC 1 : altitude < 2000 mètres
- AD 4 : Projection d'eau
- AE 1 : Présence de corps solides étrangers
- AF 2 : Substances corrosives ou polluantes atmosphériques
- AG 2 : Chocs mécaniques
- AH 1 : Vibrations
- AL 1 : Présence de faune
- AN 3 : Rayonnements solaires importants
- AP : Effets sismiques suivant la région concernée
- AQ 2 : Niveau kéraunique = 35
- AR 1 : Mouvement de l'air
- AS 1 : Vent faible

- Sans halogènes

Dès lors qu'une probabilité de sectionnement ou de dommages aux câbles apparaît, des câbles ou des conduits renforcés seront employés.

Les fils électriques respecteront le code normalisé des couleurs (en courant continu le fil bleu sera la polarité négative ; en courant alternatif phase : rouge/marron/noir, neutre : bleu, PE : vert-jaune)

Les connexions électriques seront réalisées de manière à éviter tout faux contact et tout risque de déconnexion par suite par exemple, de traction exercée sur les câbles électriques.

8.1 Dispositions de câblage

Pour limiter les surtensions dues à la foudre, les conducteurs de polarité positive et négative des modules photovoltaïques doivent être jointifs avec la liaison équipotentielle.

En conséquence, on veillera à ce que les câbles de liaison entre le champ photovoltaïque et les équipements électriques soient plaqués sur toute leur longueur contre le câble de masse. Une protection complémentaire, type blindage permet d'augmenter le degré de protection. Ce blindage peut être réalisé en utilisant des goulottes métalliques raccordées à la masse côté capteurs et côté bâtiment.

8.2 Cheminement des câbles

Le cheminement des câbles électriques ainsi que leur fixation et celle des autres éléments comme par exemple les boîtes de jonction seront réalisées de manière à s'intégrer, au mieux, aux bâtiments concernés, tout en cherchant à réduire les longueurs.

Les câbles doivent être fixés correctement, en particulier ceux exposés au vent. Les câbles doivent cheminer dans des zones préalablement définies ou à l'intérieur de protections mécaniques. Ils doivent aussi être protégés des bords anguleux.

Une protection mécanique renforcée est exigée pour les câbles électriques (classe II) cheminant à l'intérieur du bâtiment entre les modules photovoltaïques et les onduleurs. Cela concerne le cheminement des câbles depuis les points de pénétration dans le bâtiment vers les onduleurs. La protection mécanique renforcée interdira l'accès à ces câbles sous tension DC : câbles cheminant sous fourreaux fermés et non démontable de type gaines « PVC pression » collées.

Des étiquettes (type dilophane ou équivalent) seront apposées tous les 1m sur ces fourreaux avec mention « attention, installation photovoltaïque, câbles actifs sous tension durant la journée ».

Le cheminement devra être tel que la longueur soit la plus faible possible entre le champ photovoltaïque et l'onduleur. Les câbles (+) et (-) ainsi que la liaison équipotentielle devront être jointifs pour éviter des boucles de câblage préjudiciable en cas de surtensions dues à la foudre.

8.3 Connexions

Pour des raisons de fiabilité de la connexion dans le temps, le nombre de connexions sur les liaisons DC sera réduit au minimum et celles-ci devront être réalisées par des connecteurs débrochables ou boîte de jonction adaptés.

8.4 Câblage des protections AC

Au niveau du câblage des protections AC, le réseau sera considéré comme la source et le générateur photovoltaïque comme la charge (réseau sur les bornes amont du disjoncteur).

8.5 Canalisations et mode de pose

Les chemins de câbles recevant les courants forts seront de type fils soudés pour la dissipation thermique et ceux pour les courants faibles seront de type tôles perforées pour des contraintes de Compatibilité Electromagnétique.

Il sera veillé à l'indépendance des cheminements courants forts et courants faibles :

- Une distance minimum de 30 cm sera respectée entre courants forts et courants faibles (concernant les circuits de commandes, signal télévisuel, informatique et téléphonie).
- Une distance minimum de 50 cm sera respectée entre courants forts et courants faibles (concernant les courants faibles des circuits de sécurité).

Il sera également veillé à l'indépendance des cheminements courants continus et courants alternatifs.

Les chemins de câbles seront dimensionnés de telle façon que les câbles soient installés en 1 seule couche et qu'après installation la réserve soit au minimum de 30 %. L'installation des chemins de câbles (et tout particulièrement les fixations et leurs entraxes) sera réalisée suivant les préconisations du constructeur et conformément à la norme NF EN 61537 qui définit les charges pratiques de sécurité.

Les chemins de câbles seront raccordés entre eux et à leurs extrémités aux tableaux électriques.

Lorsque deux ou trois câbles auront un parcours commun, ceux-ci seront fixés individuellement. En aucun cas, les fixations de câbles en faisceaux ou torons ne pourront être acceptées. Les câbles des courants forts seront alors fixés par des colliers genre COLSON.

D'une manière générale, il sera prévu pour leurs fixations :

- Une attache tous les 2,00 m pour les parcours horizontaux à plat
- Une attache tous les 1,00 m pour les parcours verticaux
- Une attache tous les 0,30 m pour les parcours horizontaux sur chant
- Une attache de part et d'autre des dérivations ou changements de direction

Les plafonds et les murs coupe-feu traversés par des conduits d'électricité ou des câbles électriques devront être rendus de même degré coupe feu, ceci étant à la charge de l'entreprise titulaire du présent lot. Par conséquent les rebouchages seront réalisés avec des matériaux permettant de restituer le degré coupe feu de la paroi traversée. Aucune pose d'appareillage en encastré dans les cloisons coupe feu 2 heures ne sera acceptée.

8.5.1 Canalisations courant fort

Les câbles entre les coffrets électriques, les appareillages et appareils électriques seront posés de la façon suivante :

- Sur des chemins de câbles type fil soudé.
- Sous large goulotte technique pour plusieurs câbles à l'arrivée et/ou au départ des tableaux électriques.
- Sous conduits de type ICTA en distribution terminale pour 1 câble dans les cloisons.
- Sous conduits de type ICTA en chape de ravaillage, encastrés en agglomérés ou en murs bétons.
- Sous conduits de type IRL en distribution terminale dans les locaux techniques.
- Sous conduits TPC N pour les passages en enterrés.
- Sous conduits PVC non propagateur de la flamme M1 pour les passages de grand diamètre ou en traversée de dalle.

8.5.2 Canalisation courant faible

Les câbles entre les coffrets électriques, les appareillages et appareils électriques seront posés de la façon suivante :

- Sur des chemins de câbles type tôle perforée.
- Sous large goulotte technique pour plusieurs câbles.
- Sous conduits de type ICTA en distribution terminale pour 1 câble dans les cloisons ou derrière les doublages.
- Sous conduits de type ICTA en chape de ravaillage, encastrés en agglomérés ou en murs bétons.
- Sous conduits de type IRL en distribution terminale dans les locaux techniques.
- Sous conduits TPC N pour les passages en enterrés.
- Sous conduits PVC non propagateur de la flamme M1 pour les passages de grand diamètre ou en traversée de dalle.

Lorsque des câbles de communication et des câbles de puissance sont disposés dans un même chemin de câbles, ils seront séparés par une cornière.

9 COFFRET DE PROTECTION-COMPTAGE

Sur la partie privative de l'installation, l'interface entre l'installation de production photovoltaïque et le réseau de distribution sera constituée d'un tableau général Basse tension dédié au générateur photovoltaïque (TGBT PV)

Les composants assurant le contrôle de l'énergie courant alternatif seront regroupés dans un coffret (TGBT PV) étanche minimum IP55 fermant à clé et comprenant :

- sectionnement individualisé des sources AC par disjoncteurs ou interrupteur - sectionneurs,
- protection contre les surintensités par disjoncteurs,
- protection contre les surtensions transitoires, en particulier celles dues aux effets de la foudre,
- dispositif de coupure générale par disjoncteur pouvant être consigné par cadenas, avec déclenchement sur ordre de coupure à distance depuis TGBT desservant le bâtiment
- un compteur d'énergie AC permettant de visualiser l'énergie injectée sur le réseau

Les dispositifs de protection foudre « courant alternatif » en aval de l'onduleur (côté réseau) seront regroupés dans le TGBT PV.

10 **SIGNALISATION**

Pour des raisons de sécurité à l'attention des différents intervenants (chargés de maintenance, contrôleur, exploitants du réseau, services de secours) il est impératif de signaler le danger lié à la présence de 2 sources de tension (photovoltaïque et réseau électrique) sur le site.

Pour cela, il est demandé la pose de signalisation indiquant la nature du danger à proximité des différents équipements :

- Étiquette « Attention : présence de 2 sources de tension Réseau et Photovoltaïque – Isoler les 2 sources avant toute intervention » à proximité :
 - du disjoncteur de branchement d'injection
 - du disjoncteur de soutirage du bâtiment concerné si celui-ci est implanté en un lieu différent
 - des onduleurs
- Étiquette « ne pas ouvrir en charge » ou « ne pas déconnecter en charge » à proximité des différents équipements concernés : sectionneurs, connecteurs.
- Étiquette « attention, conducteurs actifs sous tension durant la journée » à proximité des différents équipements concernés : boîte de jonction, sectionneur DC, liaison principale DC...
- Documents sous plastique (schéma électrique et schéma d'implantation des composants du générateur photovoltaïque avec coordonnées de l'exploitant) à proximité du disjoncteur de branchement de soutirage.

11 **ACQUISITION DE DONNEES ET COMMUNICATION**

11.1 **Acquisition de données (coffret central de mesures)**

Afin de disposer d'un retour d'expérience vis à vis des performances du système, le générateur photovoltaïque sera équipé d'un système de supervision des données de production.

Les données mesurées seront notamment :

- L'irradiation sur la surface inclinée
- La température ambiante
- La température d'un module de référence
- La puissance du réseau
- La puissance transmise au réseau pour chaque onduleur
- La valeur du courant DC pour chaque onduleur
- La tension DC pour chaque onduleur
- La valeur du courant AC pour chaque onduleur
- La tension AC pour chaque onduleur

Le soumissionnaire mettra en œuvre le datalogger et les instruments de mesures nécessaires.

Les mesures devront être réalisées par période de 15 minutes maxi. Une moyenne sera calculée toutes les heures et toutes les valeurs horaires devront être disponibles pour un mois complet. La capacité de stockage du dispositif d'acquisition sera au minimum d'un an.

12 **RACCORDEMENT AU RESEAU DE DISTRIBUTION**

La limite des prestations demandée au présent lot est de prévoir une liaison entre l'installation photovoltaïque, en aval du TGBT PV, vers le point de raccordement au réseau nommé « Point de Livraison » ou PDL.

Le gestionnaire du réseau de distribution (ERDF ou sous-traitant) assurera la fourniture, la pose et la mise en service d'un point de livraison (aux frais du maître d'ouvrage) avec comptage adapté au mode d'injection de l'électricité photovoltaïque sur le réseau.

Le titulaire du présent lot devra établir les documents relatifs à la demande d'instruction pour le raccordement au réseau auprès d'ERDF.

13 EMPLACEMENT DES EQUIPEMENTS

L'emplacement des équipements (boîte de jonction, onduleur(s), coffrets de protections et comptage,...) sera choisi en fonction des critères suivants :

- Distance la plus courte possible entre les différents sous-ensembles (champ photovoltaïque, onduleur(s), réseau,...)
- Non accessibilité aux personnes non habilitées (grand public, enfants,...)
- Accessibilité aisée pour la maintenance
- Montage sur une paroi suffisamment solide pour supporter le poids des équipements
- Montage sur murs éloignés d'un bureau ou pièce d'habitation en cas de nuisance sonore potentielle des onduleurs (ronronnement de transformateur interne ou de ventilation)
- Montage en extérieur possible si le degré de protection des équipements est suffisant en privilégiant les zones protégées de la pluie, du rayonnement solaire direct et de la poussière (voir recommandations constructeur)
- Montage du ou des onduleur(s) à l'intérieur d'un local suffisamment tempéré, ventilé et étanche au ruissellement si non conçu(s) pour un usage en extérieur (avec une distance minimale de 20 cm entre chaque onduleur)

Nom de l'entrepreneur :

Fait à

Le

Cachet et signature