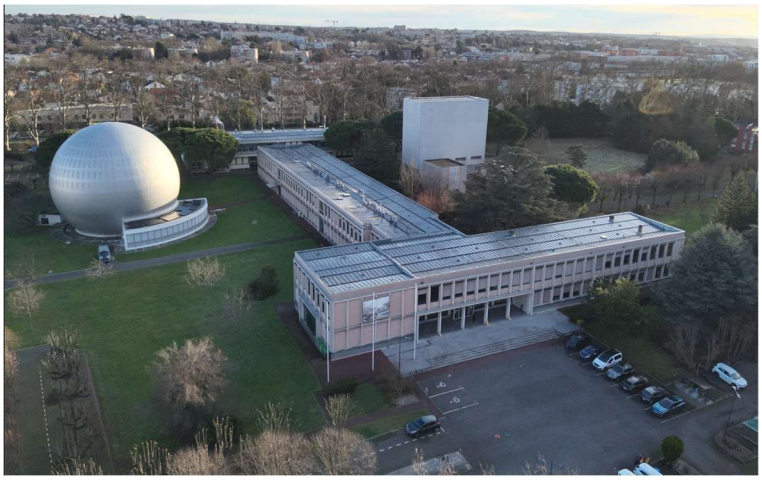
CNRS CEMES

Réfection de la couverture zinc du bâtiment Principal
Isolation combles
Installation générateur photovoltaïque

C - PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES CALCULS & LA DEFINITION DES INSTALLATIONS

DCE – CCTP lot 04 – Electricité Photovoltaïque



Août 2026

CYRIUS INGENIERIE

1 Table des matières

A - PRESCRIPTIONS SPECIALES 4
1.1 - OBJET DU PRESENT CCTP 4
1.2 - ETENDUE DES PRESTATIONS A REALISER 4
1.3 - LISTE DES PLANS 4
1.4 - PHASAGE 5
1.5 - PLANNING 5
1.6 - INSTRUCTIONS GENERALES 5
1.7 - PIECES ET DOCUMENTS REMIS A L'ENTREPRISE 6
1.8 - PIECES ET DOCUMENTS A REMETTRE PAR L'ENTREPRISE 6
1.9 - LIAISONS AVEC LES AUTRES CORPS D'ETAT- LIMITE DE PRESTATIONS 7
B - CLAUSES TECHNIQUES GENERALES 9
2.1 - NORMES ET REGLEMENTS GENERAUX 9
2.2 - NORMES ET TEXTES RELATIFS A LA COUVERTURE ET A L'ETANCHEITE 9
2.3 - NORMES ET TEXTES RELATIFS AUX INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES 10
2.4 - CONTROLE DES INSTALLATIONS 11
2.5 - RECEPTION 11
2.6 - GARANTIES 12
C - PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES CALCULS & LA DEFINITION DES INSTALLATIONS 13
3.1 - MODULES PHOTOVOLTAÏQUES 14
3.2 - DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS DC 14
3.3 - CABLAGE ET PROTECTION DC 15
3.4 - ONDULEURS 17
3.5 - CABLAGE AC 18
3.6 - ALIMENTATION DES AUXILIAIRES 19
3.7 - MISE A LA TERRE ET PROTECTION FOUDRE 19
3.8 - PRECAUTIONS DE CABLAGE 22
3.9 - COFFRET DE PROTECTION-COMPTAGE 24
3.10 - SIGNALISATION 25
3.11 - RACCORDEMENT AU RESEAU DE DISTRIBUTION 25
3.12 - EMPLACEMENT DES EQUIPEMENTS 25
0. PREAMBULE 27
a. Définition de l'installation photovoltaïque 27
b. Définition des installation Courants forts et du point de raccordement : 28
c. Puissance des installations de production d'énergies 29
d. Coupure d'urgence : 29
e. Dispositif de découplage 29
f. Définition des installations Courants faibles : 29
1. TRAVAUX DIVERS 29
1.1. Dossier de plans d'exécution - Plans de chantier – Synthèse 29
1.2. Dossier des ouvrages exécutés 30
1.3. Percements, réservations, rebouchages 31
1.4. Identification des installations électriques 31
1.5. Consuel 32
1.6. Grutage 32
1.7. Repérage des câbles 32
1.8. Dépose antenne et dévoiement avant travaux 33
2. ALIMENTATION PRINCIPALE PRODUCTION 33
2.1. TGBT PHOTOVOLTAIQUE 33
3. ARMOIRES ELECTRIQUES 34
3.1. Coffret DC 34

3.2. Coffret AC 34
4. STRUCTURE METALLIQUE 35
5. COUPURES D'URGENCE 36
5.1. Coffret bris de glace - coup de poing 36
6. CANALISATIONS 36
6.1. Canalisations principales TGBT PHOTOVOLTAIQUE / COFFRETS AC : 36
6.2. Canalisations principales ONDULEUR / COFFRETS AC : 37
6.3. Liaisons DC modules-modules 37
6.4. Liaisons DC modules – onduleurs 38
7. LIAISONS EQUIPOTENTIELLES 38
8. CHEMINS DE CABLES 39
9. MODULES PHOTOVOLTAIQUES 39
10. SYSTEME DE SUPPORT SUR TOITURE ZINC 40
11. ONDULEURS 42
12. COMPTEUR D'ENERGIE 43
13. MISE EN SERVICE 44
14. SIGNALETIQUE 44

A - PRESCRIPTIONS SPECIALES

1.1 - OBJET DU PRESENT CCTP

Le présent CCTP a pour objet de définir les travaux du lot n°04 ELECTRICITE PHOTOVOLTAIQUE dans le cadre des travaux de rénovation des toitures du bâtiment Principal et du bâtiment Atelier du site CNRS CEMES, quartier SAOUZELONG à Toulouse.

L'entreprise répondant au présent lot, devra impérativement proposer un système d'intégration photovoltaïque bénéficiant d'un avis technique valide (ATEC, ATEX ou ETN) à la date de réception de l'ouvrage.
Avant remise de son offre, l'entreprise devra se rendre sur site dans le but de se rendre compte des travaux à effectuer.

1.2 - ETENDUE DES PRESTATIONS A REALISER

Les travaux prévus sont :

- Travaux divers (plans d'exécution, plans de chantiers, plans de réservations, DOE, percements, identification des installations, CONSUEL, …)
- Travaux préalables de mise en sécurité avant intervention,
- La mise en œuvre d'un TGBT PHOTOVOLTAIQUE,
- La fourniture et pose de modules photovoltaïques,
- La fourniture et pose du système de pose avec avis technique pour toiture type bac zinc à joint debout,
- Les chemins de câbles capotés en toiture et dans les bâtiments pour la distribution DC et AC, - Les liaisons électriques DC et AC,
- Les coffrets DC,
- Les coffrets AC,
- Les onduleurs,
- Les liaisons équipotentielles et mise à la terre des masses,
- Le système de supervision,

1.3 - LISTE DES PLANS

Dans les pièces du dossier de consultation figure la liste de tous les plans nécessaires à l'exécution du programme.

L'entreprise devra prendre connaissance de l'ensemble des pièces du dossier, et notamment celle traitant spécifiquement de ce lot :

- 25-028.100 – Installation de production photovoltaïques - Implantation en toiture / BASE (Champ PV n°A1)
- 25-028.101 – Installation de production photovoltaïques - Implantation en toiture / TRANCHE OPTIONNELLE N°1 (Champ PV n°B1)
- 25-028.102 – Installation de production photovoltaïques - Implantation en toiture / TRANCHE OPTIONNELLE N°2 (Champ PV n°C)
- 25-028.103 – Installation de production photovoltaïques - Implantation en toiture / TRANCHE OPTIONNELLE N°3 (Champ PV n°A2 et B2)

- 25-028.110 - Installation de production photovoltaïques – Principes de cheminement des câbles en courant alternatif
- 25-028.120 - PLAN TGBT / POSTE BATIMENT ATELIER - ETAT DES LIEUX & PROJET
- 25-028.130 - SCHEMA TGBT / POSTE « ATELIER » - ETAT DES LIEUX & PROJET

1.4 - PHASAGE

La conception et réalisation de l'installation photovoltaïque devra prendre en compte les contraintes de phasage d'exécution des travaux définit ci-dessous. Les prestations de ce lot seront bien entendues liés aux travaux de rénovation des toitures, et donc indissociables des autres lots.

Le projet comprend une tranche ferme et 3 tranches optionnelles indépendantes intéressant les lots selon le phasage du calendrier. L'entreprise doit considérer autant d'amené / repli de son matériel.
L'ensemble des postes, y compris l'installation de chantier, s'entend à répéter pour chacune des tranches.
La tranche ferme est certaine, tandis que la tranche optionnelle n'est exécutée que si l'acheteur l'e maitre d'ouvrage l'affermit selon les conditions prévues au marché.

- Tranche ferme : bâtiment laboratoire Nord - TCE
- TO1 : bâtiment laboratoire SUD - TCE
- TO2 : bâtiment accueil – TCE – hors étanchéité
- TO3 : bâtiment laboratoire versant EST – lot Photovoltaïque

Les prestations du présent lot sont définies suivant les plans numéro 100 à numéro 103. Les travaux photovoltaïques n'étant pas toujours en parfaite corrélation d'emprise par rapport aux travaux de rénovation des toitures

1.5 - PLANNING

Le planning de l'opération est transmis au présent dossier par tranche de travaux. Le maitre d'ouvrage précisant dans les pièces administratives du marché les délais de notification des tranches optionnelles.

1.6 - INSTRUCTIONS GENERALES

Programme d'équipement :
La conception, les principes de mise en œuvre et de fonctionnement des installations sont indiqués sur les plans du présent lot et sont décrits dans le présent CCTP. Les documents se complètent mutuellement et sont à considérer dans leur intégralité.

Chaque indication, description ou directive figurant sur l'un de ces documents, s'applique à toutes fournitures et tous travaux correspondants et doit être observée au cours de l'exécution.

Toutes dérogations aux stipulations du présent CCTP ne peuvent être apportées, que par ordre signé de la Maîtrise d'œuvre, après avis de la Maitrise d'ouvrage.

Fournitures :
Toutes les fournitures seront neuves, de fabrications récentes, de première qualité, exemptes de toute altération (oxydation ou autre).
Toutes les protections nécessaires (en particulier contre les chocs, intempéries, vols, ...) devront être mises en œuvre au cours des travaux pour assurer le maintien en bon état des fournitures, et ce, jusqu'à la réception.

Lorsque le Nom du Fabricant, la Marque et la Référence du Modèle (ou une seule de ces désignations) sont indiqués dans les documents écrits ou sur les plans, ils déterminent le niveau de qualité des matériels ou des éléments prévus.
L'entrepreneur pourra soumettre à l'approbation (du BET) un matériel de type, qualité, performance et emploi équivalent au modèle indiqué.

Les indications de marque, origine, provenance, labels faites dans tous les CCTP et DPGF sont données comme référence de qualité, le descriptif détaillé de ces produits étant impossible. Toutes les appellations s'entendent « ou équivalent » au sens du décret n°93.1235 du 15.11.93. Il appartient à l'entrepreneur de démontrer cette équivalence pour les produits qu'il propose et au Maître d'œuvre d'en apprécier la conformité.

L'entrepreneur reste entièrement responsable de tous les organes et accessoires, travaux et modifications nécessaires au bon fonctionnement des installations.

Reconnaissance du site des travaux :
L'entreprise est censée s'être rendue sur place pour prendre connaissance des lieux et de l'environnement afin d'analyser avec précision les problèmes d'accessibilité sur le chantier et de mise en œuvre des installations sur les parties concernées.
Il ne sera accordé aucun supplément engendré par une mauvaise connaissance des lieux.
Elle devra notamment appréhender les travaux à effectuer dans les bâtiments et sur les équipements existants.

1.7 - PIECES ET DOCUMENTS REMIS A L'ENTREPRISE

Liste des pièces et documents remis à l'entreprise conformément au RC.

1.8 - PIECES ET DOCUMENTS A REMETTRE PAR L'ENTREPRISE

L'entreprise devra fournir obligatoirement :
Avant exécution :
Lors de la période de préparation de chantier et avant toute exécution ou toute commande de matériel, l'entreprise soumettra à l'approbation des Maîtres d'œuvre :

- Les échantillons de matériel et de mise en œuvre,
- Les procès-verbaux d'essais de matériels,
- Les plans d'exécution,
- Les notes de calculs,
- Les plans de chantier et les plans de préfabrication, compris calculs correspondants.

En fin de travaux :
L'entreprise devra :

- Le dossier des ouvrages exécutés (DOE), comprenant :

Pièces écrites

- Spécificités techniques o Les spécifications techniques détaillées (STD), Certificat de conformité et d'homologation établis par des organismes agréés (PV de réaction et de stabilité au feu, PV de procédure ATEX, etc.)
- Fiches techniques o Les fiches techniques des équipements, fiches produits, …
- Notes de calcul o Les notes de calculs, …
- Procès-Verbaux et Autocontrôles
  o Les PV de réception chez le fournisseur, PV d'essais, PV de réception sur le site, PV de fonctionnement, procès-verbaux émanent d'Organisme spécialisés, essai AQC,…, PV de mise en service, attestations d'autocontrôle et de parfait fonctionnement,
- Documents administratifs o Les documents de chantier : Rapports bureaux de contrôle, …
- Assurances o Les attestations d'assurances valables à la date de réception de l'ouvrage.

Pièces graphiques

- Les plans complets rendus conformes à l'exécution précisant, en particulier, l'ensemble des matériaux de construction, les marques et types de tous les équipements et matériels installés avec la position exacte de tous les organes susceptibles d'être manœuvrés en cours d'exploitation.
- Les schémas et synoptiques.

Il est attendu 1 exemplaire papier + informatique + format DWG/DWF ou équivalent.

- Dossier de maintenance :

L'entreprise fournira des Dossiers de maintenance à la réception du chantier. Ceux-ci comprendront :

- Une liste récapitulative de tous les équipements à entretenir avec leurs dates de fabrication, leurs principales caractéristiques techniques, l'adresse du constructeur, les types et références des équipements et les coordonnées du SAV de l'entreprise ayant à intervenir pendant l'année de garantie,
- Les notices d'exploitation et les fiches techniques des équipements à entretenir,
- Les schémas de fonctionnements,
- La description des réglages lors de la dernière mise au point,
- Un planning d'entretien périodique,
- Un carnet d'entretien vierge incluant les dépannages, les remplacements, les ajouts ou modifications, les mesures ou autres constatations, les visites de contrôles, les modifications de réglages, etc.

Il est attendu 1 exemplaire papier + informatique + format DWG/DWF ou équivalent.

1.9 - LIAISONS AVEC LES AUTRES CORPS D'ETAT- LIMITE DE PRESTATIONS

Liaisons avec les autres corps d'état :

Lors de l'établissement de son offre financière, l'entreprise devra prendre connaissance des dossiers techniques des autres corps d'état, afin d'évaluer les incidences éventuelles de ces lots sur les prestations du présent lot et de l'inclure dans son offre.

Limites de prestations :

L'entreprise devra toutes les prestations nécessaires au bon fonctionnement des installations, à l'exception de celles citées ci-dessous :

Avec le lot Charpente couverture isolation qui devra :

- La prise en compte des charges sur transmission par le présent lot des descentes de charges (panneaux PV + système support),
- Les crosses de sorties toitures,
- Les éventuels renforts pour la pose des équipements techniques sur toiture

Le présent lot devra :

- La fourniture des plans d'implantations des équipements et des sorties toitures,
- La fourniture du dossier technique et du dossier de mise en œuvre des supports de panneaux en toitures,
- La synthèse de l'ensemble des ouvrages et équipements en toiture pour valider ses implantions,
- Le plan de calepinage des panneaux,
- Le plan de calepinage des supports de panneaux,
- Le plan de calepinage des supports de chemins de câbles,
- La réception des supports avant pose des panneaux,
- L'étanchéité à l'eau et à l'air après passage des câbles à travers les crosses de sorties toitures,

B - CLAUSES TECHNIQUES GENERALES

2.1 - NORMES ET REGLEMENTS GENERAUX

Il sera fait appel pour l'exécution du présent lot aux documents techniques ci-après, étant entendu que les listes données ci-dessous, ne sont pas limitatives, et que les documents de références sont dans tous les cas, ceux existants (dernières éditions parues, d'établissement du présent dossier).

Rappel de normes, règlements et documents applicables :

- 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 ;

Autres documents à respecter :

- Prescriptions, lois, décrets, arrêtés, règlements et normes complétant ou modifiant les documents précédents et se trouvant en vigueur à la date de l'offre.
- Les règles de l'Art et les règles professionnelles édictées par les chambres syndicales
- Les prescriptions d'installations établies par les fabricants de matériels
- Les recommandations et observations formulées par les commissions de sécurité et les organismes de contrôle.
- Les règles émises par les assemblées plénières d'assurances

2.2 - NORMES ET TEXTES RELATIFS A LA COUVERTURE ET A L'ETANCHEITE

Sont applicables aux travaux de couverture et d'étanchéité tous les règlements, normes, avis techniques etc. en vigueur à la date de la remise de l'offre acceptée et plus particulièrement :

Les documents techniques unifiés :

- DTU n°43 Etanchéité des toitures terrasses et des toitures inclinées,
- DTU n°43-1 Travaux d'électricité
- DTU n°43-3 Toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.
- Avis techniques en vigueur des systèmes d'étanchéité et d'isolation thermique des fabricants concernés ;

- L'ensemble des normes régissant les produits mis en œuvre sur le chantier ; - L'ensemble des textes législatifs et réglementaires.

Les normes françaises :

- NF DTU 43.3 P1-1 P1-2 Etanchéité
- NFP85-570 joints
- NFA 36-321 Tôles d'acier galvanisées en continu avec charge de rupture maximale imposée, pour pliage, profilage et emboutissage,
- NFP 34-301 à 503 : Tôles d'acier galvanisées pré laquées en continu,
- NFS61-931 à 939 : Désenfumage

2.3 - 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,
- FD C18 531 : carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité,
- 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,
-
-
- 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),
- Les recommandations contenues dans l'instruction technique relative aux installations photovoltaïques (avis de la CCS du 7 février 2013)

2.4 - CONTROLE DES INSTALLATIONS

Contrôles à effectuer par l'entreprise :
L'entreprise doit l'ensemble des essais nécessaires au contrôle de la conformité au CCTP, aux règlements en vigueur et au bon fonctionnement de ses installations.
Avant réception de ses ouvrages, il sera procédé par l'entreprise et sous sa responsabilité, aux essais suivants (liste non limitative) concernant l'ensemble du matériel mis en œuvre :

- Mesures d'isolement des différents circuits
- Mesures de chutes de tension à pleine charge
- Vérification de l'équilibrage des phases
- Mesures de résistance de terre
- Continuité des circuits
- Etalonnage des appareils de mesure
- Contrôle des organes de protection des différents circuits

L'entreprise établira un Procès-verbal des résultats détaillés des mesures et réglages effectués ainsi que les documents COPREC dûment remplis.

Le Procès-verbal sera remis en version papier et electronique : avant la réception des travaux. Tous les frais afférents à ces travaux seront inclus dans le prix de la soumission de l'entreprise.

Contrôle de conformité aux normes par un organisme agréé :
Il sera demandé par le Titulaire du présent lot, un certificat de conformité établi par un organisme agréé attestant que les installations électriques sont conformes aux règlements en vigueur (CONSUEL).

Ce certificat est exigible pour la délivrance des attestations de conformité. Le Titulaire du présent lot assistera à cette visite de conformité.

Qualités et origines des prestations :
L'entreprise a l'obligation de présenter un échantillonnage complet des matériaux utilisés pour le matériel spécifique, l'entreprise fournira pour chaque appareil, une documentation complète accompagnée des caractéristiques techniques et des procès-verbaux d'essais en usine.

L'emploi de matériaux, procédés, éléments ou équipements non traditionnels sera subordonné à l'avis technique du CSTB.

2.5 - RECEPTION

Contrôle de l'aspect des installations :

A la réception de fin de travaux il sera procédé à une inspection de la pose des appareillages, canalisations électriques, etc.
Les fournitures manquantes devront être mises en place, les fournitures reconnues insuffisantes ou défectueuses seront remplacées, et les défauts de montage rectifiés, sous quinzaine, à compter de leur constatation écrite.

Si pour une raison quelconque, après constatation il était décidé de conserver les fournitures ou dispositions non conformes au CCTP, il serait fait une réfaction sur le prix du marché.

Documents contractuels à fournir à la réception :
* Les contrôles demandés au chapitre 2.2 ci-dessus
* Les attestations de conformité

Conditions d'obtention des levées de réserves :

Au jour fixé par le Maître d'ouvrage, il sera procédé par l'entrepreneur à la vérification générale des résultats des différents essais de toutes les installations.

Après cette visite, l'entreprise fournira une série de plans guides, une série de plans d'exécution et les notices de fonctionnement et d'entretien qui seront soumis à l'approbation du Bureau d'études avant fourniture d'un jeu complet (y compris corrections) sous forme de contre-calque au Maître de l'ouvrage.
La réception aura lieu officiellement un mois après la période de fonctionnement dans les conditions normales d'exploitation des bâtiments.

Cette période débutera à partir d'un constat officialisé par un procès-verbal, précisant que les résultats des essais sont satisfaisants.
L'entreprise devra, pendant cette période effectuer les réglages et afficher le schéma de principe complet qui sera posé sous cadre plastifié. Un technicien hautement qualifié, aidé de plusieurs ouvriers spécialisés, ayant participé à l'étude et à l'exécution du projet assureront pendant cette période la formation du personnel d'exploitation propre au Maître de l'ouvrage.

2.6 - GARANTIES

L'approbation des documents de l'entreprise, ainsi que les réceptions ne diminuent en rien les responsabilités de l'entreprise.

Les garanties portent sur :

- L'ensemble des fournitures et travaux.
- Le fonctionnement des installations et leur conservation.

Les garanties impliquent :

- Le remplacement ou la réparation des matériels.
- Les études nouvelles s'il y a lieu.
- La main d'œuvre nécessaire.
- Les frais annexes pouvant découler de ces interventions au titre de garanties.

Les délais des interventions ou garanties ne devront pas excéder 24 heures en cas d'arrêt de parties des installations, ou en cas de dysfonctionnement empêchant l'utilisation normale des locaux.

L'entreprise demeure seule responsable des dommages ou accidents causés à des Tiers au cours ou après l'exécution des travaux et résultant de son propre fait ou de celui du personnel mis à sa disposition, elle devra prouver que son assurance peut couvrir ces risques.

L'entreprise s'engage en ce qui la concerne, et en ce qui concerne ses sous-traitants et fournisseurs, être en possession des licences nécessaires pour les systèmes procédés ou objets employés, garantissant le Maître de l'ouvrage contre tout recours, qui pourrait être exercé à ce sujet par des Tiers.

Garantie de parfaite réalisation :
L'installateur garantit d'une façon formelle, la parfaite réalisation des travaux faisant l'objet des spécifications techniques, suivant les Règles de l'Art et compte tenu des règlements et décrets en vigueur.

Il sera tenu d'apporter à son installation, toutes les modifications qui seraient exigées par les représentants du Maître d'ouvrage. Les frais résultants de ces modifications seront à sa charge.

Garantie de fonctionnement :
L'installateur garantit les conditions de bon fonctionnement du matériel qu'il aura à fournir et à installer, compte tenu des conditions physiques et climatiques du lieu et cela pendant deux ans à dater de la mise en service.

Garantie du matériel :

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

Chaque pièce remplacée ou modifiée pendant la période de garantie sera attribuée d'un délai supplémentaire de six mois.

Cette garantie ne s'applique pas aux conséquences de l'usure normale, ni à celles qui pourraient résulter de la mauvaise utilisation des appareils ou de non observation des instructions.

L'entreprise sera notamment totalement responsable des incidents ou dégradations qui pourraient se produire du fait de la non fourniture en temps utile des documents d'exploitation ou du fait d'erreurs contenues dans ces documents. Elle restera responsable de tous les accidents matériels ou corporels qui pourraient résulter de la fabrication ou de l'installation du matériel, ainsi que des dommages et intérêts qui pourraient en résulter.

L'entreprise a la responsabilité de la conservation de ses approvisionnements (en usine, en atelier ou sur le chantier) et de ses travaux. Elle garde cette responsabilité jusqu'à la réception.

Cette responsabilité n'est en rien diminuée par le fait que ses approvisionnements ou travaux cessent d'être sa propriété au fur et à mesure qu'elle les fait figurer sur les demandes d'acomptes. Cette charge lui incombe, quelle que soit la cause des dégâts.

C - PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES CALCULS & LA DEFINITION DES INSTALLATIONS

3.1 - MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les modules avec leurs cellules photovoltaïques devront résister aux conditions ambiantes climatiques décrites ci-après :

- Température : - 40° à + 90°C
- Humidité relative : jusqu'à 100%
- Vitesse du vent et charge de neige : suivant règles Neige et vent de la zone d'implantation,

Les modules photovoltaïques doivent respecter les normes suivantes :

- CEI : 61646 pour des modules de type film mince
- CEI : 61730-1/-2 pour tout type de module Performance incendie : classe C

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 doit avoir des caractéristiques identiques avec une tolérance de +/- 5% (idéalement 3%) sur la valeur de la puissance crête.

L'utilisation de modules classe II est imposée avec certification établie par un laboratoire agréé (ex : TUV ou équivalent).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 boite de connexion ou des connecteurs appropriés au moins IP65. 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.

3.2 - 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 : Vco (stc) x 1,2
- En courant : Icc (stc) x 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 Vco et Icc à partir des données constructeur (plage de température de module de –15°C à + 80°C, un éclairement maximum de 1250W/m2)
- Par calcul d'un accroissement de Vco et Icc appliqué sur les valeurs déjà calculées précédemment.

3.3 - CABLAGE ET PROTECTION DC

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 ou équivalent pour dimensionner les câbles.
Tous les câbles seront sélectionnés de manière à ce que les risques de défaut à la terre ou de courtcircuit 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.

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 Icc (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)

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)

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 protectionIP2X 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 court-circuit durant l'installation ou la maintenance soit improbables,

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 Icc et 2 Icc (stc).
- Les fusibles doivent être dimensionnés pour fonctionner à une tension égale à Vco (stc)

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 : Vco (stc) x M x 1,2 Courant : Icc (stc) x N x 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.

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, …)

3.4 - ONDULEURS

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) ;
- aucune perturbation électromagnétique (parasites sur les ondes radio) ;
- 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 ENEDIS, 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%,

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.

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).

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) ou équivalent.
- 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.

3.5 - CABLAGE AC

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

- par un disjoncteur différentiel 30mA dédié au tableau de distribution interne (cas de vente du surplus ou installations dans immeuble de logement)
- 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».

3.6 - 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)

3.7 - 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 foudroiement 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 ».

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

Détermination pratique du niveau de protection

- Niveau A :
  - Installations photovoltaïques situées dans des zones dont la densité de foudroiement est Ng< 2,5
  - Installations photovoltaïques situées dans des zones urbaines quelle que soit la densité de foudroiement

- Niveau B :
  - Installations photovoltaïques situées dans des zones dont la densité de foudroiement est Ng> 2,5 et se trouvant en milieu rural avec ligne électrique aérienne
  - Installations photovoltaïques sur bâtiments équipés de paratonnerre quelle que soit la zone
  - Sites sensibles à la foudre quelle que soit la zone (exemple point haut)

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 In > 20kA onde (8/20µs) 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 In > 20kA onde (8/20µs))
  - Protection spécifique sur autres lignes extérieures (téléphone,...) possédant une capacité d'écoulement répétitive In > 10 kA onde (8/20µs)
- 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 Imax > 40kA sur liaisons courant continu
  - Protection étagée sur réseau aérien alternatif possédant une capacité d'écoulement Iimp > 35 kA onde (10/350µs)
  - Protection spécifique sur autres lignes extérieures (téléphone, …) possédant une capacité d'écoulement impulsionnel Iimp > 2,5 kA onde (10/350µs)
  - 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 ».

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 10mm².
- 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.

Schéma de liaison à la terre
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.

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)

Parafoudres
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 système de protection équivalent) 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.

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 :

- Un : 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 Un=1,2 Vco.
- Up : Niveau de protection en kV selon la tenue aux chocs des équipements à protéger au In déclaré
- In : 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 courtcircuit en cas de vieillissement.

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.

3.8 - PRECAUTIONS DE CABLAGE

Tous les câbles, mécanismes, fixations et assemblages électriques seront installés en application des normes NF, CEIet 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.

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.

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.

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.

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).

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 NFEN 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.

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 ravoirage, 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.

Canalisations 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 ravoirage, 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.

3.9 - 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 interrupteurs - 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 TBGT 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

3.10 - 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.

3.11 - 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 (ENEDIS 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'ENEDIS.

3.12 - 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).

0. PREAMBULE

a. Définition de l'installation photovoltaïque

Il sera prévu la mise en œuvre d'une installation de production d'énergie par panneaux photovoltaïques installés en toiture du bâtiment principal et du bâtiment atelier. Cette production d'énergie photovoltaïque sera destinée exclusivement à l'autoconsommation du site.

L'installation devra respecter les différentes normes et le règlement de sécurité incendie dans les établissements recevant des travailleurs, en particulier le guide des prescriptions relatives aux panneaux photovoltaïques édité par le SDIS 31.

Installation / TRANCHE FERME :

Champ A1
Localisation : Toiture bâtiment Principal (Laboratoire)
Puissance crête installée = 36,34 KWc
Puissance sortie AC des onduleurs = 30 KVA
79 Panneaux 460 Wc
Surface totale = 162 m²
Orientation = SUD-EST
Inclinaison principale = 7,7% (4,40°)
Pose à plat suivant pente toiture,
Toiture en zinc continu à joint debout par versant,

Installation / TRANCHE OPTIONNELLE 01 :

Champ B1
Localisation : Toiture bâtiment Principal (Laboratoire)
Puissance crête installée = 34,96 KWc
Puissance sortie AC des onduleurs = 30 KVA
76 Panneaux 460 Wc
Surface totale = 156 m²
Orientation = SUD-EST
Inclinaison principale = 7,7% (4,40°)
Pose à plat suivant pente toiture,
Toiture en zinc continu à joint debout par versant,

Installation / TRANCHE OPTIONNELLE 02 :

Champ C
Localisation : Toiture bâtiment Principal (Accueil)
Puissance crête installée = 79,12 KWc
Puissance sortie AC des onduleurs = 2x36 KVA / 72 KVA
172 Panneaux 460 Wc
Surface totale = 352 m²
Orientation = SUD-OUEST
Inclinaison principale = 5,2% (2.98°) et 6,1% (3.49°)
Pose à plat suivant pente toiture,
Toiture en zinc continu à joint debout par versant,

Installation / TRANCHE OPTIONNELLE 03 :

Champ A2 et B2
Localisation : Toiture bâtiment Principal (Laboratoire)
Puissance crête installée = 79,12 KWc
Puissance sortie AC des onduleurs = 2x36 KVA / 72 KVA
172 Panneaux 460 Wc
Surface totale = 352 m²
Orientation = NORD-OUEST
Inclinaison principale = 7,7% (4,40°)
Pose à plat suivant pente toiture,
Toiture en zinc continu à joint debout par versant,

Synthèse

	TF	TO 01	TO 02	TO 02	TOTAL
CHAMP	A1	B1	C	A2 et B2	-
Bâtiment	Principal (Labo)	Principal (Labo)	Principal (Accueil)	Principal (Labo)	-
P. crête (kWc)	36,34	34,96	79,12	79,12	229.54
P. OND (kVA)	30	30	72	72	204
Surface (m²)	162	156	352	352	1 028
Orientation	SE	SE	SO	NO	-
Pente (%)	7,7	7,7	5,2 et 6,1	7,7	-

b. Définition des installation Courants forts et du point de raccordement :

Le site du CNRS / CEMES dispose d'une boucle haute tension 20 000 Volts privative, desservant les 4 blocs de bâtiments, à savoir :

- Bâtiment SPHERE (Poste de livraison concessionnaires + Poste SPHERE)
- Bâtiment ATELIER (Poste ATELIER)
- Bâtiment 3 MV (Poste 3MV)
- Bâtiment PICOLAB (Poste PICOLAB)

Le poste du bâtiment ATELIER accueille un poste de transformation 400KVA et le TGBT des bâtiments « ATELIER » et « PRINCIPAL ». L'amont de ce TGBT sera le point de raccordement de la production photovoltaïque installé en toiture du bâtiment principal.

c. Puissance des installations de production d'énergies

Listing des installations de production d'énergies existantes et à venir

- Installation de production photovoltaïque existante sur le bâtiment SPHERE P ond. = 12 kVA

- Installation de production photovoltaïque de la présente opération sur les bâtiments « Principal » P ond. = 204 KVA

Soit une puissance total prévisionnelle de 216 kVA.

d. Coupure d'urgence :

Les protections AC des coffrets photovoltaïque en toiture et le disjoncteur général du TGBT PHOTOVOLTAIQUE « ATELIER » seront équipées de bobine MX assurant la coupure à distance de cette source d'énergie. Cette coupure d'urgence sera à installer au niveau du hall d'accueil du bâtiment principal permettant la coupure des installations par les services d'incendie et de secours dès leurs entrées dans le bâtiment.

e. Dispositif de découplage

L'ensemble des installations de production d'énergies ayant une puissance de production inférieure à 250KVA, le dispositif de découplage sera les protections une protection intégrée aux onduleurs de l'installation et conforme à la norme NF EN 50549-1.

f. Définition des installations Courants faibles :

Communication autonome via clé 4G/5G (abonnement à la charge du maitre d'ouvrage) sur un onduleur maître.

1. TRAVAUX DIVERS

1.1. Dossier de plans d'exécution - Plans de chantier – Synthèse

A partir des plans et détails fournis par la Maîtrise d'œuvre dans le cadre du dossier de consultation, l'entreprise titulaire du présent lot doit à sa charge la réalisation par un bureau d'études, de l'ensemble de l'étude technique d'exécution qui comportera :

- Les notes de calculs justificatives
- Les plans de principe,
- Les plans d'implantation des matériels,
- Les plans de chantier,

- Les schémas des armoires et coffrets,
- Les synoptiques,
- Les plans détails,
- Les documentations techniques et certificat de conformité des matériels,

L'entreprise devra par ailleurs fournir au maitre d'ouvrage toutes les informations techniques nécessaires à la rédaction des formulaires ENEDIS pour le raccordement de l'installation de production sur le réseau.

Elle devra fournir ses études pendant la période de préparation en version papier aux échelles appropriées et au format informatique à l'attention des Maîtres d'ouvrage, Maître d'œuvre, Bureau de contrôle ainsi qu'à tous les intervenants concernés.
L'entreprise devra fournir toutes les fiches techniques et caractéristiques des matériels à mettre en œuvre.

L'entreprise devra produire les documents nécessaires aux synthèse et besoins aves les autres lots, participer aux réunions de synthèse et reprendre ses plans autant de fois que nécessaire selon les contraintes techniques.

Prévisions :
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.2. Dossier des ouvrages exécutés

L'entreprise du présent lot devra fournir à la réception de l'ouvrage, les dossiers de ses ouvrages exécutés.
L'entreprise sera tenue de remettre au maître d'ouvrage et à la maitrise d'œuvre les documents suivants :

- Les plans d'équipements avec repérages des fournitures et des cheminements des câbles,
- La liste, les références et quantitatifs des matériels mis en œuvre,
- Les fiches des produits des matériels,
- Les notices d'exploitation et d'entretien des matériels,
- Une fiche récapitulative ces coordonnées du SAV de l'entreprise ayant à intervenir pendant l'année de garantie,
- Les fiches de recettage des réseaux,
- Les PV d'essais, d'autocontrôle de conformité et de parfait fonctionnement,
- Les PV de mise en service des installations,

Il est attendu (exemplaire papier + informatique + format DWG/DWF ou équivalent)

Prévisions :
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.3. Percements, réservations, rebouchages

Les réservations dans les ouvrages de la présente opération seront exécutées par les lots correspondants (couverture, …), sur production des plans de réservations et de chantier correspondants par le présent lot.

L'entreprise du présent lot devra, après le passage de ses canalisations et cheminements, les rebouchages soignés des ouvertures et percements, en s'assurant que la paroi retrouve ses caractéristiques structurelles, coupe-feu et acoustique d'origine. Ces rebouchages seront réalisés sous contrôle de la maitrise d'œuvre et du bureau de contrôle.

L'entreprise du présent aura à sa charge tous les percements et ouvertures dans les ouvrages existants (planchers, murs, cloisons, plafonds, ...), nécessaires aux passages de ses divers cheminements courants forts et courants faibles.

Localisations :

- Calfeutrements après passage de câbles au travers des sorties toiture,
- Débourrage et calfeutrement après passage de câbles au travers des sorties toiture,
- Percements et calfeutrements pour les traversés de planchers et de parois des locaux techniques pour la distribution des liaisons AC dans les bâtiments,

Prévisions :

- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.4. Identification des installations électriques

L’entreprise devra la mise en œuvre de l’identification des installations électriques et des équipements de production photovoltaïques associés au moyen d’étiquettes et de pictogrammes réglementaires.

Les matériels implantés dans un placard, en gaine, en plénum ou tout autre local devront être repérés par une étiquette PVC gravée, ou un pictogramme directement visible depuis un local ou une circulation, en indiquant le type d’équipement, leurs positions et leurs éventuelles numérotations.

L’entreprise devra prévoir l’étiquetage en façade du bâtiment pour informer les services d’interventions et les équipes du gestionnaire du réseau. Il sera prévu des plaques gravées à l’entrée principale du bâtiment, aux accès toitures et au niveau des armoires et locaux accueillant les points de raccordements sur le réseau.

Prévisions :

- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.5. Consuel

L'entreprise du présent lot devra prendre à sa charge tous les frais liés à l'établissement des attestations et prestations liées au CONSUEL pour permettre de raccordement sur le réseau du concessionnaire. Soit la fourniture d'un dossier SC144 à joindre avec une attestation de conformité BLEU pour une installation de production sans batterie.

Compris prestation du bureau de contrôle permettant la délivrance de l'attestation.

Prévisions :
1 CONSUEL pour chaque tranche
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.6. Grutage

L'entreprise du présent lot devra toutes les sujétions pour la réalisation du grutage en toiture de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation de ses ouvrages.

L'entreprise devra prendre en compte les contraintes de charges admissibles par la charpente / toiture, en limitant le stockage ponctuel sur toiture.
Elle devra donc prévoir la répartition et la pose à l'avancement de l'approvisionnement.

Cette prestation comprend une ou plusieurs interventions suivant process de réalisation, les autorisations de voirie nécessaires à la mise en station de la grue et des camions de transport de matériels sur la voie publique, le balisage à l'avance des emprises nécessaires à la réalisation des travaux.

L'entreprise devra s'assurer de la coordination et du phasage avec les autres corps d'état. L'utilisation de la grue du lot charpente / couverture sera privilégiée suivant recommandations du CSPS.

Prévisions :
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.7. Repérage des câbles

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,

Prévisions :
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

1.8. Dépose antenne et dévoiement avant travaux

L'entreprise devra au préalable du démarrage des travaux de toiture, la dépose pour déplacer une antenne TV fixé sur acrotère du bâtiment principal.

Une repose provisoire ou définitive en façade pourra être envisagée.

Prévisions :

- Tranche ferme

2. ALIMENTATION PRINCIPALE PRODUCTION

2.1. TGBT PHOTOVOLTAIQUE

L'entreprise devra prévoir en tranche ferme les installations nécessaires à la réinjection en autoconsommation de la production photovoltaïque dans le réseau privé du site, prenant en compte la totalité de l'installation du présent projet (tranche ferme + tranches conditionnelles).

Puissance installée de l'installation PV :
TRANCHE FERME + TRANCHES OPTIONNELLES = 204 KVA

NOTA : La production photovoltaïque étant considérée commune source d'énergie supplémentaire à l'alimentation ENEDIS, il faudra séparer les sources d'alimentations et celles de consommation afin de s'assurer du respect des intensités maximum des équipements des tableaux électriques existants.

A cette fin, l'entreprise devra la mise en œuvre d'un TGBT PHOTOVOLTAIQUE dans le local « TRANSFO/TGBT ATELIER » et son raccordement en amont du TGBT existant.

Soit les prestations suivantes :

- Fourniture et pose de brettelles 400A en câble type H07RN-F 4x120mm² + 70mm² raccordé en amont du disjoncteur général du TGBT. Longueur maximum de 3ml. Compris adaptation des bornes du disjoncteur général.

- Fourniture et mise en place d'un TGBT-PV constitué d'une armoire métallique équipé :
  - D'un disjoncteur général 4x400A,
  - D'une bobine MX de déclenchement pour le disjoncteur général,
  - D'un jeu de barre 400A,
  - D'un disjoncteur 10A pour alimentation de l'arrêt d'urgence (AU),
  - D'un disjoncteur 10A pour alimentation des auxiliaires (CM),
  - D'un disjoncteur 4x10A pour la prise de tension,
  - D'un disjoncteur 4x100A pour le départ du coffret AC CHAMP A,

- La réserve pour ajout d'un disjoncteur 4x100A pour le coffret AC du CHAMP B, - La réserve pour ajout d'un disjoncteur 4x125A pour le coffret AC du CHAMP C,
- La réserve pour ajout d'un disjoncteur 4x80A pour le coffret AC du CHAMP D,
- D'une centrale de mesure SOCOMEC DIRIAS A60,
- Les accessoires,
- Les étiquetages,

Armoire et matériel de marque SCHNEIDER ou équivalent.

 Les chemins de câbles, les accessoires et diverses sujétions pour la mise en œuvre de ces liaisons et équipement dans le local « TRANSFO/TGBT ATELIER »

Contraintes :

La présente prestation nécessitera la coupure électrique du poste de transformation ATELIER et donc une intervention coordonnée avec le maitre d'ouvrage. Le titulaire du présent marché devra prévoir de réaliser l'intervention en dehors des jours et horaires d'exploitation de ces locaux, à savoir la nuit et/ou le weekend.

Prévisions :

- Tranche ferme

3. ARMOIRES ELECTRIQUES

Le présent lot aura à sa charge la fourniture, la pose et le raccordement des armoires et tableaux électriques suivants :

3.1. Coffret DC

Les règles ci-dessous étant respectées dans le cadre de notre projet, nous pouvons nous affranchir de mise en place de coffret DC intégrant un dispositif de coupure à distance :

- Les câbles DC cheminent exclusivement en extérieur, sous protection mécanique et ne pénètrent pas dans le bâtiment,
- Les onduleurs sont positionnés en extérieur et protégés de toute agressions extérieures,

Prévisions :

- Sans objet

3.2. Coffret AC

Fourniture et pose de coffret AC de raccordement et protection des sorties onduleurs.

Caractéristiques :

- Coffrets IP65 en plastique/composite, de classe II, avec rail DIN, porte verrouillable,
- Interrupteur sectionneur de tête tétraphasé calibre suivant équipements,
- Un disjoncteur tétraphasée 63A avec protection différentielle 300ma pour les protections des onduleurs 30kVA,

- Un disjoncteur tétraphasée 100A avec protection différentielle 300ma pour les protections des onduleurs 36kVA,
- la réserves pour disjoncteurs des tranches optionnelles,
- 1 disjoncteur 16A/30ma pour PC de service intégrée sur rail DIN,
- 2 PC 2P+T16A modulaires rue rail DIN,
- Répartiteur modulaire 400VAC, calibre 160-200-250A
- Bornier de terre
- Auxiliaire de déclenchement et de signalisation sur interrupteur sectionneur et sur chaque disjoncteur
- Parafoudres,

Prestations diverses

- L'ajout de disjoncteur tétraphasée 100A avec protection différentielle 300ma pour les protections onduleurs des tranches optionnelles

Prévisions :

- Tranche ferme
  Coffret AC CHAMP A 66KVA
- Tranche optionnelle 01 Coffret AC CHAMP B 66KVA
- Tranche optionnelle 02 Coffret AC CHAMP C 72KVA
- Tranche optionnelle 03
  L'ajout d'un disjoncteur 4x100/300ma dans le coffret CHAMP A L'ajout d'un disjoncteur 4x100/300ma dans le coffret CHAMP B

4. STRUCTURE METALLIQUE

Réalisation d'une structure métallique en acier galvanisé support des onduleurs et du coffret AC. Ensemble en serrurerie avec pieds, cadres, supports et toit en tôle pleine faisant office de protection aux intempéries des matériels (pluie et soleil) Toute la métallerie sera traitée galvanisée.

Compris fixation suivant support (entretoise pour fixation à travers le bardage, ou contre un acrotère, plots type bigfoot avec résiliant pour pose sur toiture zinc ou étanchéité), avec barre de anti déversement.
Les structures métalliques devront prévoir la réserve pour ajout en tranche conditionnelles les onduleurs complémentaires

NOTA :
La pénétration des câbles AC et DC dans la structure devra permettre après installation une possible déplacement de l'ensemble dans déconnexion des câbles (mise hors tension uniquement) , afin de permettre la réparation et/ou rénovation ultérieure de l'étanchéité.

Localisation :

- Tranche ferme LT PV
  CHAMP A
- Tranche optionnelle 01
  LT PV CHAMP B
- Tranche optionnelle 02
  LT PV CHAMP C

5. COUPURES D'URGENCE

Le titulaire du présent lot devra équiper tableaux et coffrets des dispositifs de coupure à distance permettant de couper en charge tous les conducteurs actifs plus le neutre des différentes sources d'énergie créées par la présente opération.

5.1. Coffret bris de glace - coup de poing

De type coffret bris de glace en version encastré ou saillie, incorporant un dispositif d'action à distance par boutons coup de poing à sécurité positive pour les équipements suivants :

- Disjoncteur principal du TGBT PV au local « TRANSFOTGBT ATELIER »,
- Sectionneur AC des coffrets photovoltaïques en toiture,

Soit la fourniture et mise en œuvre :

- Coffret rouge IP30, IK07. Coffret équipé d'un bouton coup de poing à accrochage, déverrouillage par clé n°850, de 2 voyants à LED (vert et rouge) de signalisation hors et sous tension, et d'un marteau bris de glace. Compris étiquettes de signalisation sur coffret, auxiliaires de déclenchement et protections au niveau du tableau. Référence 380 59 de chez LEGRAND ou équivalent.
- La liaison électrique par câble type CR1 de section 5x1,5mm² sous fourreaux et sur chemins de câbles entre l'arrêt d'urgence et les 2 bobine MX.

Les équipements de coupure d'urgence seront implantés au niveau du hall d'accueil du bâtiment principal.

Localisation :

- TRANCHE FERME : Bâtiment principal / Hall d'entrée

6. CANALISATIONS

6.1. Canalisations principales TGBT PHOTOVOLTAIQUE / COFFRETS AC :

Le présent lot aura à sa charge la fourniture, la pose et le raccordement des canalisations principales suivantes :

TRANCHE FERME

- Liaison TGBT PV / COFFRET AC CHAMP A : en câble U1000R2V de section 5G50mm² sur chemins de câble, longueur estimée de 55ml,

TRANCHE OPTIONNELLE 01

- Liaison TGBT PV / COFFRET AC CHAMP B : en câble U1000R2V de section 5G70mm² sur chemins de câble, longueur estimée de 102ml,

TRANCHE OPTIONNELLE 02

- Liaison TGBT PV / COFFRET AC CHAMP C : en câble U1000R2V de section 5G70mm² sur chemins de câble, longueur estimée de 108ml,

Prévisions :
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02

6.2. Canalisations principales ONDULEUR / COFFRETS AC :

Le présent lot aura à sa charge la fourniture, la pose et le raccordement des canalisations principales suivantes :

TRANCHE FERME
- Liaison COFFRET AC CHAMP A / ONDULEUR A1 : en câble U1000R2V de section 5G16mm² sur chemins de câble capotés,

TRANCHE OPTIONNELLE 01
- Liaison COFFRET AC CHAMP B / ONDULEUR B1 : en câble U1000R2V de section 5G16mm² sur chemins de câble capotés,

TRANCHE OPTIONNELLE 02
- Liaison COFFRET AC CHAMP C / ONDULEUR C1 : en câble U1000R2V de section 5G25mm² sur chemins de câble capotés,
- Liaison COFFRET AC CHAMP C / ONDULEUR C2 : en câble U1000R2V de section 5G25mm² sur chemins de câble capotés,

TRANCHE OPTIONNELLE 03
- Liaison COFFRET AC CHAMP A / ONDULEUR A2 : en câble U1000R2V de section 5G25mm² sur chemins de câble capotés,
- Liaison COFFRET AC CHAMP B / ONDULEUR B2 : en câble U1000R2V de section 5G25m² sur chemins de câble capotés,

Prévisions :
- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

6.3. Liaisons DC modules-modules

Mise en série des modules photovoltaïques permettant d'atteindre des niveaux de tension adaptés aux onduleurs (création de « chaînes » ou « strings »).
Utilisation de câbles souples unipolaires double isolation (classe II), ignifugés et sans halogène de type RADOX Solar ou équivalent. Câbles munis de connecteurs débrochables.
Étiquetage des câbles à prévoir par étiquettes gravées « Attention, câbles courant-continu sous tension durant la journée »

Localisation :
- TRANCHE FERME et TRANCHES OPTIONNELLES 01, 02, 03
- Compris avec modules,

- En toiture en face arrière des modules photovoltaïques pour liaisons entres chaines de panneaux distants,

6.4. Liaisons DC modules – onduleurs

Fourniture et pose des liaisons électriques entre chaînes de modules photovoltaïques et les 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 type MC4. Section 6 mm² minimum demandée.
Étiquetage des câbles par étiquettes gravées « Attention, câbles courant-continu sous tension durant la journée »
Repérage de chaque chaîne avant l'entrée dans la BJP par étiquette « Ci,k+ » ou « Ci,k- » (i étant le numéro de la BJP / k étant le numéro de la chaîne / + et – correspondant à la polarité du câble).

Localisation :

- TRANCHE FERME et TRANCHES OPTIONNELLES 01, 02, 03
- Entre champs de modules photovoltaïques (toiture) et les onduleurs. Pose sur chemins de câbles capotés horizontaux,

7. LIAISONS EQUIPOTENTIELLES

Fourniture et pose des liaisons équipotentielles 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 16 mm² ;
- Interconnexion de la structure porteuse des modules par le biais de dérivations, constituée d'un connecteur rapide, d'un conducteur de section 6 mm², et d'une cosse adaptée à la nature de la structure ;
- Interconnexion des cadres modules par le biais de dérivations, constituée d'un connecteur rapide, 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 16mm² ;
- Interconnexion des chemins de câbles de distribution en toiture ;
- 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,
- Connexion de la liaison équipotentielle à la colonne de terre du bâtiment, - Contrôle de la valeur de la prise de terre en fin de chantier.

Compris toutes sujétions de liaisons équipotentielles des équipements photovoltaïques, suivants les préconisations et spécifications des fabricants des onduleurs.

Localisation :

- TRANCHE FERME et TRANCHES OPTIONNELLES 01, 02, 03

8. CHEMINS DE CABLES

Des chemins de câbles destinés aux cheminements des courants forts AC et DC seront mis en œuvre :

- Sur toiture pour la partie DC (pose sur toiture zinc et étanchéité),
- Sur la toiture pour assurer le cheminement des câbles AC entres onduleurs et coffrets DC, entre le coffret DC et les pénétrations dans le bâtiment.
- Dans les bâtiments pour assurer le cheminement des câbles AC entres coffrets AC et le TGBT PV,

Tous les chemins de câbles seront fixés sur les éléments stables de la construction et posés sur support lestés/fixés en toiture. L'entreprise devra s'assurer que les portées maximales soient respectées en fonction des caractéristiques des chemins de câbles. Dans le cas d'entraxes de support élevés, l'entreprise devra employer des chemins de câbles adaptés.

Ils seront de type :

 Dalle en acier galvanisé à chaud, modèle ZETOL HBSM de chez KZ ou équivalent, avec couvercle plein et système de supportage pour les cheminements en toiture et vertical. De dimensions 75/100/150/200 x 55 mm (avec couvercle)

Leurs fixations seront réalisées à l'aide de pendards, consoles et montants, et de plots lestés à poser sur toiture zinc et toiture étanché. Les accessoires et éléments de pose seront de finition galvanisée. Des embouts de protection seront posés sur tous les éléments pouvant présenter un risque de blessures des techniciens et des câbles.
Tous les chemins de câbles devront être reliés à la prise de terre du bâtiment. Les liaisons équipotentielles devront être préservées sur toute la longueur. Un câble de liaison sera employé si la continuité du chemin de câbles ne peut être réalisée.
Ils devront avoir une réserve d'au moins 30% (50% pour la distribution des courants faibles). Leurs dimensions seront déterminées en fonction des cheminements utilisés, de la section et du nombre de câbles ou conduits et de la réserve à conserver.
Les changements de directions et de niveaux seront réalisés au moyen d'accessoires adaptés (coude 90°, T, coude 135°, dérivation, croix, changement plan convexe, changement plan concave).

La fermeture des capots sera assurée par des colliers inox, l'étiquetage réglementaire sera posé tous les 5ml.

Localisation :

- TF et TO : en toiture des bâtiments pour cheminements des liaisons AC et DC,
- TF et TO : dans les bâtiments pour cheminements AC,

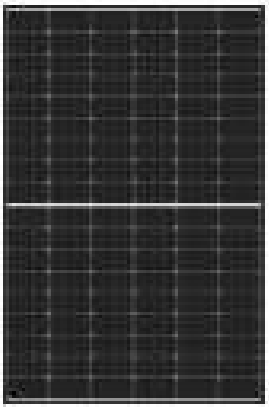
9. MODULES PHOTOVOLTAIQUES

Fourniture et pose de modules photovoltaïques monocristallins :

- Conforme IEC 61215, IEC 61730 et comme étant de classe de sécurité électrique II pour les modules au silicium cristallin.
- Être associés à une notice de mise en œuvre précisant notamment le type et le mode de fixation du module ainsi que la position des fixations sur le cadre du module photovoltaïque.
- Être dans la gamme de la liste des modules validés dans l'avis technique ou ETN du système de pose sur toiture,

Caractéristiques :

- Modules bifacial Bi-verre,
- 96 cellules type N Monocristallin,
- Face avant : 2,0mm - verre durci avec traitement antireflet, Revêtement anti-reflet
- Face arrière : 2,0mm - verre durci avec traitement antireflet
- Puissance nominale de 460Wc,
- Cadre aluminium noir,
- Charge de neige 5400 Pa
- Charge de vent 2400 Pa
- Efficacité max du module : 23.8%
- Longueur 1762mm x largeur 1134mm,
- Câble résistant UV, 4mm², avec connecteurs MC4-EVO 2A,
- Garantie 25 ans sur le produit, 30 ans en sortie de puissance linéaire,
- Boîte de jonction IP68 avec 3 diodes bypass,
- Température de fonctionnement : - 40° à + 85°C,
- Poids de 24kgs / panneau
- Certifications : IEC61215-1 ; IEC61730-1 ; OHSAS 18001 ; ISO9001, ISO 14001, ISO50001, IEC62716 :2013 ; IEC 61701 :2012/6 ;
- Classe de protection : II
- Classe de grêle : HW3



Référence DM460G12RT-B48HBW de marque DMEGC ou équivalent technique.

Prévisions :

- Tranche ferme
  79 modules
- Tranche optionnelle 01 76 modules
- Tranche optionnelle 02 172 modules
- Tranche optionnelle 03
  172 modules

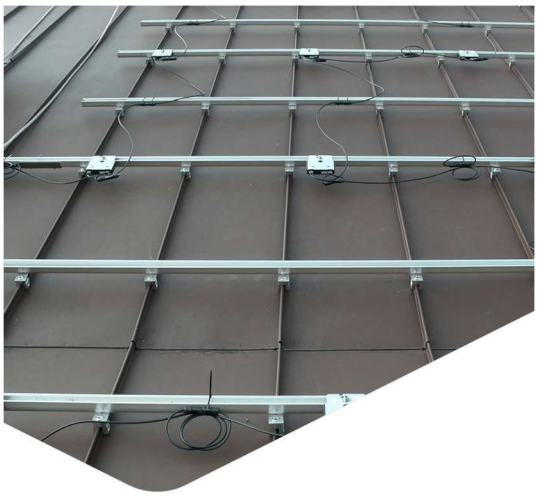
10. SYSTEME DE SUPPORT SUR TOITURE ZINC

L'entreprise devra la fourniture d'un procédé de support de modules photovoltaïques approuvé par ETN en combinaison avec les modules PV. De chez K2 system tel que joint au dossier.

Le système de support sera composé de pinces en aluminium se fixant sur le joint du Joint debout permettant d'accueillir un rail sur lequel viennent se fixer les panneaux photovoltaïques.









Exigences relatives au toit :

- Force de maintien suffisante de la couverture de toit au niveau de la structure porteuse ou de la sous-structure.
- Inclinaison du toit 5 – 75°

Le système possédera une ETUDE DE TECHNIQUE NOUVELLE en cours de validité et un cahier de prescriptions de pose à fournir aux différents intervenants œuvrant à la mise en œuvre.

La prestation comprendra :

- L'état des lieux de la couverture avant intervention,
- Fourniture des éléments de charges pour le dimensionnement des éléments porteurs,
- Les plans de calepinage des modules, pinces de fixation et contrôle de l'implantation visà-vis des émergences,
- La mise à la terre de la structure support et des panneaux au moyen de griffes,
- La fourniture et mise en œuvre des pinces et rails de fixations des panneaux (sans réhausse, pose à plat suivant la pente du toit),
- Les références de pinces/agrafes de tôle à joints debout sera adapté à la référence du pliage prévue par le lot couverture,

- La fourniture de la fiche d'autocontrôle du système détaillé pour chaque champ,
- Compris pinces/agrafes et rails pour supports des chemins de câbles en toiture assurance les liaisons entres panneaux et les liaisons entres panneaux et onduleurs,

Procédé SOLIDRAIL ou équivalent, avec agrafes de tôles à joindre debout de marques K2 Systems ou techniquement équivalent.

Prévisions :

- Tranche ferme
  Pour 79 modules, soit 162 m²
- Tranche optionnelle 01 Pour 76 modules, soit 156 m²
- Tranche optionnelle 02 Pour 172 modules, soit 352 m²
- Tranche optionnelle 03 Pour 172 modules, soit 352 m²

11. ONDULEURS

Fourniture et pose d'onduleurs synchrones propres à la connexion réseau du générateur photovoltaïque :

- Fonction de contrôle d'isolement côté DC
- Protection intégrée conforme à la norme NF EN 50549-1.
- Véritable topologie de pont triphasé pour un convertisseur de sortie DC/ AC
- Topologie sans transformateur
- Protection, surintensité, court-circuit et surintensité AC,
- Protection contre les inversions de polarité DC,
- Dispositifs parafoudre DC type II et AC type II
- Surveillance du courant résiduel,
- Refroidissement par convection naturelle pour une fiabilité maximale
- Ecran avec voyant LED,
- Communication : RS485; WLAN / Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE
- Indice de protection IP65
- Tension de place nominale AC 270 – 800V
- Fréquence réseau assigné : 50/60Hz
- 3 Phases d'injection
- Rendement minimum de 98 %

Compris toutes sujétions de fixations sur la structure métallique et de câblage.

Onduleur triphasé HUAWEI SUN 2000-30/36KTL-M3 ou équivalent technique

Localisation :

- TRANCHE FERME
  CHAMP A1 : 1 onduleur 30KW SUN 2000-30KTL-M3,

- TRANCHE OPTIONNELLE 01
  CHAMP B1 : 1 onduleur 30KW SUN 2000-30KTL-M3,

- TRANCHE OPTIONNELLE 02
  CHAMP C : 2 onduleurs 36KW SUN 2000-36KTL-M3,

- TRANCHE OPTIONNELLE 03
  CHAMP A2 : 1 onduleur 36KW SUN 2000-36KTL-M3,
  CHAMP B2 : 1 onduleur 36KW SUN 2000-36KTL-M3,



Gamme HUAWEI SUN2000-30/36KTL-M3

12. COMPTEUR D'ENERGIE

Afin de suivre la production et la consommation au niveau du TRANSFO/TGBT ATELIER, il sera prévu la mise en œuvre d'un compteur d'énergie triphasé à positionner sur la liaison TRANSFO <> TGBT

Caractéristiques :

- Fixation sur rail DIN
- Triphasé/tétraphasé
- Tension 230/400 V AC
- Courant > 80A avec Tores externes
- Tores externes ouverts avec courant de 1A ou 5A et précision de classe 0,5
- Précisions de mesures : Courant / Tension de ±0.5% - Fréquence de ±0.01Hz
- Communication RS485 MODBUS RTU
- Plage de fonctionnement -25°C à +60°C



Référence HUAWEI – SmartPS-80AI-T0 ou équivalent

Compris :

- Liaison en câble RS485 blindé entre le compteur du local TRANSFO/TGBT ATELIER et l'onduleur maître
- Liaisons en câble RS485 blindé entre l'onduleur maître et les onduleurs esclaves des tranches optionnelles,

NOTA :
Dans cette configuration, l'injection du surplus d'énergie au niveau du poste de transformation « ATELIER » sera considérée comme renvoyée sur le réseau concessionnaire alors qu'elle pourra être autoconsommée par les autres postes de transformation du site.

Prévisions :

- Tranche ferme : 1 compteur en amont du TGBT ATELIER + câblage RS485
- Tranche optionnelle 01 : câblage RS485 entre onduleurs,
- Tranche optionnelle 02 : câblage RS485 entre onduleurs,
- Tranche optionnelle 03 : câblage RS485 entre onduleurs,

13. MISE EN SERVICE

L'entreprise devra réaliser les prestations de mise en service de l'installation suivant les tranches de travaux définit au dossier marché, à savoir :

- Contrôle des raccordements AC et DC,
- Mesures des valeurs électriques par champ, par onduleur, par coffret PV,
- Contrôle thermographique de l'installation en fonctionnement,
- Paramétrages et configuration des onduleurs, des compteurs et passerelle de communication
- Création du compte sur la plateforme de gestion, création et configuration des utilisateurs finaux
- Modification et extension de l'installation à chaque tranche conditionnelle
- Formation des utilisateurs pour la maintenance, l'exploitation et la surveillance des installations,

Prévisions :

- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

14. SIGNALETIQUE

L'entreprise devra la fourniture, la pose des signalétiques réglementaires de la présence d'une installation photovoltaïques, à savoir :

- A l'extérieur du bâtiment concerné au niveau de l'accès des secours (accès au site et accès au bâtiment),
- Au niveau des accès en toitures
- Au niveau des installations AC/DC sur les aires techniques
- Sur les câbles DC tous les 5 ml,

Signalétique de type inaltérable, fixation collée ou mécanique suivant implantations.

L'entreprise représentera sur un plan général les informations à reprendre par le prestaire en charge de l'édition des plans d'interventions de l'établissement.

Prévisions :

- Tranche ferme
- Tranche optionnelle 01
- Tranche optionnelle 02
- Tranche optionnelle 03

******