

Maître d'Ouvrage
**Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) –
Services Logistique et Technique**

25 Avenue des Martyrs,
38000 Grenoble



**Réfection complète des toitures terrasses des
bâtiments 1 & 2 du L.A.P.P & L.A.P.Th à
Annecy-Le-Vieux**

9 Chemin de Bellevue,
74940 Annecy

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES
-
Lot n°02 – Panneaux Photovoltaïques

Phase DCE
Date : 29/01/2026

Maître d'Œuvre

ACCEO

18 Chemin des Cuers,
69570 Dardilly

Portable : 06.50.74.26.04 – Email : simeon.dusart@acceo.eu



CCTP - Mise en place de centrales photovoltaïques

1. GENERALITES	4
1.1 OBJET	4
1.2 PRESENTATION DU PROJET	4
1.3 CONNAISSANCE DES OUVRAGES	6
1.4 PRESTATIONS DUES	6
1.5 CONDITIONS D'INTERVENTION	6
1.6 OBLIGATION DE RESULTATS	6
1.7 VERIFICATION DES NIVEAUX ET COTES	6
1.8 ETUDES STRUCTURES	7
1.9 RELATIONS AVEC LES CONCESSIONNAIRES	7
1.10 AUTORISATIONS DE TRAVAUX SUR VOIRIE	7
1.11 PRIX GLOBAL ET FORFAITAIRE	7
1.12 REGLEMENTATIONS	8
1.12.1 <i>Considérations générales</i>	8
1.12.2 <i>Normes et standards électricité</i>	8
1.12.3 <i>Normes et standards VRD et structure</i>	8
1.12.4 <i>Autres normes applicables</i>	9
1.12.5 <i>Couverture toiture</i>	9
1.12.6 <i>Protection des travailleurs</i>	9
1.12.7 <i>Règles de sécurité</i>	9
2. CONDITIONS GENERALES DE MISE EN ŒUVRE	10
2.1 PRESCRIPTIONS GENERALES	10
2.1.1 <i>Avant la mise en œuvre</i>	10
2.1.2 <i>En cours de travaux</i>	10
2.2 PRESCRIPTIONS PARTICULIERES	11
2.2.1 <i>Dispositions constructives</i>	11
2.2.2 <i>Réservations</i>	11
2.2.3 <i>Aciers</i>	11
2.2.4 <i>Moyens de levage</i>	12
2.3 CHOIX DES MATERIAUX	12
2.4 PROTECTION DES OUVRAGES	12
2.5 PROPRETE ET PROTECTION DU SITE	13
2.6 NETTOYAGE QUOTIDIEN APRES INTERVENTION DANS LES LOCAUX OCCUPES	13
2.7 NETTOYAGE COMPLET HEBDOMADAIRE DES ABORDS ET ENTRETIEN DES LOCAUX DE CHANTIER	13
2.8 NETTOYAGE DE FIN DE CHANTIER	14
2.9 ETUDES ET PLANS DE CONCEPTION ET D'EXECUTION	14
2.10 DOCUMENTATION DE FIN DE CHANTIER	15
2.10.1 <i>Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)</i>	15
2.10.2 <i>Dossier d'Intervention Ulérieure sur les Ouvrages Exécutés (DIUO)</i>	16
2.11 ESSAIS ET RECEPTION	16
3. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES	17
3.1 PRINCIPE D'IMPLANTATION DES EQUIPEMENTS	17
3.1.1 <i>Implantation type des modules – Champ en toiture</i>	17
3.1.2 <i>Autres équipements</i>	17
3.2 INSTALLATIONS DE CHANTIER	18
3.3 TRAVAUX PREPARATOIRES ET DE FINITION	18
3.3.1 <i>Protection</i>	18
3.3.2 <i>Autres travaux de dépose et repose</i>	19
3.3.3 <i>Affichages de sécurité</i>	19
3.4 PERCEMENTS ET RESERVATIONS	19
3.5 TABLEAU GENERAL BASSE TENSION (TGBT)	19
3.5.1 <i>Raccordement et éléments électriques</i>	19
3.5.2 <i>Procédures de Raccordement et Consignation</i>	20
3.5.3 <i>Eléments de sécurité</i>	21
3.5.4 <i>Modification TGBT</i>	21

3.6	RESEAU DE TERRE	21
3.6.1	Liaisons équipotentielles	21
3.6.2	Interconnexion avec la terre du bâtiment	22
3.7	MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	22
3.8	MONTAGE DES CAPTEURS - ÉTANCHEITE	24
3.8.1	Système de fixation des modules – Champ en toiture	24
3.8.2	Raccordement des modules photovoltaïques	24
3.9	COFFRETS DC DE PROTECTION ET DE SECTIONNEMENT ET LIAISONS	25
3.10	ONDULEUR	25
3.10.1	Fourniture de l'onduleur	25
3.10.2	Pose et raccordement de l'onduleur	27
3.10.3	Fonction de découplage	27
3.10.4	Mise en service de l'onduleur	27
3.11	COFFRET AC	28
3.12	DISTRIBUTION BASSE TENSION	28
3.12.1	Chutes de tension	28
3.12.2	Liaisons électriques	28
3.13	ACQUISITION DE DONNEES	31
3.13.1	Système de monitoring	31
3.13.2	Dispositif de gestion de l'injection et comptage	31
3.13.3	Capteur d'irradiance	32
3.14	MISE EN SERVICE DE L'INSTALLATION	32
3.14.1	Essais	32
3.14.2	Formation	32
3.14.3	Suivi des performances au cours de la GPA	33
3.15	DEMARCHES ADMINISTRATIVES	33
3.15.1	Autorisation d'urbanisme	33
3.15.2	Consuel	34
4.	ANNEXES	35
1	- OBJET	37
2	- HYPOTHESES DE CALCUL	37
2.1	- MATERIAUX	37
2.2	- DESCRIPTION DU FERRAILLAGE DES PREDALLES	37
3	- CHARGES ADMISSIBLES	37
3.1	- ZONE COURANTE (VOIR PLAN DE REPERAGE JOINT)	37
3.2	- DALLE 14 ET 25-26 (VOIR PLAN DE REPERAGE JOINT)	38
3.3	- SOMMIERS : SOLlicitATIONS	39
4	- PLAN REPERAGE DES DALLES	40
5	- CONCLUSION	41

1. GENERALITES

1.1 Objet

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières a pour objet de définir la nature, la qualité et les conditions de mise en œuvre des prestations à fournir au titre des travaux nécessaires pour le lot « Lot n°02 – Panneaux Photovoltaïques » du marché de travaux « Réfection complète des toitures terrasses des bâtiments 1 & 2 du L.A.P.P & L.A.P.Th à Annecy-Le-Vieux ».

Ce lot consiste en la création d'une centrale photovoltaïque en toiture terrasse du bâtiment 1 du campus CNRS d'Annecy-Le-Vieux. Ces travaux feront suite au lot « Lot n°01 – Etanchéité » assurant la réfection de l'étanchéité de la toiture concernée.

Les travaux seront supervisés par le Maître d'Œuvre ACCEO. Ce dernier est chargé de la conception de l'installation, de la rédaction du DCE, de l'analyse des offres, de garantir le respect des coûts et des délais, ainsi que de répondre aux potentielles interrogations du Titulaire concernant la réalisation du projet.

Le présent lot a pour objet :

- La fourniture, pose et raccordement de panneaux photovoltaïques en toiture ;
- Le raccordement de la centrale photovoltaïque au bâtiment sous-jacent pour autoconsommation ;

1.2 Présentation du projet

Le bâtiment concerné est un bâtiment tertiaire dédié à la recherche scientifique situé à Annecy. Il comprend un espace en toiture terrasse disponible pour une implantation photovoltaïque. La puissance crête installable est estimée à 21,6 kWc.



Zone concernée par la mise en place de générateurs photovoltaïques (en toiture terrasse)

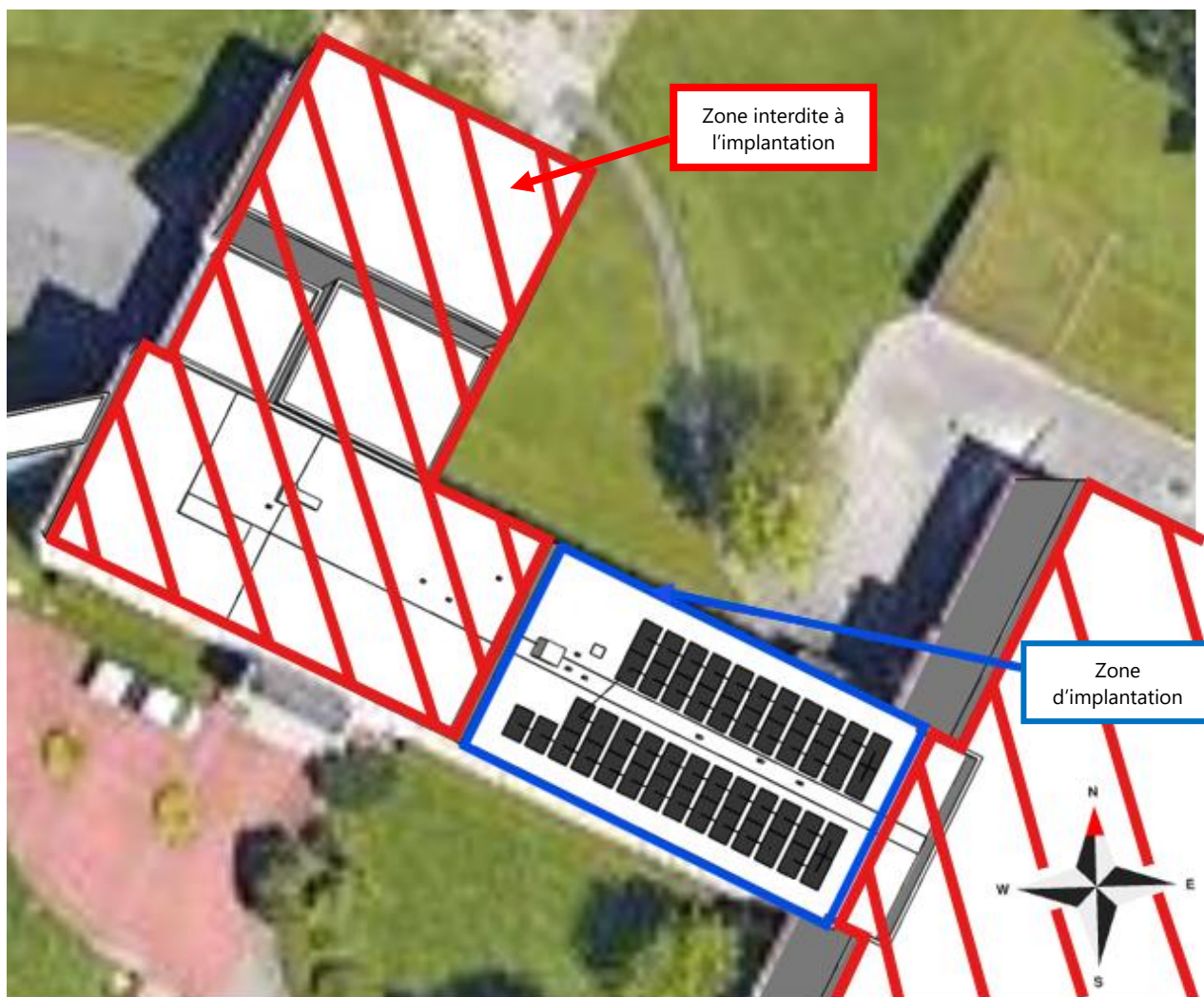
La centrale photovoltaïque sera raccordée sur le TGBT du bâtiment pour autoconsommation totale.

Le Titulaire prendra note que le site est alimenté par un poste de livraison HTA privé. Le TGBT fonctionne par conséquent sous un régime de neutre de type TN-S, ce qui devra être pris en compte pour le dimensionnement des protections de l'installation PV.

Caractéristiques du site :

Surface totale en toiture	127,5 m²
Puissance crête totale de la centrale en toiture	21,6 kWc
Orientation des panneaux en toitures	- 62 °
Format	Paysage

La puissance crête de la centrale ne pourra pas dépasser la capacité du site en autoconsommation, c'est-à-dire ne pourra pas dépasser la puissance maximale recevable au TGBT ni la puissance maximale recevable au transformateur le plus proche. En aucun cas ce CCTP ne décrit des travaux d'adaptation électrique pour augmenter la puissance recevable du site ou du transformateur le plus proche.



Implantation des panneaux photovoltaïques envisagée lors de l'étude de faisabilité photovoltaïque

1.3 Connaissance des ouvrages

Le Titulaire a l'obligation de s'informer sur la destination des ouvrages qui lui sont commandés, et il prendra connaissance de toutes les pièces du projet.

S'il estime que l'ouvrage qui lui est demandé est d'une construction insuffisante pour sa destination, il devra, avant toute exécution, informer le Maître d'Œuvre.

Par la suite, il ne pourra invoquer son ignorance pour éluder certains travaux indispensables à une réalisation parfaite et complète des ouvrages.

Le Titulaire sera seul juge des mesures à prendre et des moyens à mettre en œuvre pour mener à bien les travaux qui lui sont confiés.

1.4 Prestations dues

Les prestations à la charge du Titulaire comprennent :

- La fourniture et la mise en œuvre des ouvrages définis aux plans et descriptifs des dossiers Marché ;
- La documentation de fin de chantier ;
- La formation à destination du Maître d'Ouvrage en vue de l'exploitation de la centrale ;
- Et tous les autres frais et prestations, même non énumérés ci-dessus, mais nécessaires à la réalisation parfaite et complète des travaux.

Les renseignements sur l'état des lieux et des ouvrages fournis dans le dossier de consultation des entreprises ne dégagent en rien la responsabilité du Titulaire contractant qui sera tenu d'en vérifier l'exactitude et d'en informer le Maître d'Œuvre en cas de manquement.

Le Titulaire sera réputé avoir pris connaissance de l'ensemble du Dossier Marché de Travaux ainsi que les limites de prestations.

1.5 Conditions d'intervention

Le Titulaire est tenu de prendre toutes les dispositions afin de maintenir l'exploitation des sites dans les conditions optimales d'accès et de sécurité.

Le Titulaire devra respecter les procédures d'interventions ci-dessous :

- Tous les travaux impactant lourdement l'exploitation devront être programmés en accord avec la Maîtrise d'Ouvrage et devront être planifiés à minima quatre semaines avant l'intervention afin de limiter les gênes occasionnées à l'exploitation.

1.6 Obligation de résultats

Le Titulaire devra livrer au Maître d'Ouvrage un générateur photovoltaïque en parfait état de marche et parfaitement étanche et solide, quelles que soient les conditions météorologiques et atmosphériques rencontrées. En cas de défaut d'étanchéité ou de solidité, le Titulaire devra réaliser tous travaux complémentaires nécessaires et ce sans supplément de coût.

1.7 Vérification des niveaux et cotes

Les niveaux sont définis en fonction d'un point de comparaison. Le Titulaire est responsable du relevé de cotes pour l'implantation de ses ouvrages et devra informer le Maître d'Œuvre des erreurs, omissions ou anomalies qu'il aurait pu constater. Les prises de cotes pour les niveaux ngf, les fils d'eaux notamment sont particulièrement visés.

1.8 Etudes structures

Le Titulaire, en sa qualité de professionnel, est responsable de la conception et du dimensionnement de la structure supportant les panneaux photovoltaïques, ainsi que de sa parfaite compatibilité avec la charpente existante. Il fournira à ce titre une note de calcul complète.

L'étude structure spécifique à la toiture a été réalisée et est fournie en Annexe 1.

Il appartient au Titulaire d'analyser cette étude, de la vérifier au regard de son propre projet et de réaliser toutes les investigations complémentaires nécessaires. La solution technique finale qu'il proposera et mettra en œuvre restera sous sa pleine et entière responsabilité.

1.9 Relations avec les concessionnaires

Le Titulaire se mettra en relation avec les concessionnaires ou administrations compétentes en vue de satisfaire aux obligations de son marché (Enedis, GRDF, services techniques communaux, etc.).

1.10 Autorisations de travaux sur voirie

En cas de travaux à réaliser sur la voirie, le Titulaire déposera toute demande de voirie nécessaire à l'exécution de ses travaux (signalisation spécifique, changement de sens de circulation, rétrécissement de chaussée, etc.).

1.11 Prix global et forfaitaire

Le marché étant à prix global et forfaitaire, le Titulaire reconnaît avoir pris connaissance :

- De l'ensemble des documents du marché, notamment les éléments techniques du présent CCTP et de la DPGF ;
- Des lieux sur lesquels seront réalisés les travaux définis au Marché, ainsi que leurs moyens d'accès.

Le Titulaire ne pourra pas invoquer, après signature du Marché, la méconnaissance de l'environnement du chantier, ou des accès aux locaux, pour réclamer des suppléments au montant de sa soumission.

Certaines fournitures ou prestations, accessoires ou non, mais indispensables au complet achèvement des ouvrages, peuvent ne pas être explicitement décrites ou figurées :

- Soit par omission ;
- Soit parce qu'elles sont considérées comme normalement dues selon les règles de l'art ou les usages de la profession ;
- Soit qu'elles peuvent aussi résulter des prescriptions de documents techniques ou réglementaires.

L'absence des indications précitées n'ouvre pas au Titulaire le droit de s'en prévaloir pour se soustraire à ses obligations de bonne exécution et de finition des ouvrages.

Par ses connaissances professionnelles, le Titulaire doit suppléer aux imprévions ou insuffisances éventuelles des documents descriptifs et il suffit qu'un travail soit indiqué ou décrit dans l'une seulement des pièces écrites ou graphiques du Marché, pour que son exécution en soit exigible sans restriction ni réserve.

Il reste entendu que seront compris dans le prix forfaitaire, non seulement tous les travaux indiqués au dossier fourni par le Maître d'Ouvrage, mais aussi ceux implicitement nécessaires au parfait achèvement et au bon fonctionnement des ouvrages suivant toutes les règles de l'art.

1.12 Règlements

1.12.1 Considérations générales

Les travaux, objets du présent lot, seront exécutés conformément aux clauses et conditions générales des documents ci-après en vigueur à la date de remise des offres.

Les procédés de technique non courante doivent faire l'objet d'une accréditation par un organisme certificateur agréé. Les travaux devront être réalisés conformément à cette accréditation.

1.12.2 Normes et standards électricité

Les travaux devront respecter les normes et standards suivants :

- La norme NFC 15-100 et ses additifs, édition Décembre 2002, concernant l'exécution et l'entretien des installations électriques de première catégorie ;
- UTE C15 712-1 Installations photovoltaïques ;
- NF C 18 510 : carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité ;
- UTE C 15-443 : Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres : Choix et installation des parafoudres ;
- La norme NFC 14-100 de février 2008 mise à jour en mars 2011, édition au jour de la remise des offres, relative aux installations de branchement de 1ère catégorie comprises entre le réseau de distribution et l'origine des installations intérieures ;
- L'arrêté technique du 17 mai 2001 (UTE C11-001) relatif aux conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie ;
- L'arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension d'une installation de production d'énergie électrique, et sa version consolidée au 20 février 2010 ;
- Arrêté du 10 novembre 1976 et notes techniques annexes du Ministère du Travail (concernant la mise à la terre de toutes les masses) ;
- NF EN 61 721 et NF EN 61 215 : modules photovoltaïques ;
- NF EN 60 439 : coffrets et armoires électriques ;
- NF C 32 013 à NF C 32 510 : conducteurs et câbles ;
- CEI 61 000, DIN VDE 0126-1-1 : onduleurs ;
- UTE C 61-740-51 : Parafoudres connectés aux installations de générateurs photovoltaïques ;
- NF EN 60439 : Ensembles d'appareillage à basse tension ;
- NF EN 61386 : Systèmes de conduits pour la gestion du câblage ;
- NF EN 60529 (NF C20-010) : Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP) ;
- NF EN 62262 (NF C20-015) : Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK).

1.12.3 Normes et standards VRD et structure

- DTU 13.12 : Règles de calcul ;
- DTU 14.1 : Travaux de cuvelage ;
- DTU 20.1 : Ouvrages en maçonnerie de petits éléments ;

- DTU 21 : Exécution des travaux en béton ;
- DTU 23.1 : Murs en béton banché ;
- Règles Neiges et vents, Eurocodes, ensembles des Normes Françaises, règles RAGES, Cahiers du CTSB regroupant l'ensemble des préconisations relatives aux travaux de maçonnerie et gros œuvre ;
- NF EN 1991 – EUROCODE 1 – Actions sur les structures ;
- NF EN 1992 – EUROCODE 2 – Calcul des structures en béton ;
- NF EN 1990 – EUROCODE 8 – Bases de calcul des structures ;
- Le Cahier des Clauses Administratives Générales (CCAG) applicables aux marchés publics de travaux approuvé et l'ensemble des textes qui l'ont modifié ;
- Sauf articles expressément dérogés aux CCAP et CCTP le cas échéant.

1.12.4 Autres normes applicables

- Code du travail partie réglementaire, hygiène et sécurité ;
- Règles de sécurité contre l'incendie C12.201 et arrêté ministériel, 67.264 du 17/10/1967 ;
- C12.200 et additifs sur les établissements recevant du public ;
- NFC 18-XXX relatives aux mesures de protection et de prévention ;
- Normes parasismiques ;
- Normes guides, prescriptions provisoires et fiches d'interprétation de l'U.T.E., A.F.N.O.R., ISO, N.F ;
- Norme UTE C91-100 concernant la protection de la radio et de la télévision contre les troubles parasites ;
- De manière générale, à l'ensemble des textes législatifs et administratifs nationaux, départementaux et municipaux : lois, ordonnances, règlements, circulaires, arrêtés, décrets, etc. (sauf dérogations).

1.12.5 Couverture toiture

- Code du travail partie réglementaire, hygiène et sécurité Comprenant les prescriptions du cahier des charges DTU n°43-1 à 43.6, établi par le centre scientifique et technique du bâtiment, relatif à l'étanchéité des bâtiments.

1.12.6 Protection des travailleurs

- Règles pour la protection des travailleurs concernant les prescriptions du décret n°88.1056 du 14 novembre 1988 et ses additifs et circulaires d'application, portant règlement d'administration publique par l'exécution des dispositions du livre II du Code du Travail (titre II - Hygiène et Sécurité des Travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques).

1.12.7 Règles de sécurité

- L'arrêté du 22 octobre 1969, règles générales de construction ;
- Code de la Construction. Règles de sécurité concernant la protection des travailleurs ;
- L'arrêté pompe de 1986.

2. CONDITIONS GENERALES DE MISE EN ŒUVRE

Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) a pour objet de faire connaître le programme général de l'opération et de définir les travaux et leur mode d'exécution.

En conséquence, il demeure contractuellement convenu que le Titulaire devra l'intégralité des travaux nécessaires au complet et parfait achèvement des ouvrages, en conformité avec les plans et avec la réglementation et les normes contractuellement réputées connues.

Le Titulaire participant à l'opération est contractuellement réputé avoir parfaite connaissance de l'ensemble des documents constituant le CCTP.

À ce sujet, il est formellement stipulé qu'en aucun cas, le Titulaire ne pourra opposer entre eux les différents documents constituant le CCTP contractuel.

En tout état de cause, il est précisé que, dans le cas éventuel de divergences implicites ou explicites entre ces documents, la décision sera du ressort du Maître d'Œuvre.

2.1 Prescriptions générales

2.1.1 Avant la mise en œuvre

- Le Titulaire devra avoir effectué sur place toutes les reconnaissances des lieux nécessaires à son étude, avoir apprécié toutes les difficultés qu'il pourrait rencontrer du fait de la configuration de l'ouvrage, de ses servitudes ou de sa composition ;
- Le Titulaire sera réputé avoir vu les lieux et s'être rendu compte de leur situation exacte, de l'importance et de la nature des travaux à effectuer et de toutes les difficultés et sujétions pouvant résulter de leur exécution ;
- S'assurer sur place de la possibilité de suivre les cotes et les prescriptions décrites dans ce CCTP ;
- Se procurer les fiches techniques et Procès-Verbal de classement de tous les matériaux qu'il propose d'utiliser, dans le cadre du CCTP, pour présentation au Maître d'Œuvre, et approbation. La mise en œuvre de tout produit n'ayant pas été agréé par le Maître d'Œuvre (et le Bureau de Contrôle si nécessaire), sera refusée et la dépose et la fourniture de nouveaux matériaux agréés par la Maîtrise d'Œuvre sera à la charge du Titulaire, y compris l'incidence sur le planning des travaux ;
- Établir le calendrier détaillé d'exécution tenant compte des prévisions :
 - En effectif et qualification du personnel de maîtrise et ouvrier ;
 - Des dates des commandes des produits spéciaux ou manufacturés ;
 - Des dates de remise de documents, plans, etc. ;
 - Des dates de mise en fabrication en atelier ;
 - Des dates d'approvisionnement sur chantier ;
 - Des dates et temps d'exécution des différentes phases d'intervention.

2.1.2 En cours de travaux

- Informer le Maître d'Œuvre en temps utiles de tout retard prévisible dans l'exécution de certaines de leurs activités par suite de défaut d'approvisionnement, engins ou matériel accidentés, manque d'informations techniques, etc. ;
- Pouvoir présenter à la demande du Maître d'Œuvre un certificat ou facture de leur fournisseur, garantissant que le choix des matériaux et des fournitures sont bien conformes aux prescriptions du devis descriptif (CCTP) ;
- Prendre toutes les mesures utiles pour assurer la parfaite protection et conservation des matériaux et fournitures, tant avant qu'après leur mise en œuvre, et donc pouvoir répondre de leur état et de l'absence de défaut caché ;
- S'assurer auprès du Maître d'Œuvre, avant toute commande de fournitures spéciales, articles préfabriqués ou manufacturés, que les éléments prévus au Marché ne seront pas modifiés, tant dans leur nombre que dans leurs caractéristiques.

2.2 Prescriptions particulières

2.2.1 Dispositions constructives

Les supports de couverture toiture seront réceptionnés, le fait d'avoir commencé les travaux constituera l'acceptation sans réserve de ceux-ci.

La réception des supports consiste à contrôler si le support est apte à recevoir une centrale photovoltaïque notamment sur les points suivants :

- L'état de surface du support existant ;
- La planéité compte tenu des tolérances réglementaires ;
- La compatibilité du complexe d'étanchéité avec le système d'intégration projeté.

L'ensemble des travaux préparatoires nécessaires sur le support sera pris en charge par l'entreprise du présent lot.

Le Titulaire est tenu de respecter les conditions préalables requises pour la réalisation ou la pose des ouvrages. Les découpes et pénétrations diverses nécessaires seront réalisées avec le plus grand soin.

2.2.2 Réservations

Réservations

Toutes les réservations dans les ouvrages lourds en maçonnerie ou béton armé, seront dues par le Titulaire suivant les demandes formulées par les autres corps d'état en temps utile. Une fois les fluides passés, le Titulaire devra la reconstitution de la paroi et des degrés coupe-feu au droit de la paroi.

Les percements, saignées et rebouchages dans les cloisons légères de distribution ou doublages intérieurs de façade sont à la charge de chaque corps d'état concerné.

Bourrage divers et calfeutrements

Tous les trous, trémies, passages réservés dans les bétons ou maçonneries lourdes seront bourrés par le Titulaire après passage des autres corps d'état.

Les calfeutrements au pourtour des bâtis dormants et sous pièces d'appui des menuiseries extérieures seront à la charge du Titulaire

Traçage et implantation des cloisonnements

Tous les tracés des cloisonnements de maçonnerie sont à la charge du Titulaire et seront exécutés sur place.

Scellements

Les scellements définitifs des ouvrages dans le gros-œuvre (béton ou maçonnerie) seront réalisés par le Titulaire.

Les réglages, maintiens provisoires, pattes à scellement restant à la charge des corps d'état concernés.

2.2.3 Aciers

Armatures courantes

Elles seront façonnées et assemblées en usine ou atelier.

Les barres verticales d'attente seront crossées pour des raisons de sécurité. Ces armatures seront conformes en caractéristiques et façonnage aux réglementations.

2.2.4 Moyens de levage

Ces installations, ainsi que la formation du personnel les utilisant, seront en tous points conformes aux réglementations en vigueur. Le Titulaire est chargé de remettre toutes les notes de calculs et plans de montage exigés par la Maîtrise d'Œuvre, le Contrôleur Technique ou le CSPS. Ces documents justifieront les principes de constructions de la plateforme et seront à la charge du Titulaire.

Le prix des moyens de levage nécessaire à l'exécution des ouvrages est implicitement compris dans le prix des dits ouvrages.

2.3 Choix des matériaux

Qualité et origine des matériaux

Avant tout début de travaux, le Titulaire s'assurera que les différents produits prévus au présent CCTP conviennent parfaitement à l'emploi envisagé. Tous les produits à utiliser devront être adaptés aux conditions rencontrées et en fonction de l'exposition des surfaces extérieures et intérieures, exposition en atmosphère agressive, etc. Les produits de marque seront uniquement utilisés suivant le mode d'emploi obligatoirement indiqué par le fabricant, les travaux préparatoires devront être compatibles avec ces produits de marque.

L'ensemble des matériaux proposés par le Titulaire devra posséder un avis technique valide au moment des travaux qui sera à fournir au Maître d'Œuvre et au Bureau de Contrôle en phase chantier. Les recommandations des fabricants seront strictement observées et leur avis sera requis avant le démarrage du chantier.

Le Titulaire du présent lot vérifiera que les supports sont conformes aux DTU. Les matériaux et produits devant être mis en œuvre dans les ouvrages à la charge du présent lot seront neufs et de première qualité, et devront impérativement répondre aux conditions et prescriptions ci-après.

Qualité environnementale

Le Titulaire spécifiera l'impact environnemental des matériaux proposés dans son offre ainsi que l'origine des matériaux constitutifs pour leur fabrication et leur lieu d'assemblage.

Matériaux et produits prévus dans les DTU ou faisant l'objet de normes NF ou EN ou ISO

Ils devront répondre au minimum aux spécifications de ces documents.

Matériaux et éléments fabriqués

Ils devront toujours pouvoir justifier d'un avis technique, d'un procès-verbal d'essais, ou autre pièce officielle certifiant qu'ils sont aptes pour l'emploi envisagé. Tous les ouvrages du présent lot seront exécutés suivant les règles de l'Art et la bonne construction. Ils seront efficacement protégés au cours de leur mise en œuvre et durant les travaux des autres corps d'état.

Le Titulaire sera tenu de respecter toutes les finitions données qui seront choisies par le Maître d'Œuvre.

2.4 Protection des ouvrages

Les articles en métal ferreux devront être protégés contre la corrosion, et ce avant la mise en œuvre sur le chantier. En fonction de leur type, cette protection pourra être réalisée par décalaminage, dégraissage, galvanisation, brossage, dépolissage, etc.

Le Titulaire sera responsable de ses ouvrages jusqu'à la réception des travaux, il prendra donc toutes dispositions pour assurer leur protection d'une manière efficace et durable et devra réaliser un nettoyage final avant la réception.

2.5 Propreté et protection du site

Le chantier devra être constamment en parfait état de propreté. Le Titulaire devra :

- Les protections de sol, mur, escaliers, etc. qu'il jugera nécessaire ;
- L'enlèvement des gravats, emballages ainsi que le nettoyage intégral de sa zone d'intervention ;
- Prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la protection de l'étanchéité des terrasses au niveau de leur zone de travail (cheminements compris) ;
- Réaliser un état des lieux des parties communes et/ou des tiers avoisinants avant les travaux. Un état des lieux contradictoire sera réalisé en fin de chantier ;
- Mettre en place une protection au sol (type tapis) pour préserver la propreté de l'espace de circulation, pendant toute la durée des travaux ;
- La protection et le nettoyage de ses ouvrages et des locaux, après manutention ou après pose et enlèvement des gravois, afin de livrer les locaux, les matériels ou les installations, en parfait état de propreté.

Si le Titulaire tentait de se soustraire à l'obligation d'enlever les matériels ou gravats provenant de ses travaux, le Maître d'Œuvre ferait alors procéder après mise en demeure, au nettoyage par une entreprise spécialisée, aux frais uniques du Titulaire défaillant.

Un nettoyage minutieux des zones de travail devra être réalisé, à charge au Titulaire d'en organiser la prestation.

Le nettoyage des cantonnements intérieurs et extérieurs, des accès et des zones de passage, ainsi que des zones de travail, est effectué quotidiennement.

Le brûlage des déchets sur le chantier est interdit (loi 61-842 du 2 Août 1961 et 92-646 du 13 Juillet 1992),

Le stockage des matériaux doit être réalisé correctement et proprement, le matériel doit être rangé quotidiennement.

Si malgré les prescriptions ci-dessus, le chantier n'était pas maintenu dans un état de propreté suffisant pendant l'exécution des travaux, ou si les locaux n'étaient pas livrés dans l'état de nettoyage définitif demandé par les pièces du contrat, le Maître d'Œuvre pourra en l'absence du responsable, ordonner à chaque fois qu'il le jugera nécessaire, le nettoyage général du chantier, les frais correspondants étant à imputer au Titulaire défaillant.

En résumé, le Titulaire doit enlever par ses propres moyens ou dans la benne de chantier, le cas échéant, les gravois et déchets provenant de ses propres travaux, tant dans l'emprise des bâtiments qu'aux abords de ceux-ci et sur l'ensemble du terrain réservé à l'opération.

Tous les travaux de reprises en cas de dégradation sont à la charge du Titulaire.

2.6 Nettoyage quotidien après intervention dans les locaux occupés

Le Titulaire prévoira le nettoyage après chaque intervention. S'il est constaté un manquement dans la prestation de nettoyage, la Maîtrise d'ouvrage fera appel à une entreprise extérieure aux frais du Titulaire.

2.7 Nettoyage complet hebdomadaire des abords et entretien des locaux de chantier

Le Titulaire doit le nettoyage complet des abords (compris l'évacuation de tous les déchets, emballages et gravois) et des locaux de chantier une fois par semaine pendant la durée totale des travaux.

Tous les ouvrages seront livrés en parfait état d'achèvement, de propreté et de finition.

S'il est constaté un manquement dans la prestation de nettoyage, le Maître d'Œuvre fera appel à une entreprise extérieure aux frais du Titulaire.

2.8 Nettoyage de fin de chantier

Le Titulaire sera responsable de ses déchets et devra en assurer l'évacuation et le traitement par la filière appropriée. Il sera tenu d'évacuer tous matériaux, déchets, emballages, accessoires de transport ou de manutention, fournitures excédentaires ou refusées, approvisionnés par lui sur le chantier.

Les récépissés de décharge seront à fournir au Maître d'Œuvre.

Toutes sujétions nécessaires à l'évacuation des déchets sont jugées comprises dans la prestation, notamment les frais liés à la mise en œuvre de goulottes ou de bennes, les taxes de dépôt et de traitement.

NB : Il conviendra au Titulaire de se conformer au décret du 18 avril 2002 comportant, d'une part, la Décision 2001/573/CE qui établit la liste des déchets et, d'autre part, la Directive 91/689/CE qui définit un déchet dangereux.

S'il est constaté un manquement dans la prestation de nettoyage, le Maître d'Œuvre fera appel à une entreprise extérieure aux frais du Titulaire.

2.9 Etudes et plans de conception et d'exécution

Les plans et schémas fournis à l'appui de ces CCTP sont des documents guides et non des documents d'exécution chantier.

D'une manière générale, les plans d'exécution sont établis en totalité par le Titulaire ainsi que tous les études et plans complémentaires nécessaires à la parfaite exécution de tous les ouvrages ou demandés par la Maîtrise d'Œuvre.

Les plans d'exécution et les notes de calculs présenteront toutes les combinaisons d'efforts à prendre en compte pour le dimensionnement des équipements et des ouvrages. Ces documents seront rédigés en français.

Les notes de calculs définissent ou rappellent les méthodes utilisées, les hypothèses retenues et les valeurs numériques des différents paramètres ou coefficients. Elles fournissent les résultats intermédiaires nécessaires pour suivre le cheminement du calcul. Les résultats conditionnant le dimensionnement sont préférentiellement présentés sous forme de tableaux ou graphiques.

Les études d'exécution sont soumises au visa du Maître d'Œuvre suivant les dispositions spécifiées au présent marché de travaux. En tant que de besoin, elles pourront être soumises dans les mêmes conditions à l'avis du contrôleur technique.

Sur la base du programme général des travaux, éventuellement actualisé, le Titulaire établira et soumettra suffisamment tôt les études d'exécution au Maître d'Œuvre de manière à disposer des plans visés 20 jours avant le démarrage des dits travaux. L'approbation ou les remarques et réserves concernées seront données par le Maître d'Œuvre dans les 15 jours après la remise des pièces. Le Titulaire aura un délai de 15 jours à compter de la réception des observations pour renvoyer ces documents ayant fait l'objet d'observations. Le Maître d'Œuvre examinera les documents corrigés dans un délai de 15 jours. En deçà des 20 jours, les plans indicés modificatifs seront pris en compte dans la mesure du possible par le Maître d'Œuvre.

Si en cours d'exécution, des modifications apparaissent nécessaires, elles devront faire l'objet de rectifications aux plans correspondants. Toute opération, quelle qu'elle soit, ou toute autre modification qui n'aura pas fait l'objet de l'approbation préalable du Maître d'Œuvre, ne sera pas prise en compte lors des règlements et pourra faire l'objet, si le Maître d'Œuvre le juge nécessaire, de démolition et reconstruction partielle ou totale sans indemnité.

L'accord donné par le Maître d'Œuvre ne diminuera en rien la responsabilité du Titulaire qui restera pleine et entière.

Un exemplaire des documents du marchés et des documents d'exécution devra en permanence être disponible sur le chantier. Les études d'exécution comprennent l'ensemble des plans de chantier et des plans d'atelier.

D'une manière générale, le Titulaire devra faire réaliser l'ensemble des notes de calculs et plans d'exécution nécessaires à la parfaite réalisation des ouvrages.

Le Maître d'Œuvre se réserve le droit d'exiger des compléments préalablement à la réception s'il est jugé que le dossier produit est insuffisant pour justifier la pérennité des ouvrages.

Les études couvrent les ouvrages réalisés par le Titulaire. Les études couvrent notamment (liste non exhaustive)

- Notes de calcul :
 - Notes de dimensionnement de l'ensemble du câblage et des protections électriques ;
 - Étude de sélectivité des protections électriques ;
 - Etude et dimensionnement des lestage en fonction des caractéristiques de chaque structure-support proposées par le Titulaire des modules PV et des postes électriques ;
- Plans d'implantation :
 - Les plans d'implantations relatifs aux aménagements provisoires de chantier, avec plan de circulation et emplacement du point de rassemblement ;
 - Plans d'implantation de l'ensemble des équipements électriques ;
 - Plans d'implantation des liaisons (câbles et chemins de câbles) et jusqu'aux locaux techniques ;
- Plans de détail :
 - Carnet de détail des ouvrages de couverture.
- Schémas électriques :
 - Schémas de l'ensemble des coffrets ;
 - Schémas complets des installations mises en œuvre (Cfo, Cfa).
- Plans et documents relatifs aux matériels :
 - Spécifications techniques des matériels : Canalisations électriques et leurs connexions ; Conduits ; Protections électriques ; Coffrets et autres équipements électriques ; Matériaux et produits de couverture ; Tout élément de fixation ;
 - Nomenclatures ;
 - Notices de montage et documentation permettant de juger du respect l'engagement d'agrément CSTB ou une Enquête Technique Nouvelle ;
 - Notice de mise à la terre des modules conforme à l'ETN.

2.10 Documentation de fin de chantier

2.10.1 Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)

D'une façon générale le Dossier des Ouvrages Exécutés qui est rendu au Maître d'Œuvre est composé de :

- L'ensemble des éléments nécessaires à l'exécution, mis à jour selon les modifications apportées aux ouvrages construits ;
- L'ensemble des Manuels d'Exploitation-Maintenance ;
- L'ensemble des fiches d'autocontrôle et les rapports d'essais.

Suivant les travaux, des spécifications particulières peuvent être demandées.

Les DOE sont remis au Maître d'Œuvre avant les Opérations Préalables à la Réception :

- En format numérique PDF et/ou Microsoft Word pour tous les documents ;
- Sur fichier AUTOCAD DWG pour l'ensemble des plans et les pièces graphiques ;
- Sur fichier format ACROBAT pour les notices constructeur et autres documents ;
- Sur fichier WORD et EXCEL pour l'ensemble des programmes courants.

2.10.2 Dossier d'Intervention Ulérieure sur les Ouvrages Exécutés (DIUO)

Le Dossier d'Intervention Ulérieure sur les Ouvrages, est constitué sur la base des éléments demandés par le CSPS. La remise de ces documents dans le format souhaité par le CSPS doit se faire au plus tard lors de la demande de réception par le Titulaire.

2.11 Essais et réception

La prestation inclut tous les essais prévus par les normes et toutes les vérifications et essais complémentaires demandés par le Maître d'Œuvre de façon à pouvoir juger de la qualité des ouvrages.

Les essais seront effectués par le Titulaire et le matériel nécessaire aux essais (y compris alimentation électrique temporaire) sera à sa charge. Tout l'appareillage et le personnel outillé nécessaire aux essais seront mis à disposition par le Titulaire pour les réaliser. Ceci jusqu'à ce que les essais soient concluants.

D'une façon générale, l'ensemble des frais d'essais, de contrôle, de paramétrage, jusqu'à l'obtention des objectifs et performances fixés sont inclus dans le forfait du Titulaire.

La prestation inclut l'ensemble des contrôles à vide des installations électriques. Les principales tâches sont données ci-après :

- La vérification et la compilation des essais usine et essais réglementaires sur les matériels électriques fournis ;
- La vérification du bon câblage des équipements fournis (tenants, aboutissants...) ;
- La vérification de la conformité des raccordements réalisés sur les matériels (serrage, marquage...) ;
- La vérification de l'isolement des câbles ;
- La vérification de la résistance des terres ;
- Le relevé des tensions des différents circuits d'alimentation BT ;
- Le relevé des intensités absorbées sur chacune des phases des différents circuits effectués aux mêmes moments que le relevé des tensions correspondant ;
- Mise en service de la Centrale ;
- Inspection des panneaux par caméra thermique en vue d'identifier de potentiels points chauds et fourniture des fichiers photos ;
- Période de dix jours (10 jours) consécutifs de tests de performances à compter de la mise en Service ;
- Réception ;
- Levée des réserves puis constatation du parfait achèvement.

Ces contrôles feront l'objet d'un rapport validant la possibilité de la mise en service du point de vue de la sécurité des biens et des personnes.

La recherche de l'ensemble des pannes et dysfonctionnements à ce stade est incluse dans la prestation.

Le Titulaire sera tenu, pendant la garantie de parfait achèvement d'une année à compter de la date de réception, de procéder à la reprise ou réparation des désordres signalés par le Maître d'Œuvre.

3. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

3.1 Principe d'implantation des équipements

3.1.1 Implantation type des modules – Champ en toiture

Une étude de faisabilité a montré que la puissance crête de la centrale sur toiture devra être de 21,6 kWc.

L'entrepreneur devra établir un plan d'implantation des panneaux sur la toiture en tenant compte des contraintes techniques suivantes :

- Implantation sur la structure existante en toiture ;
- Implantation des points d'ancrage ;
- Implantation à plus de 1m de tout obstacle en toiture (skydomes, événements, etc.) ;
- Zone de cheminement de 1m minimum autour de la centrale en prévision des activités liées à la maintenance et aux éventuelles interventions de dépannages ;
- Zone de cheminement des câbles sécurisée entre la centrale et le point d'entrée du bâtiment.

3.1.2 Autres équipements

Cheminement des câbles en extérieur et mise en place de l'onduleur – Champ en toiture

Les câbles DC chemineront dans des chemins de câble jusqu'à l'onduleur en toiture, pour une longueur totale d'environ 75 mètres linéaires.

Les câbles AC chemineront sur la toiture depuis l'onduleur, pénétreront dans le bâtiment via une crosse Ø100 mm prévue à cet effet par le lot étanchéité, puis à travers la gaine technique et en faux-plafonds jusqu'au Tableau Général de Basse Tension (TGBT) au rez-de-chaussée, pour une longueur totale d'environ 45 mètres linéaires. Ils traverseront le placard électrique accueillant le tableau divisionnaire Q8 au R+2, jusqu'au rez-de-chaussée, puis par le couloir 1-C07 jusqu'au local TGBT 1-013.

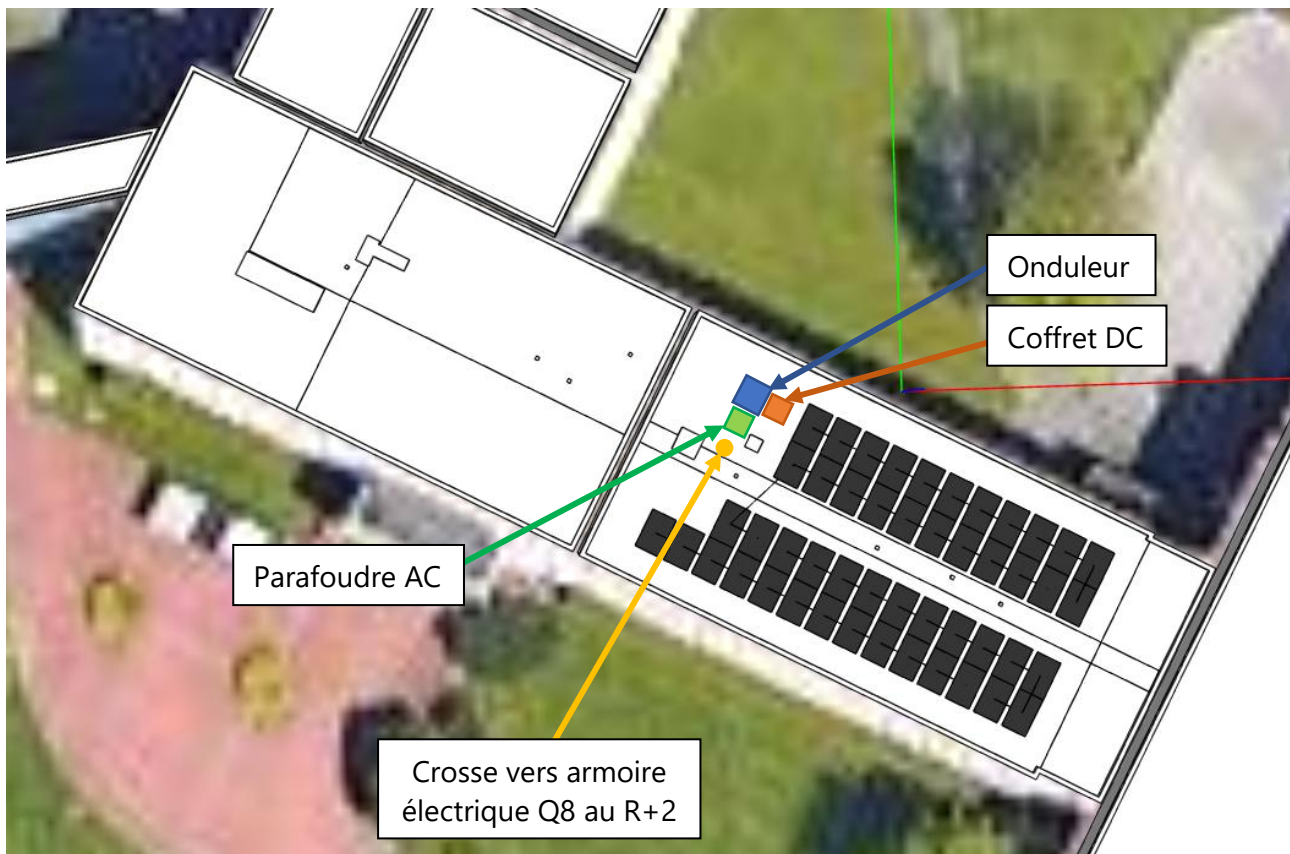
Les cheminements des câbles sont représentés en Annexe 2. Les plans du rez-de-chaussée, du R+2 et de la toiture sont respectivement présents en Annexes 3, 4 et 5.

Le schéma unifilaire de l'installation est présent en Annexe 6.

Le cheminement et les distances sont donnés à titre indicatif pour permettre le calcul de faisabilité. Les longueurs réelles de câblage devront être déterminées sur site par le Titulaire. La conformité à l'exigence de chute de tension ($\Delta U \leq 1\%$) reste due quelle que soit la longueur finale constatée, sans modification du périmètre technique de la prestation.

Coffrets et raccordement AC

Le parafoudre AC sera placé au plus proche de l'onduleur, en toiture. Le coffret AC sera implanté dans le local technique du TGBT accueillant déjà les installations existantes.



Représentation de l'emplacement des gaines techniques et de l'implantation envisagée

3.2 Installations de chantier

Le Titulaire fournira au Maître d'Œuvre, un plan d'installation de chantier et un plan de prévention pour approbation.

Le Titulaire prévoira les installations nécessaires à ses employés dans le respect du code du travail.

Le Titulaire du marché prévoira la mise en œuvre d'un coffret provisoire de chantier et assurera l'enlèvement des déchets à l'avancement du chantier.

3.3 Travaux préparatoires et de finition

3.3.1 Protection

- Tous les aspects de sécurité de chantier et des personnes auront été anticipés avec notamment la Maîtrise d'Ouvrage ;
- Les dispositifs de chantier seront sélectionnés avec le souci permanent de préserver la sécurité et le confort des locataires ;
- Les équipements de protection collectifs obligatoires devront être installés, à savoir des protections provisoires collectives contre les chutes ;
- En cas d'impossibilité d'usage de protections collectives, des équipements de protection individuels adaptés pourront être proposés. Le Titulaire veillera à leur bonne utilisation par ses employés.

3.3.2 Autres travaux de dépose et repose

L'ensemble des opérations de dépose/repose de matériels, matériaux nécessaires à la mise en place du système photovoltaïque est réputé compris dans les prestations du présent marché.

Autres travaux de dépose

Tout autres travaux de dépose nécessaires à la mise en place du système photovoltaïque seront assurés par le Titulaire sous la validation du Maître d'Œuvre.

3.3.3 Affichages de sécurité

Des affichages doivent être prévus :

- Au dispositif de mise hors tension du bâtiment ;
- Sur les plans du bâtiment destinés à faciliter l'intervention des secours ; ils doivent signaler les emplacements du local TGBT.

Le pictogramme dédié au risque photovoltaïque est apposé :

- À l'extérieur du bâtiment à l'accès des secours ;
- Aux accès supports, aux volumes et aux locaux abritant les équipements techniques relatifs à l'énergie photovoltaïque ;
- Sur les câbles en courant continu tous les 5 m ;
- La nature et les emplacements des installations photovoltaïques sont précisés sur les plans et consignes incendie.

3.4 Percements et réservations

Tous les percements, réservations, scellements et calfeutrements nécessaires pour faire passer les liaisons électriques vers le TGBT seront réalisés par le Titulaire. Sont à prévoir à minima les percements nécessaires au passage des câbles ou à la fixation d'équipements.

Le Titulaire devra la reconstitution de la paroi et des degrés coupe-feu au droit de la paroi. Les percements, saignées et rebouchages dans les cloisons légères de distribution ou doublages intérieurs de façade sont à la charge du présent lot.

Un plan d'exécution devra être réalisé par le Titulaire et sera soumis à l'approbation du Maître d'Œuvre.

3.5 Tableau Général Basse Tension (TGBT)

3.5.1 Raccordement et éléments électriques :

Raccordement, sortie de câbles et câblages

- Le guidage des câbles à l'intérieur de l'armoire doit être prévu à l'aide de ferrures, permettant ainsi la fixation des câbles avec des colliers ;
- Les câbles supérieurs ou égaux à 10 mm² seront posés en nappes non jointives ;
- Les câbles de section inférieure ou égale à 6 mm² seront posés sous goulottes largement dimensionnées et préservant une réserve minimale de 20% en volume ;
- Les raccordements intérieurs se feront par cosse ou embouts pré-isolés correspondant à la section du fil utilisé. Il sera utilisé dès que possible des connexions par borne automatique ;
- Les raccordements supérieurs à 6 mm² s'effectueront par le biais de borniers à cage à ressort ;
- Les bornes seront automatiques ;

- L'ensemble du câblage réalisé en fils HO7 VK sera passé sous goulottes plastiques ;
- Les câbles DC seront de type résistant aux UV ;
- Les câbles AC présents en extérieur seront placés sous goulotte anti-UV ;
- La section des barres de neutre sera égale à la section des barres de chacune des phases ;
- Les liaisons seront préférablement en cuivre.

Éléments de sécurité photovoltaïque

Les éléments de sécurité suivants devront être présents dans le TGBT. S'ils ne sont pas présents, ils devront être mis en place par le Titulaire du présent lot :

- Fourniture et pose du boîtier AC :
 - Dispositif de protection contre les surtensions adaptées aux circuits AC (conformes à la NF EN 61643-11) ;
 - Type I ou II suivant justifications :
 - Utilisation d'un coffret avec indice de protection minimum IP44 ;
 - Inclus dispositif de consignation du coffret (consignation par outil ou cadenas) ;
 - Inclus étiquettes de repérage « Coffret AC PV ».
- Interrupteur sectionneur général 100 A ;
- Fourniture et pose d'un ou plusieurs disjoncteur(s) différentiel(s) dimensionné en fonction de la puissance de la centrale photovoltaïque ;
- Fourniture et pose d'un disjoncteur « Monitoring » ;
- Fourniture et pose d'un disjoncteur « Capteur irradiance ».

Ils doivent être conformes aux normes en vigueur.

Les pouvoirs de coupure des disjoncteurs doivent être au moins égaux à l'intensité de court-circuit présumée au point du système de distribution où ils sont installés.

3.5.2 Procédures de Raccordement et Consignation

Le Titulaire intervient sur une installation électrique en exploitation. Il doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour garantir la sécurité lors du raccordement et fournir les éléments indispensables à la consignation future de l'installation par les services techniques du Maître d'Ouvrage.

Le raccordement de la centrale photovoltaïque au TGBT existant sera considéré comme une intervention sur un ouvrage en exploitation.

Au plus tard 15 jours avant son intervention, le Titulaire devra soumettre au Maître d'Œuvre une procédure détaillée de raccordement.

Cette procédure devra impérativement inclure :

- Le phasage des opérations de mise hors tension partielles du TGBT ;
- Les modalités de consignation de l'AGCP (Q30) ou des départs concernés ;
- Les mesures de Vérification d'Absence de Tension (VAT) avant toute connexion ;
- Le plan de prévention spécifique à cette intervention.

Aucune intervention sur le TGBT ne pourra avoir lieu sans la validation écrite de cette procédure par le Maître d'Œuvre.

Le Titulaire doit fournir l'ensemble des moyens matériels et documentaires pour assurer une consignation claire et sécurisée de la double source d'alimentation (Réseau + PV), conformément à la norme NF C 18-510.

Le disjoncteur général de la centrale PV (situé dans le coffret AC, lui-même implanté dans le local TGBT) devra être cadenassable en position "Ouvert" (ou "O").

Le Titulaire doit la fourniture et la pose des étiquettes réglementaires, notamment :

- Un pictogramme "Risque Photovoltaïque" et "Double Alimentation" visible sur la porte du TGBT ;
- Un étiquetage "Coupure Générale Photovoltaïque" sur l'organe de coupure AC ;
- Un étiquetage "Attention - Double Alimentation" sur l'AGCP (Q30) et sur le jeu de barres principal ;
- Toutes les étiquettes devront respecter la charte graphique demandée par le CNRS : fond noir, écriture blanche.

Le Titulaire fournira, pour validation, une procédure d'exploitation et de consignation claire (destinée aux agents de maintenance du Maître d'Ouvrage).

Cette procédure devra être fournie en version numérique et en version physique plastifiée (format A4 ou A3), à apposer dans le local TGBT.

Cette procédure devra décrire à minima les trois scénarios suivants :

- Consignation de la source PV (pour maintenance de l'onduleur ou de la centrale) ;
- Consignation du TGBT (pour maintenance sur les départs "consommation") ;
- Consignation Générale du site (coupure ENEDIS + PV).

3.5.3 Eléments de sécurité

Les éléments de sécurité suivants devront être présents dans le TGBT. S'ils ne sont pas présents, ils devront être mis en place par le Titulaire du présent lot :

- Parafoudre ;
- Télécommande d'arrêt d'urgence ;
- Un arrêt d'urgence de type actif à sécurité positive (bouton « coup de poing » à accrochage et déverrouillage par clé ou rotation) ;
- Un voyant « défaut » ;
- Un voyant « coupure » ;
- Un voyant « sous-tension ».

3.5.4 Modification TGBT

Le Titulaire du présent lot est responsable de toutes modifications du TGBT qui seront faites dans le cadre des travaux, ainsi que des conséquences qu'elles entraînent, et veillera à ce que le Maître d'Ouvrage n'en soit pas incommodé.

3.6 Réseau de terre

3.6.1 Liaisons équipotentielles

Toutes les liaisons équipotentielles sont à la charge du Titulaire et comprendront notamment :

- Mise à la terre de chaque module individuellement par un V/J de section au moins égale à la section des câblages des modules (minimum 4 mm²) ;
- Les chemins de câbles : des rondelles bimétalliques adaptées seront mises en œuvre pour la mise à la terre des chemins de câbles ;
- Les coffrets électriques ;

- Les supports et châssis métalliques des panneaux ;
- 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) devront être mises à la terre.

3.6.2 Interconnexion avec la terre du bâtiment

Pour permettre l'interconnexion des terres des champs solaires avec la terre du bâtiment, la liaison équipotentielle principale de l'installation solaire sera raccordée au niveau de la barrette de terre du bâtiment. La section sera déterminée selon la NFC 15 100, au minimum 16 mm².

3.7 Modules photovoltaïques

Le Titulaire proposera un type de module photovoltaïque en monocristallin.

La puissance de la centrale sera constituée d'un seul type de modules (gamme de produit et puissance unitaire de modules).

Spécifications générales des modules PV

Les modules PV devront impérativement comporter les éléments suivants :

- Une face supérieure en verre trempé transparent avec revêtement antireflet, une attention particulière sera portée sur les caractéristiques du verre ;
- Une ou plusieurs cellules PV encapsulées dans une protection étanche et connectées entre elles ;
- Une ou deux boîte(s) de jonction contenant 2 câbles préinstallés avec connecteurs ;
- Une ou plusieurs diode(s) by-pass dans la boîte de jonction ;
- Un cadre aluminium anodisé adapté au mode de pose.

Tolérance de puissance crête des modules

Le Titulaire devra préciser la tolérance de puissance crête des modules fournis.

Étant donné qu'une large plage de tolérance réduirait l'efficacité de la centrale PV, la valeur de ladite tolérance de puissance crête constitue un paramètre important dans le choix des modules.

La tolérance de puissance crête des modules ne pourra pas excéder $\pm 3 \%$.

Marquage

Chaque module devra porter les marquages suivants (lisibles et indélébiles) :

- Nom, monogramme ou symbole du fabricant ;
- Type ou numéro du modèle ;
- Numéro de série ;
- Polarité des bornes ou conducteurs (les codes de couleur sont autorisés) ;
- La tension système maximale que le module peut supporter ;
- Les valeurs nominales, minimales et maximales de la puissance crête dans des conditions de test standards (STC), telles que spécifiées par le fabricant pour chaque type de produit.

La date et le lieu de fabrication doivent être lisiblement indiqués sur le module, ou doivent être traçables grâce au numéro de série.

Conditions sur site

Les modules PV doivent pouvoir supporter les conditions extrêmes suivantes :

- Température ambiante : -40°C à + 85°C (selon norme CEI 61125) ;
- Vent : jusqu'à 150 km/h en rafale (selon NV 65) ;
- Capacité de charge mécanique : jusqu'à 5400 Pa (selon norme CEI 61125) ;
- Résistance à la grêle : grêlons \leq 25 mm, vitesse \leq 23 m/s (selon norme CEI 61125).

Évaluation environnementale

L'évaluation carbone simplifiée des modules proposés devra être inférieure ou égale à 550 kgCO₂/kWc. La méthode utilisée pour cette évaluation carbone sera celle proposée en Annexe 6 de l'arrêté tarifaire du 6 octobre 2021 dit « S21 ».

La valeur de l'évaluation carbone simplifiée devra être justifiée par un Certificat Evaluation Carbone Simplifiée (faisant référence à la méthodologie citée ci-dessus) à fournir dans l'offre du candidat.

Provenance des produits

Le Titulaire devra indiquer en toute transparence les lieux de fabrication et d'assemblage des composants des modules PV.

En particulier, il sera demandé une décomposition de la localisation géographique au minimum selon les étapes suivantes :

- Site de réalisation des étapes du processus de transformation des lingots de silicium aux plaquettes de silicium des modules PV ;
- Site de réalisation des étapes du processus de transformation des plaquettes de silicium aux cellules des modules PV ;
- Site de réalisation des opérations de soudages des cellules, d'assemblage et de lamination des cellules et de tests électriques des modules PV.

Garantie produit :

Le Titulaire devra proposer des modules PV ayant une garantie d'au moins 25 ans sur le rendement de production (minimum 80 %) et 10 ans sur le produit.

Bien entendu, le Titulaire est libre de proposer des modules PV avec de meilleures conditions de garantie. Ces conditions complémentaires seront prises en compte au moment de l'évaluation des offres.

Cette garantie produit concerne tout défaut et vice de matériel ou de fabrication. Elle comprend le remplacement des modules sur site avec :

- Le démontage des modules défectueux ;
- Prise en charge des pertes de productible ;
- Le montage et le recâblage des modules de remplacement en parfait état de fonctionnement ;
- Le transport des modules de remplacement et la prise en charge des modules défectueux.

Le Titulaire devra détailler les modalités de validation de la perte de productible au-delà de la garantie, il devra notamment préciser :

- La procédure in situ de contrôle de performance (mesures sur site, utilisation du monitoring...) ;

- Les modalités du choix de l'échantillon de modules à envoyer auprès d'un organisme indépendant (critères de choix, taux de modules à tester...);
- La procédure de détermination des modules défaillants ;
- Les modalités de prise en charge financière de ces vérifications et contrôles.

Résistance au feu :

Le Titulaire sera tenu de fournir au Maître d'Ouvrage un Procès-Verbal de résistance au feu par un laboratoire agréé.

Dans la mesure du possible, les panneaux PV sélectionnés ne doivent pas comporter d'isolation en mousse plastique expansée.

3.8 Montage des capteurs - Étanchéité

3.8.1 Système de fixation des modules – Champ en toiture

Le Titulaire devra au présent lot la fourniture et pose du système d'intégration des modules photovoltaïques sur un support de type bacs lestés. Le système d'intégration devra posséder les caractéristiques suivantes :

- Compatible avec l'inclinaison et les dimensions souhaitées des panneaux photovoltaïques ;
- Garantie sur 10 ans ;
- Bénéficiant d'une évaluation technique : ATec, ETN, ATE, ATE, Pass'Innovation Vert ou DTA ;
- Charge de vent et de neige maximales selon les données météorologiques maximales du site.

Le système d'intégration devra assurer l'étanchéité à la pluie et les eaux pluviales devront être recueillies et évacuées dans des réseaux adaptés.

Le système d'intégration est associé à un dossier technique et une notice de pose visée dans le cadre d'un agrément CSTB ou une Enquête Technique Nouvelle d'un bureau de contrôle. Le domaine d'emploi est compatible avec les conditions du site de pose.

L'entreprise aura à sa charge l'ensemble des prestations nécessaires à la mise en œuvre des capteurs solaires.

Toutes les précautions seront prises pour assurer la libre dilatation des capteurs.

Le système d'intégration devra être compatible avec l'étanchéité en place de la toiture, et être approuvé par le bureau de contrôle.

3.8.2 Raccordement des modules photovoltaïques

La prestation comprend le raccordement des modules en strings.

Les liaisons entre modules seront fixées régulièrement par collier de façon à prévenir toute dégradation mécanique.

La connectique prévue pour le câblage des branches devra être conforme à la connectique équipant les modules photovoltaïques et aux spécifications décrites ci-après. Les câbles de rallonges éventuels seront de type application solaire et AN3 par construction (norme de référence NFC32 502). La section minimale est 4 mm². Les rallonges utilisées et mises en œuvre présenteront des connecteurs EN50521 aux deux extrémités.

Afin de limiter les effets de la foudre, le Titulaire câblera les modules photovoltaïques entre eux de sorte que la boucle induite par les conducteurs actifs soit de la surface la plus faible possible.

La prestation inclut l'étiquetage des câbles au niveau des connecteurs des rallonges mises en œuvre pour le raccordement à l'onduleur et protections amont. Cet étiquetage sera conforme à la charte graphique du CNRS (fond noir, écriture blanche).

3.9 Coffrets DC de protection et de sectionnement et liaisons

Pour un onduleur string

Les chaînes de modules photovoltaïques seront raccordées dans un coffret DC de protection et de sectionnement, positionnés en toiture.

Le coffret DC comprendra :

- Interrupteur sectionneur avec commande manuelle externe (arrêt d'urgence DC) ;
- Sectionneurs – Fusibles ;
- Parafoudre DC.

Le Titulaire du présent lot devra également la fourniture, pose et raccordement de rallonges entre les strings de modules et le coffret DC.

Le coffret DC présentera un indice de protection supérieur ou égal à IP65. Cette protection devra être maintenue après percement par l'utilisation de presse-étoupes de même indice. Il présentera également une résistance aux chocs IK08 et son enveloppe sera traitée anti-UV.

Les câbles sont de section minimale 4 mm² en cuivre, des connecteurs sécurisés sont sertis aux tenants et aboutissants. Les câbles et connecteurs sont conformes aux spécifications du présent descriptif.

Les câbles cheminent dans des chemins de câbles fixés sous les champs PV. Ils sont fixés entre eux par colliers et correctement peignés. Ils cheminent ensuite en chemins de câbles à l'intérieur du bâtiment vers les équipements électriques de la centrale.

Toute autre réservation nécessaire au cheminement des câbles sera à prévoir par le Titulaire.

Un étiquetage conforme UTE C15 712-1 et adapté sera collé sur les canalisations concernées par ces liaisons. Cet étiquetage sera conforme à la charte graphique du CNRS (fond noir, écriture blanche).

3.10 Onduleur

3.10.1 Fourniture de l'onduleur

La fourniture concerne un onduleur de conversion DC/AC spécifiquement conçu pour la conversion de la production électrique photovoltaïque raccordé et synchronisé au réseau public de distribution par un point de livraison.

La fourniture intègre le coffret complémentaire nécessaire pour assurer les fonctionnalités demandées au présent descriptif. Puissance totale indicative de l'onduleur : ratio AC/DC de l'ordre de 90% avec un minimum de 80% pour éviter notamment les effets d'écroulement.

Les prescriptions de l'UTE C15-712-1 concernant la dissociation des fonctions sectionnement amont et aval de l'onduleur seront respectées.

Fonctionnalités

L'onduleur réseaux photovoltaïques aura les fonctionnalités suivantes :

- Conversion courant DC/AC – niveau d'harmonique conforme à NF EN 61000-3-3 ou 61000-3-12 pour le courant assigné correspondant et/ou distorsion harmonique totale inférieure ou égale à 3 % ;
- Synchronisation au réseau public 50Hz ;
- Pilotage de la tension DC par MPPT ;
- Gestion réseau et découplage conforme DIN VDE 126-1-1 ;
- Soutien du réseau conformément à l'arrêté du 23/04/2008 pour centrales photovoltaïques de moins de 5 MW.

En particulier, les capacités maximales en fourniture/absorption de puissance réactive de l'onduleur doivent pouvoir être mises à contribution lorsque ceux-ci délivrent une puissance entre 20 % et 100 % de P_{max}.

Pour tous les points de fonctionnements compris entre 20 % et 100 % de Pmax dans le gabarit décrit ci-dessus, l'onduleur devra être en mesure de mettre en œuvre les modes de régulations suivants :

- Tangente phi fixe ;
- Loi dynamique $Q=f(U)$;
- Consigne de réactif QREF transmise à l'installation via le DEIE.

Rendements

L'onduleur devra respecter les valeurs minimales suivantes :

Indicateur de rendements	Valeur minimale
Rendement européen de conversion	97,5 %
Rendement maximal de conversion	98 %
Rendement MPPT statistique	99,5 %
Rendement MPPT dynamique	99 %

Sécurité

- Tension résiduelle AC après coupure réseau = 0 V ;
- Courant de fuite inférieur à 300 mA pour l'ensemble des onduleurs d'une installation ;
- Déconnexion DC sur tension supérieure à la tension maximale admissible ;
- Protection contre les inversions de polarité lors du raccordement ;
- Surveillance de défaut d'isolement.

Protections et sectionnement

L'onduleur ou coffret associé devra intégrer les fonctions suivantes :

- Protection surintensité et surcharge des deux polarités de chaque entrée strings ;
- Interrupteur omnipolaire côté courant continu (commande accessible sans être à portée de pièces nues sous tension) – le sectionneur se fait au moyen des connecteurs NF EN 50521 ;
- Parafoudres type II côté DC ;
- Sectionneur omnipolaire côté courant alternatif (commande accessible sans être à portée de pièces nues sous tension).

Garantie produit

La garantie fournisseur doit être de minimum 5 ans pour l'onduleur strings. La garantie couvre :

- L'assistance à distance au diagnostic des pannes rencontrées ;
- Le coût des pièces de rechange et/ou de nouvelles machines en cas de panne nécessitant des modifications ou remplacement de matériel ;
- Le coût de travail de réparation du fabricant en atelier ;
- Les mises à jour du logiciel de gestion interne de l'onduleur en cas de besoin et/ou d'évolution ;
- Les coûts d'envoi de pièces de rechange ou nouvelles machines du fabricant ;

- La garantie des équipements fournis en remplacement jusqu'à la fin de la période de garantie initiale ;
- La formation initiale de l'exploitant à la maintenance de l'onduleur.

3.10.2 Pose et raccordement de l'onduleur

La prestation comprend la fourniture, la pose, la fixation et le raccordement de l'onduleur en toiture. Ce dernier sera installé sur un châssis technique autoportant (type "Skid"), posé librement sur la toiture terrasse, sans aucun percement ni ancrage mécanique dans le complexe d'étanchéité.

La stabilité de l'ensemble sera assurée exclusivement par un système de lestage (dalles béton), dimensionné selon les règles Eurocodes (Neige et Vent) pour garantir la tenue au glissement et au renversement. Compte tenu de la présence de gravillons, le Titulaire devra prévoir :

- Le décaissement localisé des graviers aux emplacements des appuis du châssis ;
- La mise en œuvre de tapis de protection (matelas élastomère ou dalles en caoutchouc recyclé) directement sur le revêtement d'étanchéité pour éviter tout risque de poinçonnement ;
- Le régalinge du gravier autour des appuis après installation ;
- Une garde au sol adaptée garantissant que tous les composants électriques se situent à minima à 15 cm au-dessus du niveau fini des graviers.

L'onduleur devra être à l'abri des précipitations et du rayonnement direct. Le Titulaire fournira et installera sur le châssis une protection solaire (type casquette ou auvent) débordante, assurant l'ombrage permanent des équipements. Une attention particulière sera portée au respect des distances recommandées par le fabricant autour de l'onduleur pour garantir une dissipation suffisante de la chaleur (ventilation naturelle).

Afin de respecter les règles de protection foudre liées à l'éloignement du TGBT :

- Un coffret de proximité sera installé sur le skid, à distance immédiate de l'onduleur (< 10m) ;
- Ce coffret intégrera un parafoudre AC (Type 2) pour la protection fine et un organe de coupure AC (interrupteur-sectionneur) permettant la consignation locale.

Le Titulaire fournira, pour validation par le Maître d'Œuvre et le Bureau de Contrôle :

- Une note de calcul de lestage spécifique au skid, justifiant la stabilité de l'ensemble aux vents extrêmes du site.
- Une note de descente de charges précise de l'ensemble complet (châssis + onduleur + coffrets + lestage), démontrant que la charge surfacique (kg/m²) et ponctuelle appliquée sur l'étanchéité reste strictement inférieure aux limites admissibles définies dans l'Étude Structure fournie en Annexe 1.

3.10.3 Fonction de découplage

Les installations seront obligatoirement équipées d'un système de découplage qui a pour objet de permettre de déconnecter instantanément le générateur photovoltaïque en cas de défaut ou de coupure d'alimentation électrique sur le réseau, afin de protéger les personnes qui pourraient travailler sur des portions de réseau en travaux, ou en cas de variations de la tension ou de la fréquence supérieures à celles spécifiées par le distributeur. Cette protection de découplage pourra être intégrée à l'onduleur.

3.10.4 Mise en service de l'onduleur

La prestation inclut la mise en service de l'onduleur selon le cahier du fabricant.

Cette prestation se termine à la mise en service définitive de la centrale au plein de ces fonctionnalités.

3.11 Coffret AC

Le Titulaire mettra en œuvre un coffret « AC » de sectionnement et de protection pour la centrale photovoltaïque. Il incorporera les organes de sectionnement et de protection nécessaires à la mise en sécurité électrique amont et aval.

Le coffret AC comprendra :

- Sectionneur de tête avec commande manuelle externe (arrêt d'urgence) et commande sur le circuit AU Général du Bâtiment ;
- Disjoncteur différentiel de l'onduleur (ou à positionner dans le TGBT suivant accord du Bureau de Contrôle) type B ;
- 1 prise de courant ;
- Parafoudre AC ;
- Passerelle de communication nécessaire à la prise de mesure de production et de consommation ;
- Les protections du bus de communication.

L'arrêt d'urgence sera de type coup de poing avec capot de protection, il devra assurer la coupure entre le réseau d'alimentation ENEDIS et les équipements de production d'énergie photovoltaïque. Un dispositif de coupure générale de la centrale photovoltaïque sera implanté : au poste de sécurité, au niveau du Local TGBT et au niveau de l'onduleur.

Le parafoudre AC sera placé au plus proche de l'onduleur, en toiture. Le coffret AC sera implanté dans le local technique du TGBT accueillant déjà les installations existantes.

Le coffret AC, situé en local technique, présentera un indice de protection supérieur ou égal à IP44 ainsi qu'une résistance aux chocs IK08.

3.12 Distribution basse tension

3.12.1 Chutes de tension

Les chutes de tension entre les modules et le point de livraison seront au maximum de 2 % pour l'ensemble des circuits d'injection et pour le courant nominal.

3.12.2 Liaisons électriques

Il est prévu la fourniture, la pose et le raccordement des câbles et coffrets associés (DC/AC) ainsi que tous les accessoires nécessaires au raccordement pour les liaisons suivantes :

- Entre le champ PV et le coffret de protection DC ;
- Entre le coffret de protection DC et l'onduleur ;
- Entre l'onduleur et le coffret AC ;
- Entre le coffret AC et le TGBT.

Les câbles seront conformes aux spécifications générales.

Les canalisations seront réalisées :

- En câble U-1000 R2V passé sous goulotte PVC ou sous conduit isolant ;

Les câbles électriques seront de type non-propagateur de la flamme (Euroclasse Eca) et supporteront une température sur l'âme de 90°C en régime permanent. Les cheminements empruntant des zones de sécurité devront être protégés par des enveloppes garantissant une résistance au feu EI 30.

Les liaisons seront choisies préférentiellement en cuivre.

Les métrés linéaires indiqués aux plans sont estimatifs. Le Titulaire est tenu de procéder à son propre relevé sur site avant toute exécution. L'obligation de résultat concernant la chute de tension (1% max) s'applique sur la distance réelle du tracé, le Titulaire étant réputé avoir intégré les contraintes de cheminement propres au bâtiment.

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

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

Un étiquetage conforme UTE C15 712-1 et adapté sera collé sur les canalisations concernées par ces liaisons. Cet étiquetage sera conforme à la charte graphique du CNRS (fond noir, écriture blanche).

Les câbles cheminent dans des conduits de câbles fixés sous les champs PV. Ils sont fixés entre eux par colliers et correctement peignés. Ils cheminent ensuite en chemins de câbles sur la toiture vers les équipements électriques de la centrale.

Les câbles transitant en extérieur seront dans des goulottes métalliques sans contact direct avec la structure métallique

Les câbles transitant en intérieur seront dans des enveloppes ayant une résistance au feu EI 30.

Les câbles ne pénétreront dans le bâtiment qu'au plus près du local TGBT au droit des murs. Cette ou ces pénétration(s) seront protégées par des massifs coupe-feu.

Ces câbles ne devront traverser aucun local à risque.

Le passage de câbles dans le bâtiment devra respecter les dispositifs coupe-feu de chaque local.

Toute autre réservation nécessaire au cheminement des câbles sera à prévoir par le Titulaire.

Les boîtes de connexions seront en matière non-propagatrice de la flamme.

Mise en œuvre de connecteurs débrochables ou à blocage rotatif.

Repérage des liaisons

Toutes les canalisations électriques seront repérées à leurs tenants et aboutissants par des bagues de repérage adaptées aux influences externes et conditions d'environnement. Les solutions d'écriture avec encre seront refusées.

Connecteurs sécurisés

Les connecteurs rapides mis en œuvre sur ces liaisons auront les caractéristiques suivantes :

- Compatible avec la connectique des modules photovoltaïques selon UTE C15 712-1 ;
- Conformés à la norme EN 50 521 ;
- Tension assignée : 1000 VCC ;
- Tension d'essai : 6 KV (50 Hz, 1 min) ;
- Résistance de contact : < 0,5 mOhm ;
- Degré de protection : IP2X déconnecté, IP 67 connecté ;
- Classe de protection : II ;
- Plage de température : -30°C - 90°C ;
- Température max : 120°C ;
- Certification TÜV pour VDE 0126-3.

À moins de pouvoir prouver de la compatibilité des connecteurs au sens de la norme EN 50 521, les connecteurs choisis sont de même marque que les connecteurs des modules PV et que les connecteurs éventuels en entrée de l'onduleur quand ils y sont directement raccordés.

D'une façon générale, les connecteurs seront aussi uniformes que possible sur la centrale.

Câbles DC

Les câbles DC seront protégés du rayonnement solaire direct par des cheminements adaptés (goulottes, conduits). Ils auront les caractéristiques suivantes :

- Conformes à la norme NF EN 50618 de type H1Z2Z2-K ;
- Tension assignée : 1500 V DC ;
- Tension d'essai : 6 KV (50Hz, 1 min) ;
- Classe de protection : II ;
- Plage de température : -40°C à 90°C ;
- Sans halogène ;
- Câble AD7 ;
- Euroclasse Eca minimum.

La section des câbles sera calculée par le Titulaire de manière à limiter la chute de tension à 1% maximum entre les modules et l'onduleur. La section minimale ne pourra être inférieure à 4 mm². La justification des sections des câbles fera l'objet d'une note de calcul.

Le Titulaire devra veiller à réduire au maximum la surface des boucles d'induction. Les câbles de polarités positive et négative de chaque chaîne devront être maintenus jointifs sur l'intégralité de leur parcours.

Câbles AC

Les câbles seront conformes aux normes NF C 15-100 et NF EN 50575 type U-1000 R2V ou U-1000 AR2V, réputés de classe II dans leurs conditions d'emplois dans le cadre du présent ouvrage. Un autre type de câble sera proposé par le Titulaire s'il juge que ces références ne sont pas compatibles avec les conditions de pose.

Ils respecteront les caractéristiques suivantes :

- Tension assignée : 600/1000V ;
- Tension d'essai : 6KV (50Hz, 1 min) ;
- Classe de protection : II ;
- Plage de température : -30°C à 90°C ;
- Euroclasse Eca minimum ;
- Adaptés aux influences externes (AD2 minimum en intérieur, AD4 minimum en toiture).

La section des câbles sera calculée par le Titulaire de manière à limiter la chute de tension à 1% maximum à pleine puissance. La section minimale ne pourra être inférieure à 4 mm². La justification des sections des câbles fera l'objet d'une note de calcul.

Câblage CFA

Les câbles reliant les divers capteurs et équipements annexes respecteront les spécifications décrites dans les notices constructeur des matériels. Les câbles résisteront aux conditions d'emploi et conditions d'influence externe applicables. Les câbles seront systématiquement armés et à paires torsadées afin d'offrir une meilleure résistance aux perturbations électromagnétiques.

3.13 Acquisition de données

3.13.1 Système de monitoring

Le suivi du fonctionnement de la centrale photovoltaïque sera assuré via l'intégration des données de production dans le système de supervision (GTC/GTB) existant sur le site, de type DIRIS Digiware M-70 SOCOMEC. Une fiche technique du système est présente en Annexe 7.

Le Titulaire assurera le raccordement de la centrale au réseau informatique local du Maître d'Ouvrage pour permettre la remontée des données vers le serveur de supervision existant.

Le Titulaire fournira et posera les passerelles de communication et interfaces nécessaires pour rendre l'onduleur et les compteurs communicants via un protocole standard ouvert et compatible avec le système en place (type Modbus TCP/IP ou Modbus RTU).

L'installation devra inclure le câblage de communication (bus de terrain RS485 ou câble Ethernet) entre les équipements PV (onduleur, compteur de production) et le point de raccordement réseau désigné par le Maître d'Ouvrage.

Le système fourni devra mettre à disposition, via une table d'échange (mapping Modbus) fournie par le Titulaire, l'ensemble des données nécessaires à l'exploitation par le système SOCOMEC.

Ces données comprendront les grandeurs électriques suivantes :

- Courant instantané, max et moyen pour chaque phase présente dans l'installation ;
- Tension et fréquence instantanée, max et moyens pour chaque phase présente dans l'installation ;
- Puissance instantanée, max et moyens pour chaque phase présente dans l'installation ;
- Facteurs de puissance instantanée, max et moyens pour chaque phase présente dans l'installation.

Elles devront également permettre de visualiser les grandeurs suivantes :

- Puissance instantanée consommée par le bâtiment ;
- Puissance instantanée importée du réseau ;
- Puissance instantanée produite par la centrale photovoltaïque ;
- Energie totale consommée par le bâtiment (jour, semaine, mois, année) ;
- Energie totale produite par la centrale photovoltaïque (jour, semaine, mois, année) ;
- Energie totale puisée sur le réseau (jour, semaine, mois, année) ;
- Le taux d'indépendance du réseau (autoproduction) ;
- Le taux d'autoconsommation de la centrale photovoltaïque.

Elles devront également remonter les alertes suivantes :

- Les défauts onduleur ;
- Les défauts panneaux ;
- Les défauts système ;
- Les défauts de production solaire.

3.13.2 Dispositif de gestion de l'injection et comptage

Le Titulaire devra la fourniture, la pose, le raccordement et le paramétrage d'un compteur d'énergie intelligent (Smart Meter ou Power Meter) dédié à la gestion des flux d'énergie de la centrale photovoltaïque.

L'équipement devra être impérativement de la même marque ou certifié compatible par le fabricant de l'onduleur pour garantir la parfaite communication du système.

Il sera installé dans le Tableau Général Basse Tension (TGBT), au niveau de l'arrivée générale (en aval immédiat de l'AGCP), afin de mesurer la totalité des flux (consommation du site et injection réseau).

Il sera associé à des Transformateurs de Courant (TC) de classe de précision appropriée (0.5 ou 1), dimensionnés selon l'intensité nominale du TGBT.

Ce compteur devra communiquer en temps réel avec l'onduleur via une liaison filaire dédiée (bus de terrain type RS485) afin d'assurer les fonctions suivantes :

- Monitoring : Remontée des données de consommation et d'autoconsommation sur la plateforme de supervision ;
- Limitation d'injection dynamique : Le système devra agir comme un limiteur d'injection. En cas de surproduction par rapport à la consommation du bâtiment, le compteur devra envoyer l'ordre à l'onduleur de réduire instantanément sa puissance pour garantir que l'injection vers le réseau public ne dépasse jamais la valeur limite définie.

3.13.3 Capteur d'irradiance

Le Titulaire devra au présent lot la fourniture et pose d'un capteur d'irradiance selon les caractéristiques suivantes :

- Capteur d'irradiance incliné selon l'orientation des modules sur la toiture ;
- Capteur d'irradiance de classe A ;
- Support pour pyranomètre ;
- Câble multipaire compatible ;
- Raccordement du capteur d'irradiance au système de monitoring.

3.14 Mise en service de l'installation

3.14.1 Essais

Le Titulaire précisera dans son offre les modalités d'essai de la centrale proposée avant réception de l'installation. La méthodologie devra prendre en compte des paramètres suivants :

- L'énergie produite ;
- L'énergie consommée ;
- Les données de dimensionnement de la centrale (W_c) et les exigences de performance intrinsèques des équipements ;
- Les données d'ensoleillement pour la période concernée ;
- Le bon fonctionnement de la limitation d'injection.

3.14.2 Formation

Une formation à destination du Maître d'Ouvrage et son éventuel exploitant sera prévue. Elle permettra notamment d'expliquer le fonctionnement de la centrale et du système de supervision et les points de vigilance en phase d'exploitation.

La formation prendra la forme d'une visio-conférence au cours de laquelle seront présentés la plateforme de suivi des performances de la centrale solaire. Elle sera destinée à toutes les personnes désignées par le Maître d'Ouvrage.

3.14.3 Suivi des performances au cours de la GPA

Durant la première année couverte par la garantie de parfait achèvement, la centrale photovoltaïque devra présenter un Ratio de Performance Annuel minimum, qui permet ainsi de juger de la performance de la centrale en comparant la production réalisée par rapport à l'ensoleillement réellement reçu.

Ce ratio sera calculé par le maître d'ouvrage selon la formule ci-dessous :

- Ratio de Performance = (Production Réalisée en kWh) / (Irradiation Reçue en kWh/m² x Puissance Crête de la Centrale) ;
- Production Réalisée = Production cumulée à l'onduleur ;
- Irradiation reçue = Irradiation cumulée issue de référence satellite, calculée pour chaque site, chaque onduleur et chaque champ PV à partir de données d'irradiation issues de bases de données (e.g. HelioCim-3) mise en place dans le cadre de l'Agence Internationale de l'Energie et tenant compte de l'inclinaison et l'orientation du champ PV ;
- Puissance Crête totale de la centrale : calculée à partir de la somme des puissances des modules.

Le ratio de performance est calculé régulièrement avant la fin de la garantie de parfait achèvement (par exemple, sur une période glissante de 1 mois). Seront cependant retranchées au calcul, les périodes d'action du DEIE pouvant conduire à un bridage de la centrale indépendamment de la performance intrinsèque de la centrale. En cas de non atteinte du ratio de performance, le Maître d'Ouvrage se réserve la possibilité de solliciter le Titulaire au titre de la garantie de parfait achèvement.

Il tient compte de :

- Le ratio de performance de base Année 1 ;
- L'incertitude liée à la performance des modules et de l'onduleur, que le Titulaire ne peut pas maîtriser ;
- L'incertitude liée aux données satellites.

Le Titulaire, durant l'année de parfait achèvement, est l'unique responsable des performances de la centrale à l'exclusion :

- Des défauts d'onduleur et des modules photovoltaïques hors périodes de garanties ;
- Des périodes de coupures du réseau public ou toutes autres problématiques dues à la qualité du réseau électrique public ne permettant pas une production optimale. Ces périodes seront retranchées à la période de calcul du ratio de performance ;

3.15 Démarches administratives

3.15.1 Autorisation d'urbanisme

Le dossier de Déclaration Préalable (DP) a été déposé par le Maître d'Ouvrage. Le projet bénéficie d'une décision de non-opposition (tacite ou expresse). Le Maître d'Œuvre fournira au Titulaire les éléments justificatifs (récépissé de dépôt, arrêté ou certificat de non-opposition) dès notification.

Le Titulaire a la charge de l'affichage réglementaire de l'autorisation d'urbanisme sur le site, conformément aux articles R.424-15 et A.424-15 à A.424-19 du Code de l'urbanisme.

Cette prestation comprend :

- La fourniture d'un panneau rectangulaire (dimensions > 80 cm de côté) conforme aux normes.
- Le remplissage indélébile des informations obligatoires (n° de dossier, date, surface, hauteur, etc.) ainsi que la mention obligatoire en cas de permis tacite.
- La pose du panneau de manière visible et lisible depuis la voie publique.
- Le maintien du panneau en bon état et lisible pendant toute la durée du chantier.

Le Titulaire devra fournir au Maître d'Ouvrage une preuve de l'affichage (photos datées in situ) dès la pose, pour permettre à ce dernier de faire établir, s'il le souhaite, un constat d'huissier.

3.15.2 Consuel

Le Titulaire effectuera les démarches nécessaires pour le passage du Consuel sur l'installation photovoltaïque pour l'obtention de l'attestation de conformité de la centrale.

Ce rapport devra indiquer l'absence de non-conformité sur l'ensemble des ouvrages créés ou modifiés au cours des travaux. Dans le cas contraire, le Titulaire s'engage à réaliser les actions nécessaires à la levée des non-conformités.

4. Annexes

- Annexe 1 : Etude Structure – Bureau d'étude Plantier

Dossier BASK555		
Phase EXE	N° 01	

L.A.P.P

IN2 P3

74 – ANNECY LE VIEUX

Dalle sur R+2 : Note de calcul	
Note établie par : Issa Ahmed ABDOULKARIM	Document établi le : 6 décembre 2022
	Modifications :



Bureau d'Études Structure
PLANTIER



33 rue du Jourdil - 74960 ANNECY
☎ 04 50 67 63 74 - info@plantier.eu www.plantier.eu

SOMMAIRE

1 - OBJET.....	37
2 - HYPOTHESES DE CALCUL.....	37
3 - CHARGES ADMISSIBLES.....	37
4 - PLAN REPERAGE DES DALLES	40
5 - CONCLUSION	41

1 - OBJET

L'objet de cette note est de définir les charges admissibles de la dalle sur R+2 en vue de la mise en place de panneaux photovoltaïques.

2 - HYPOTHESES DE CALCUL

2.1 - Matériaux

Béton : $F_{ck} = 23.2 \text{ MPa}$ Epaisseur = 20cm Enrobage bas/haut = 2cm/3cm
 Acier : $F_{yk} = 400 \text{ MPa}$ Classe de ductilité : A

2.2 - Description du ferrailage des prédalles

	Prédalle 1 à 24 sauf 14	Prédalle 14	Prédalle 25-26
Epaisseur	4cm	4cm	4cm
Panneau	2 x PN p	PN c+a	PN c
As inf	7.7 cm ² /ml	2.65 cm ² /ml	1.59 cm ² /ml
Chapeau	PN c+r		
As chapeau	5.883cm ² /ml		

3 - CHARGES ADMISSIBLES

3.1 - Zone courante (voir plan de repérage joint)

○ $M_{r,inf} = 4.45 \text{ T.m/ml}$ ○
 $M_{r,sup} = 3.2 \text{ T.m/ml}$

Le moment ELU maximal admissible est de : 4.45 T.m/ml à mi travée et 3.2 T.m/ml sur appui.

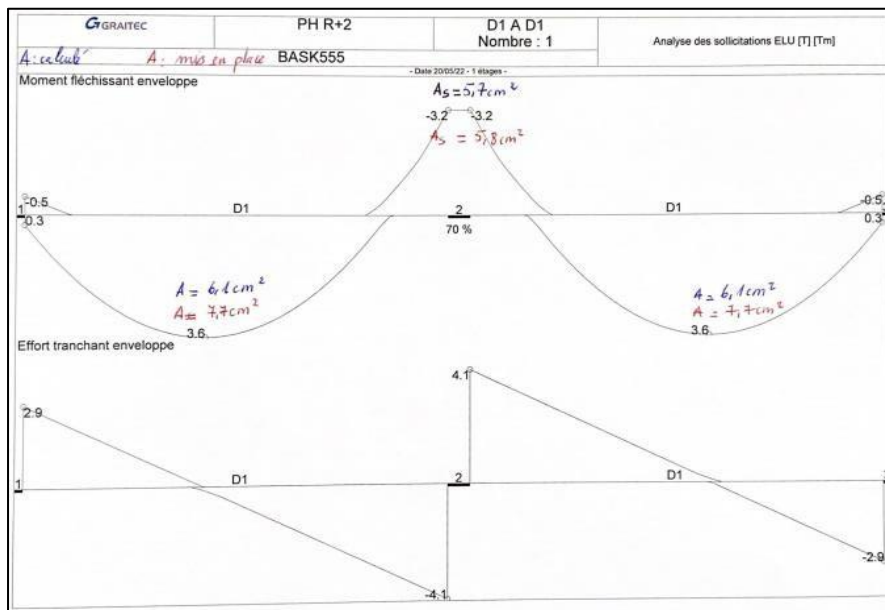


FIGURE 1 : SOLLICIATION D1 A 24

Ces valeurs de moment correspondent à des surcharges : $G = 220 \text{ Kg/m}^2$ et $Q = 180 \text{ Kg/m}^2$

3.2 - Dalle 14 et 25-26 (voir plan de repérage joint)

- $M_{r,inf,14} = 1.6 \text{ T.m/ml}$ ce qui correspond à $G = 400 \text{ Kg/m}^2$ et $Q = 180 \text{ Kg/m}^2$
- $M_{r,inf,25-26} = 1 \text{ T.m/ml}$ ce qui correspond à $G = 30 \text{ Kg/m}^2$ et $Q = 180 \text{ Kg/m}^2$

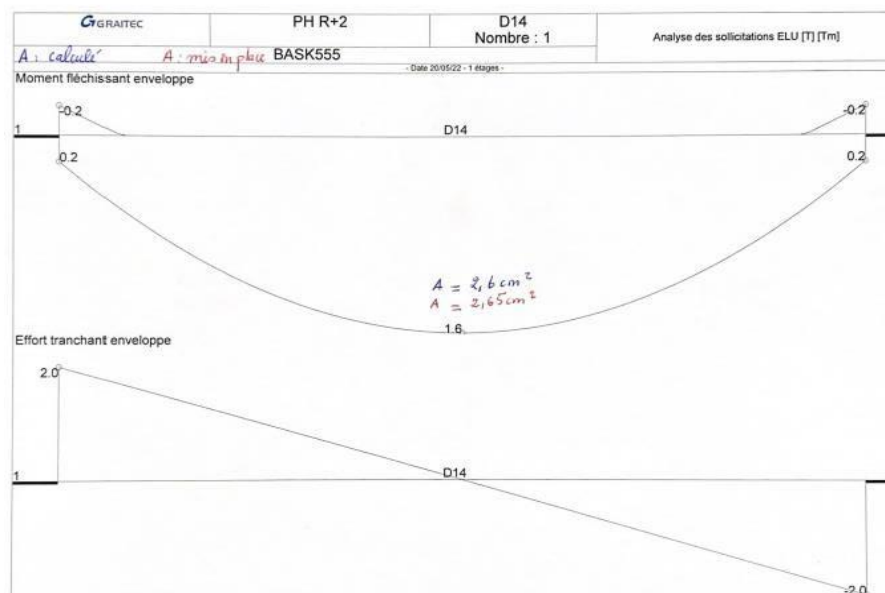


FIGURE 2 : SOLLICIATION D14

3.3 - Sommiers : Sollicitations

En considérant des surcharges : $G = 220 \text{ Kg/m}^2$ [Charge permanente admissible] et $Q = 180 \text{ Kg/m}^2$, les sections d'aciers longitudinales et transversales présentes suffisent pour reprendre ces efforts.

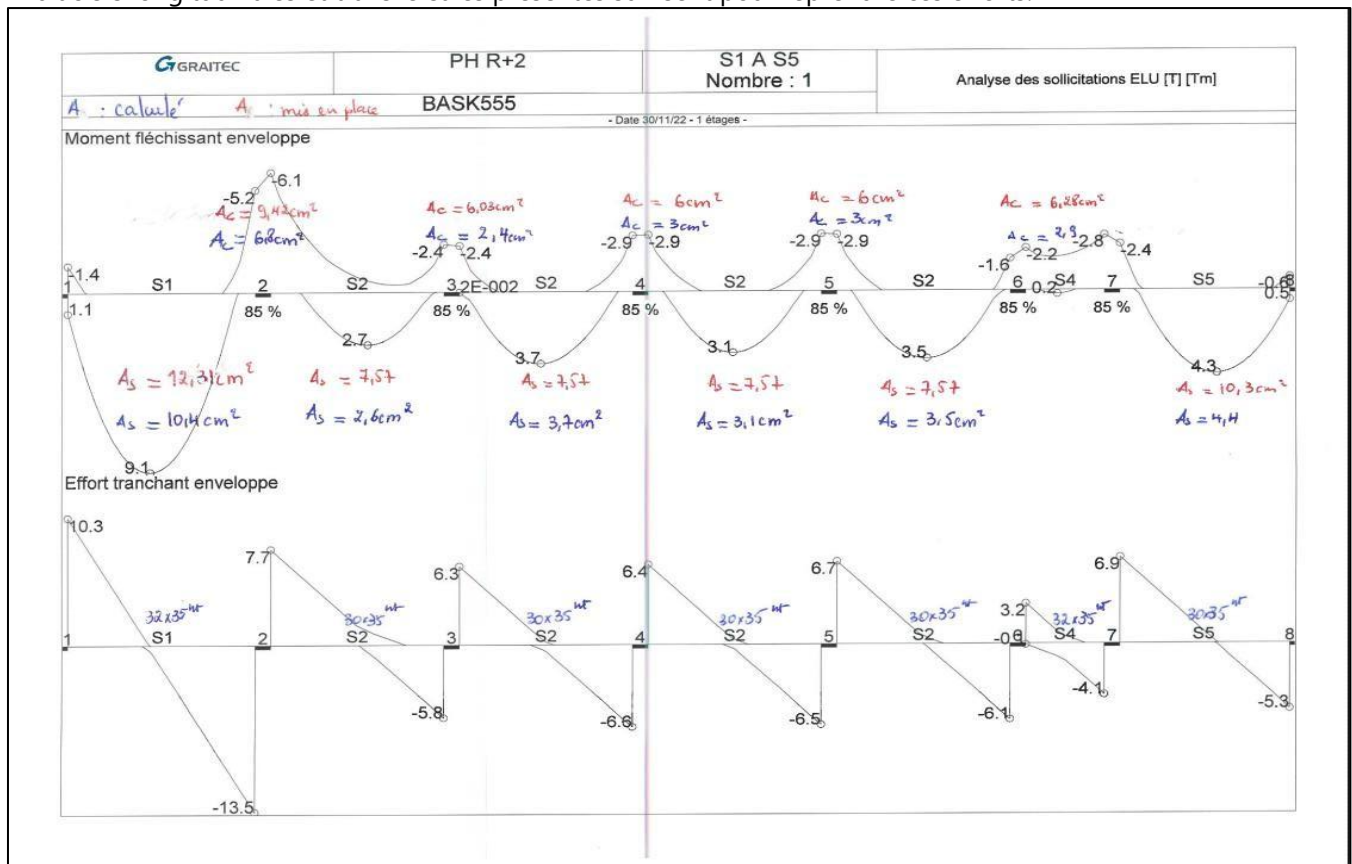


FIGURE 3 : SOLLICITATION



5 - CONCLUSION

En récapitulatif, les charges admissibles pour :

La zone courante : **G = 220kg/m² et Q=180Kg/m²**

La dalle 14 : **G = 400Kg/m² et Q=180m²**, cependant, dans l'éventualité où le crochet de levage serait toujours utilisé la charge à considérer est **Q = 1t**

Dalle 25 à 26 : **G= 30Kg/m² et Q=180Kg/m²**

Nous retenons donc une charge permanente de 220kg/m² pour la zone courante (voir plan page 5).

La zone des dalles 14-25-26 (voir plan page 5) ne pourra être chargée d'avantage et ne doit donc pas être exploitée.

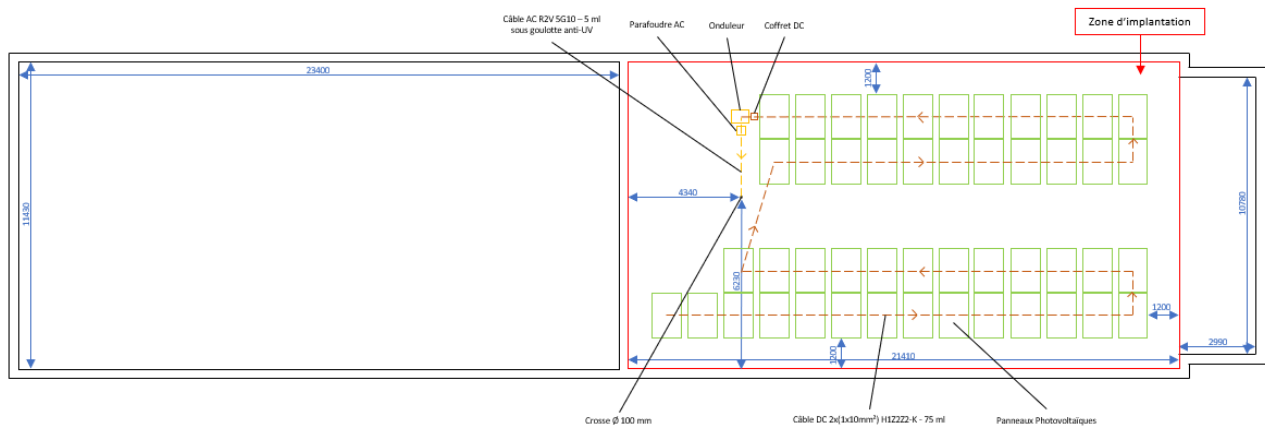
Selon les plans existants, les charges permanentes sont :

- Gravillon : 90 kg/m² ○
- Etanchéité : 60kg/m² ○
- Fesco-Bord : 20kg/m² ○
- Pare-vapeur : 5kg/m²

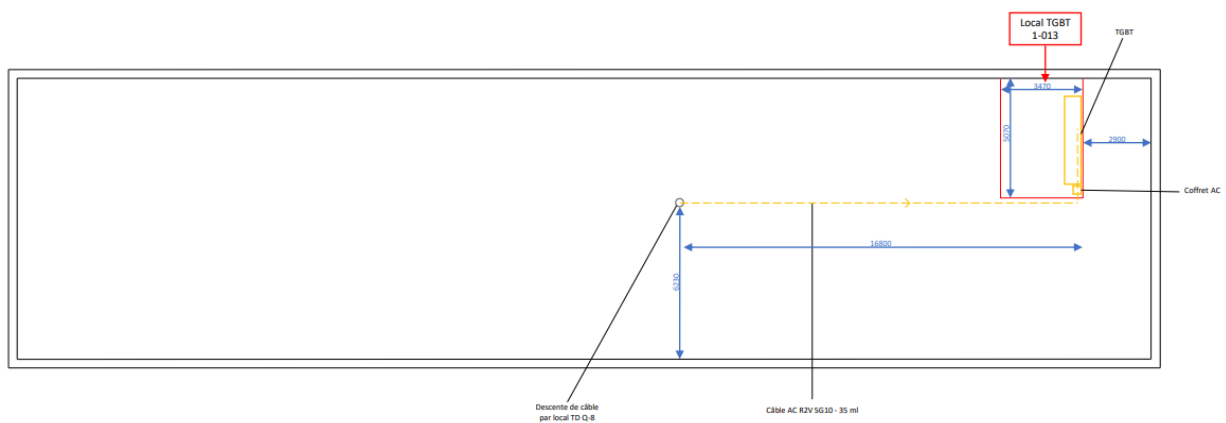
Soit : 175kg/m²

De ce fait, on a une charge disponible de **45 kg/m²** (zone courante uniquement), ce qui devrait permettre la pose des panneaux photovoltaïque. Toutefois la charge permanente existante définie ci-dessus devra être vérifiée. En effet le bâtiment est ancien, elle a donc peut être évolué et une forme de pente pourrait exister, forme de pente non présente sur les plans d'origine.

- Annexe 2 :** Cheminement des câbles envisagé

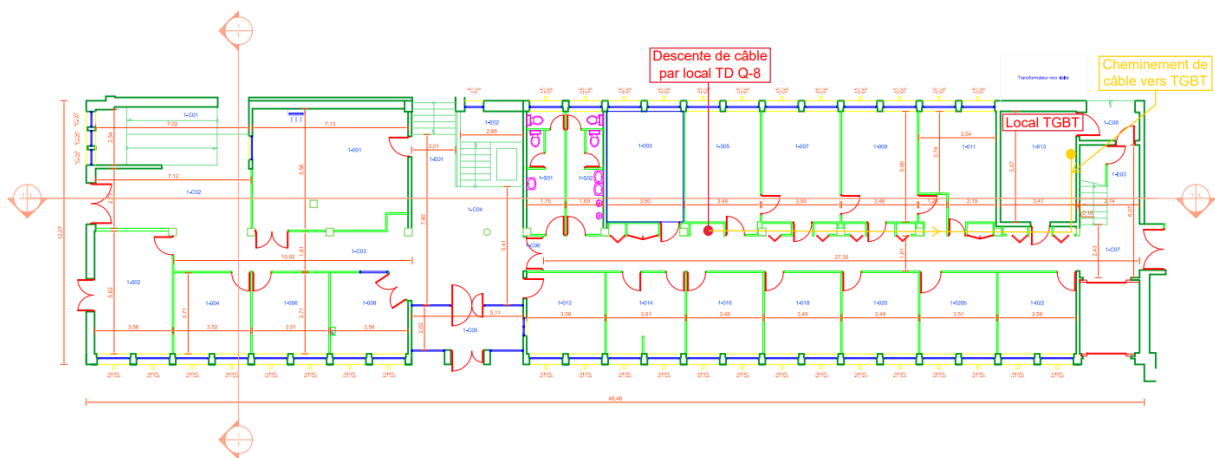


Cheminement des câbles en toiture



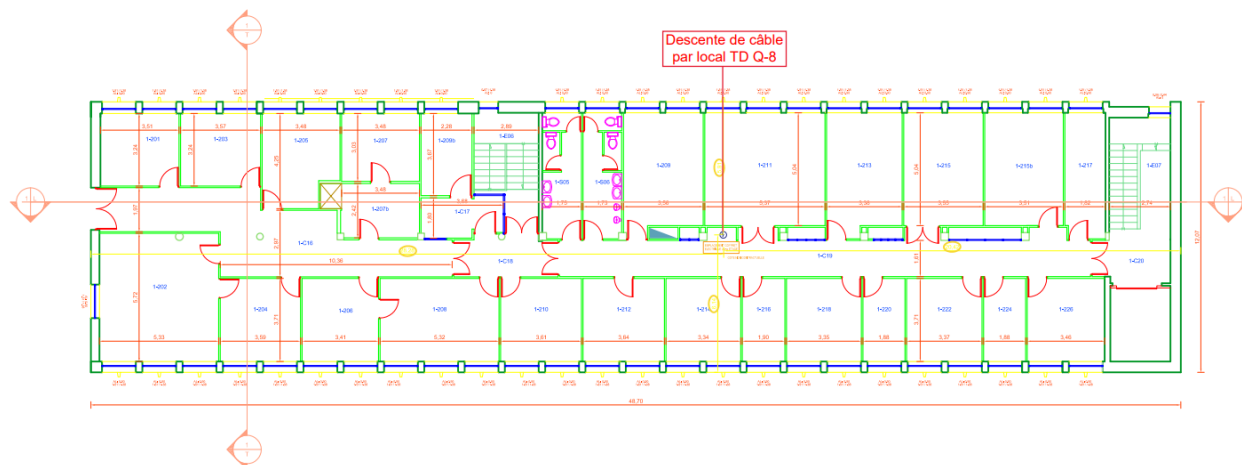
Cheminement des câbles au rez-de-chaussée

- Annexe 3 :** Plan du RDC



Plan du rez-de-chaussée

- **Annexe 4** : Plan du R+2



Plan du 2^{ème} étage

- **Annexe 5 :** Plan de la toiture

Plan de la toiture

• **Annexe 6** : Schéma Unifilaire

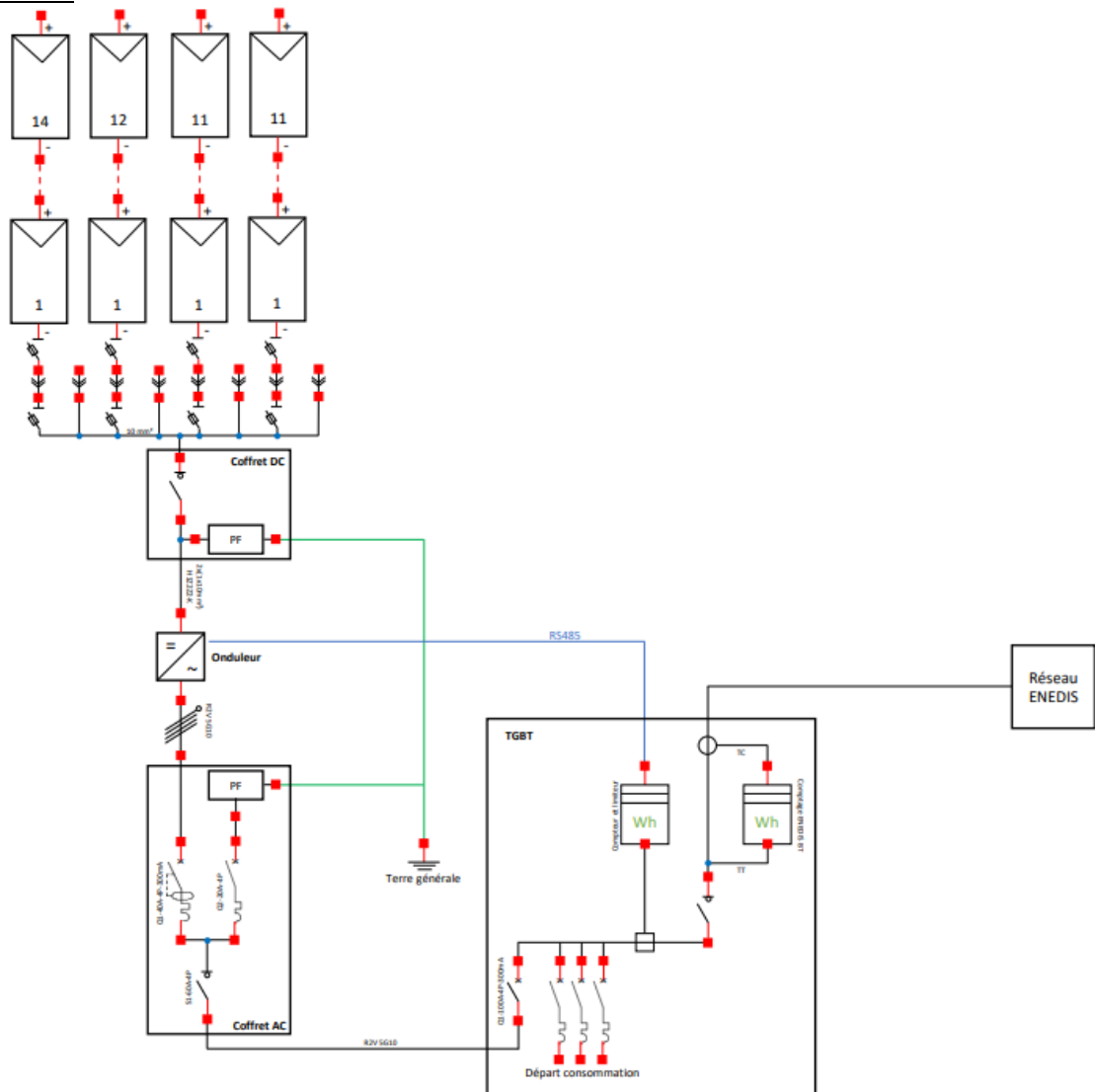


Schéma unifilaire de l'installation photovoltaïque envisagée

- **Annexe 7** : Document technique SOCOMEC



Etude de faisabilité PV en toiture LAPP

Rapport d'étude
08/10/2024



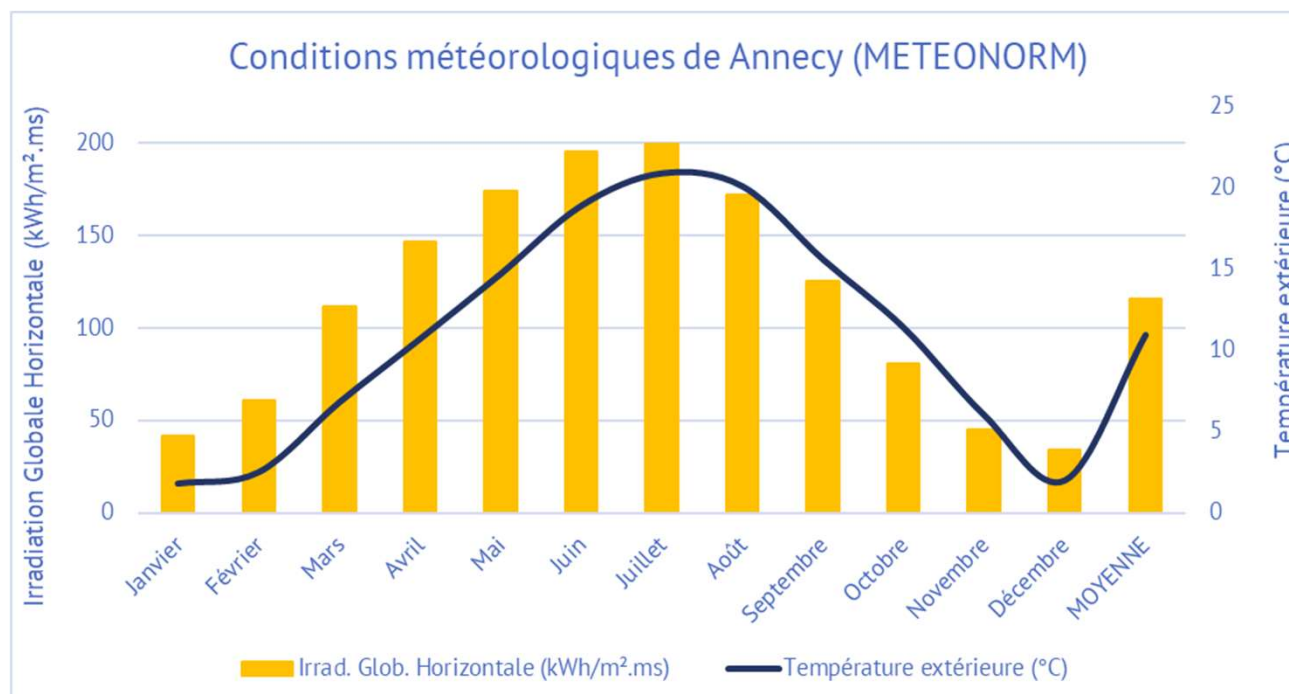
Zone de l'étude



Adresse	9 Chemin de Bellevue, 74940 Annecy
Coordonnées GPS	45.92131387544227, 6.160141555109933

Gisement solaire

La station météorologique la plus proche est celle de Saint-Georges-de-Reneins . Les données sont issues de la base de données METEONORM®. L'irradiation globale sur le plan horizontal est 115,7 kWh/m² par mois en moyenne.



Contraintes réglementaires



Contraintes loi APER

L'article 43 de la loi APER étend l'obligation de solarisation ou de végétalisation aux bâtiments existants de plus 500m².

La toiture étudiée dans le cadre de ce projet a une surface d'environ 537 m² et est donc soumise à la loi APER.

L'obligation entrera en vigueur le **1^{er} janvier 2028**.

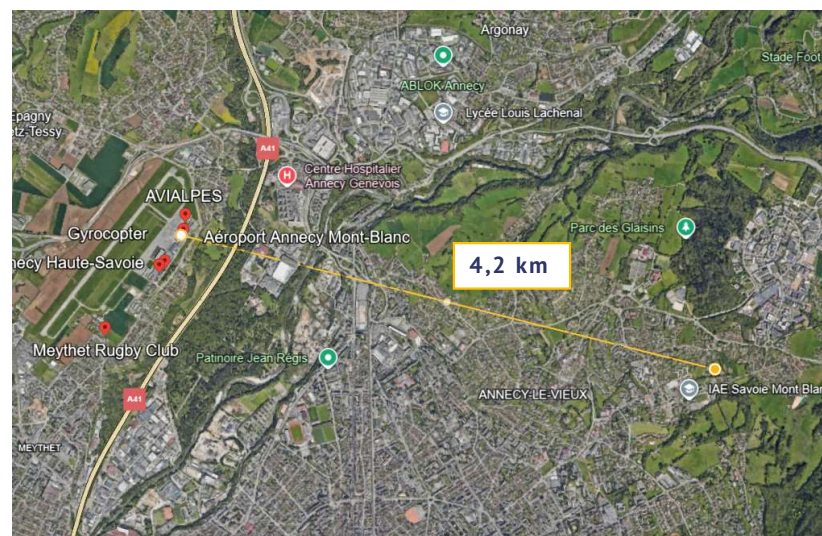
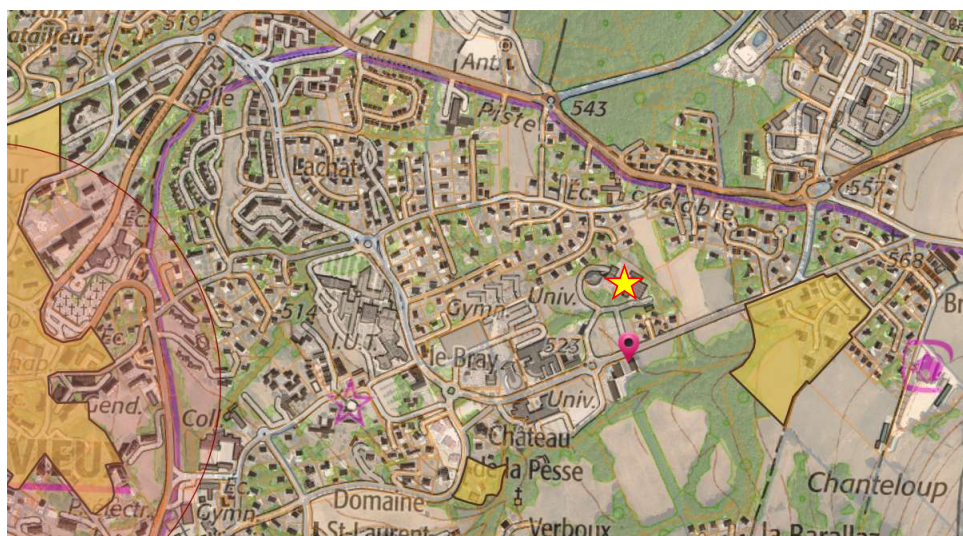
Il est à noter qu'à la date de rédaction de la présente étude, le décret d'application précisant le pourcentage de surface à équiper n'est pas paru.



Contraintes urbanistiques

Les centrales photovoltaïques sont sous le regard des **Architectes Bâtiments de France (ABF)** quand elles sont implantées à moins de 500 m d'un monument historique.

Elles doivent être déclarées à la **DGAC** si éloignées de moins de 3 km d'un aéroport pour éviter les problématiques d'éblouissement.



- **Monuments historiques : non concerné**
- **Aérodrome : non concerné**

Déclaration Urbanisme

Avant tout début de travaux, il est nécessaire de réaliser une demande d'autorisation d'urbanisme auprès de la mairie qui valide ou non la faisabilité du projet conformément au Plan Local d'Urbanisme (PLU) en cours. Les projets photovoltaïques doivent donc se conformer à cette obligation d'urbanisme.



Pour ce projet photovoltaïque en toiture, une déclaration préalable devra être réalisée.

*Par décret n°2022-422 du 25 Mars; Mise en place une clause filet dans le code de l'environnement : tout projet en dessous des seuils habituels (250 kWc pour le photovoltaïque) peut quand même être soumis à un examen au cas par cas par l'instructeur sollicité en premier lieu (mairie, préfet...) "lorsque ce projet lui apparaît susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine", via une notification au plus tard 15 jours après le dépôt de la demande ou d'autorisation ou déclaration.

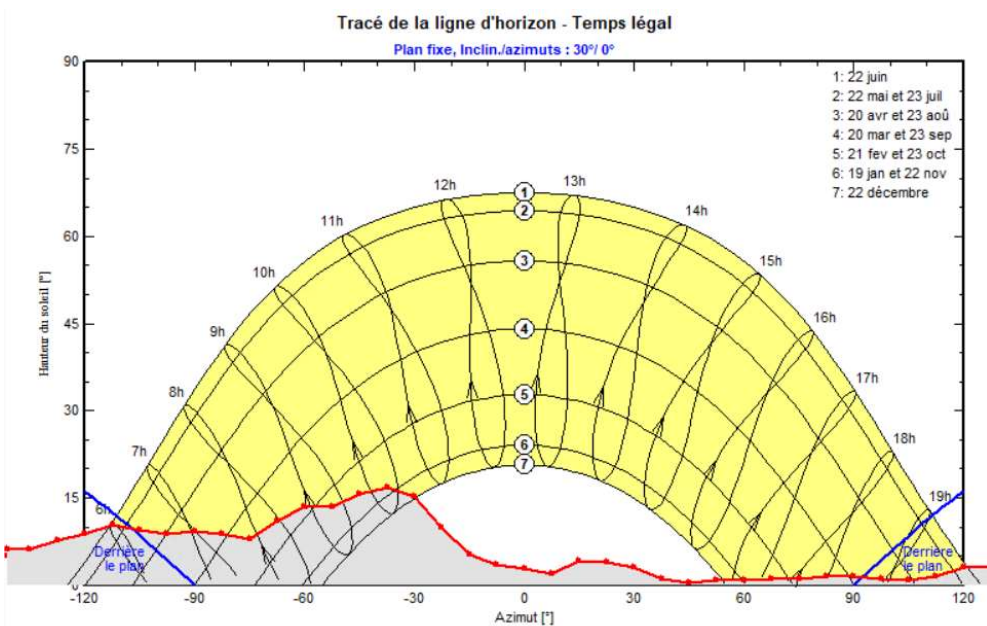
Contraintes générales



Sources d'ombrage lointain

Le masque lié aux ombrages lointains (reliefs montagneux) est à prendre en considération.

Il représente 1,4 % de pertes principalement dues à la présence du Mont Veyrier à l'est du bâtiment.



Sources d'ombrage proche

La visite de site a permis de procéder à une identification des masques proches :

- Les garde-corps dont le principe de fixation va être modifié mais qui seront conservés → hauteur 1,10m.
- Le bâtiment adjacent de hauteur 15m, soit environ 5m de plus que la toiture étudiée.



Travaux en site occupé

TRAVAUX EN SITE OCCUPE

Si le projet photovoltaïque se concrétise, les travaux seront réalisés en milieu occupé. Le cas échéant, l'entreprise devra prendre toutes les précautions nécessaires pour assurer la protection des ouvrages et des éléments existants pour que l'activité ne soit pas perturbée.

Les travaux devront si possible se réaliser sur une période de moindre activité d'occupation.

SITE ERT

Pas de contraintes particulières. Il pourra néanmoins être prévu la mise en place d'un arrêt d'urgence dédié au photovoltaïque à proximité des arrêts d'urgence du bâtiment, si souhaité par le CNRS.

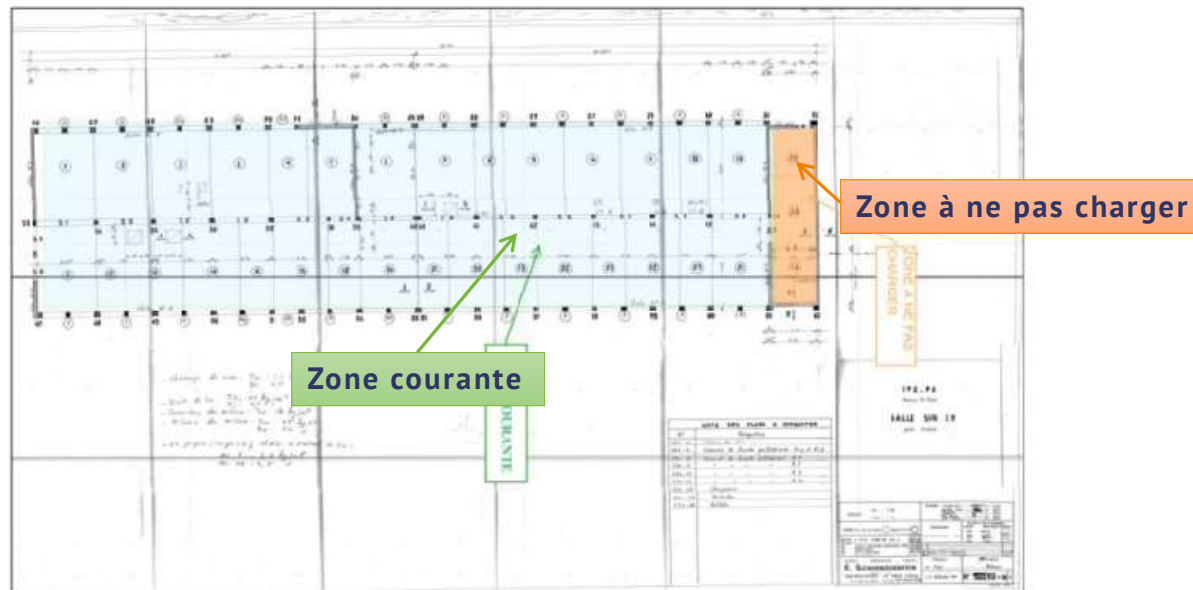
Contraintes spécifiques toiture



Structure du bâtiment

La structure du bâtiment est une dalle béton. Afin de garantir la tenue de la structure sous-jacente, une étude structure a été réalisée. Celle-ci a pour objectif de déterminer si la structure actuelle est capable de supporter le surpoids induit par la pose de panneaux solaires photovoltaïques (y compris leur système d'intégration) en toiture.

L'étude réalisée par le bureau d'étude structure Plantier conclut qu'il existe une **charge disponible de 45kg/m²** sur la zone courante.



Amiante

L'amiante est un minéral à texture fibreuse qui a été utilisé dans le secteur de la construction durant de nombreuses décennies. Cependant, il est interdit depuis 1997 suite à la découverte de risques graves pour la santé des habitants.

Toutes les structures construites ou rénovées avant cette date peuvent contenir de l'amiante, d'où l'intérêt du diagnostic amiante avant travaux (DAAT) qui est une obligation pour la maîtrise d'ouvrage.

Le bâtiment étudié date de 1976. Un diagnostic Amiante Avant Travaux (DAAT) devra donc être réalisé par la maîtrise d'ouvrage avant d'engager les travaux de rénovation de la couverture.

Etat des couvertures

Une réfection de l'étanchéité est prévue :

- Ecran pare-vapeur avec remontée bitumineuse
- Isolant PIR de classe de compressibilité C
- Etanchéité bitume bicouche de classement FIT : F5 I5 T4
- Protection gravillons roulés ép. 4cm

→ Ces prévisions sont compatibles avec des systèmes d'intégration photovoltaïque.

Accès et sécurité

Du moment qu'une installation photovoltaïque est mise en œuvre, la toiture devient une toiture technique. Par conséquent, elle doit être mise en sécurité.

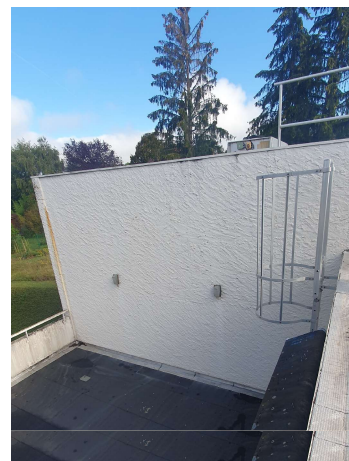
L'accès à la toiture se fait aujourd'hui de la manière suivante :

- Accès par le bâtiment, passage par une salle de réunion
- Première échelle à crinoline qui mène à une première toiture terrasse
- Deuxième échelle à crinoline qui mène à la toiture étudiée

La toiture dispose actuellement des équipements suivants :

- Garde-corps lestés → *il est prévu de déplacer ces garde-corps pour les fixer en tête d'acrotère*
- Points d'ancrage → *il est prévu de retirer ces éléments, qui ne sont plus utilisés*

Les équipements de sécurité actuels/prévus sont jugés suffisants. Il pourrait être intéressant d'étudier la mise en place d'un accès direct à la toiture pour éviter le passage par la salle de réunion. Il conviendra de valider ces équipements avec le CSPS.



Présence d'un paratonnerre

Le bâtiment 4 adjacent est équipé d'un paratonnerre.

Dans le cadre de ce projet, il pourra être nécessaire de mettre en place des parafoudres ainsi que de prévoir la mise à la terre des modules et des onduleurs avec du 16 mm² si ces derniers sont situés à moins de 1mètre du réseau interconnecté.



Synthèse des contraintes

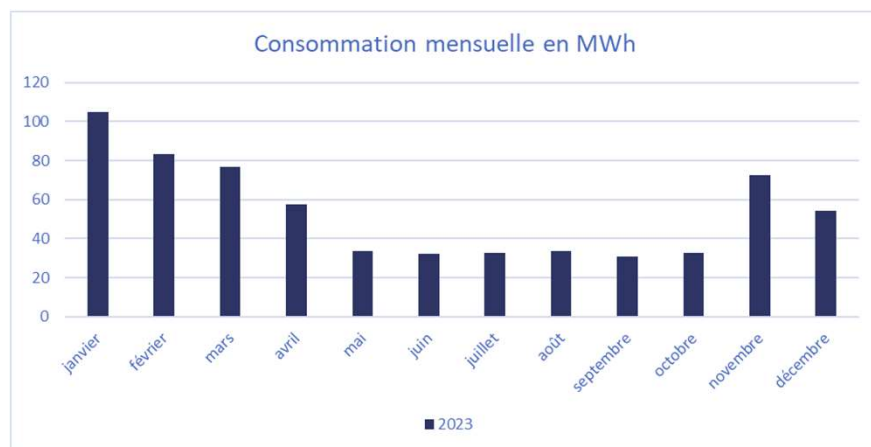
Contraintes	Toiture
Contraintes urbanistiques	Nulle
Ombrages lointains et proches	Moyenne – les ombrages proches et lointains seront à prendre en compte dans l'étude de productible.
Site occupé	Moyenne - Travaux à réaliser en période de moindre fréquentation.
Structure du bâtiment	Moyenne – Charges maximales admissibles à considérer pour le calepinage.
Etat des couvertures	Faible – Une réfection de l'étanchéité est prévue.
Amiante	Moyenne – Un diagnostic amiante avant travaux (DAAT) devra être réalisé.
Accès et sécurité	Faible – Les accès et les équipements de sécurité prévus sont suffisants.
Présence d'un paratonnerre	Moyenne – A prendre en compte lors de la réalisation des notes de calculs élec

Analyse des consommations et des factures électriques



Consommation du LAPP

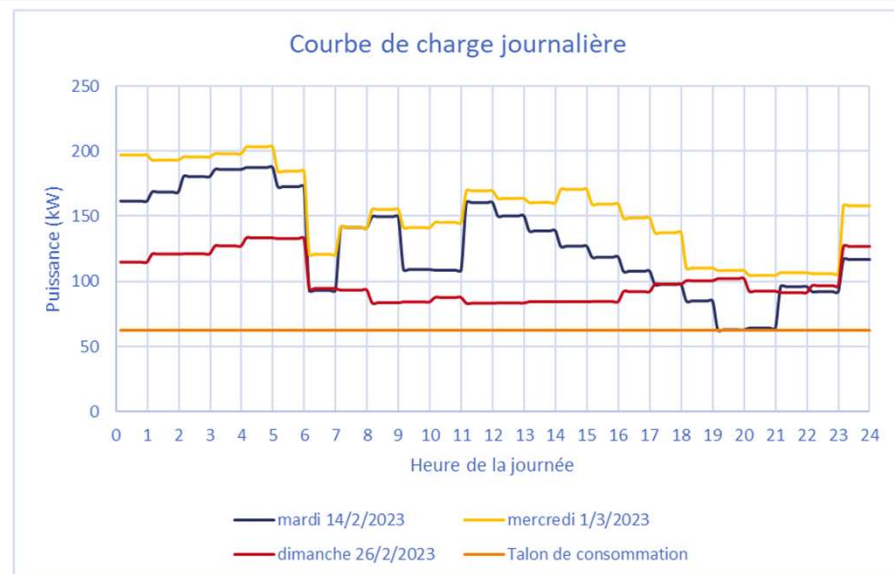
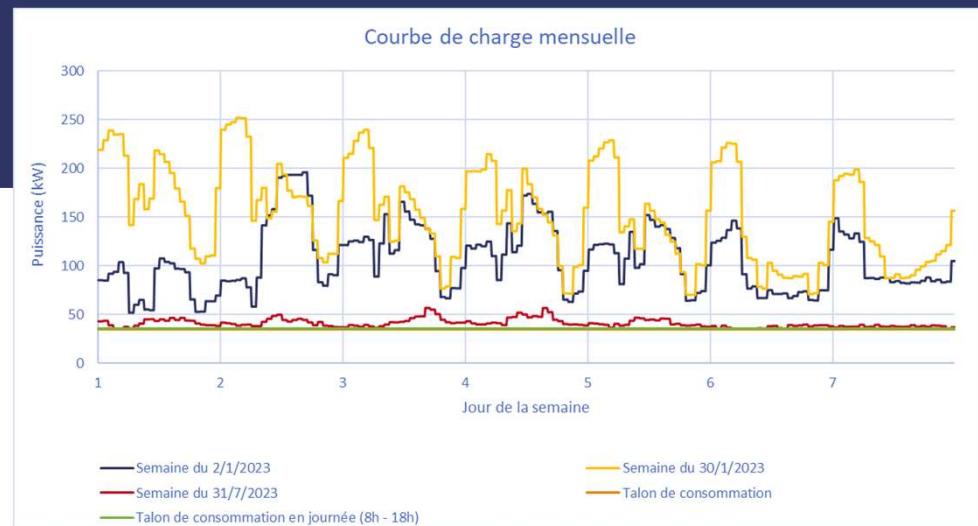
Consommation annuelle totale en 2023 : **645,1 MWh**



La consommation du site est saisonnière avec une consommation plus importante en hiver qu'en été.

En l'absence de retour de ENEDIS, les données de consommation utilisées sont celles issues de DEEPKI sur l'année 2023, au pas de temps horaire.

On observe que les consommations se font de manière homogène sur la semaine et on observe deux pics : un pic de consommation de 00h à 6h du matin puis de 11h à 17h.



Coût de l'électricité (selon factures)

Le calcul du coût de l'électricité économisé est basé sur les factures de 2024 transmises par le client. L'analyse des factures d'électricité a permis de déterminer la part variable de l'électricité consommée par le bâtiment.

Cette part variable correspond à l'économie réellement réalisée dans le cadre de l'autoconsommation.

PDL n°1 : Bât A	HPE	HCE	HPH	HCH	PointeE	PointeH	Total / moyenne
Energie (kWh)	171 120	82 101	213 256	146 868	-	31 791	645 136
Fourniture (€HT/MWh)	59,19 €	50,38 €	226,22 €	57,35 €	- €	226,22 €	121,09 €
Mécanisme de capacité (€HT/MWh)	1,18 €	1,18 €	1,18 €	1,18 €	1,18 €	1,18 €	1,18 €
Option ENR (€HT/MWh)	6,86 €	6,86 €	6,86 €	6,86 €	6,86 €	6,86 €	6,86 €
TURPE soutirage variable (€HT/MWh)	10,80 €	7,00 €	40,10 €	24,50 €	- €	- €	22,59 €
CSPE / TDCFE / TCCFE (€HT/MWh)	20,50 €	20,50 €	20,50 €	20,50 €	20,50 €	20,50 €	20,50 €
Cout effectif pays (€HT/MWh)	98,53 €	85,92 €	294,86 €	110,39 €	- €	254,76 €	172,22 €

HYPOTHESES :

HPE : Heures Pleines Été → correspond à « HP Saison Basse » sur les factures ENGIE de août 2024

HCE : Heures Creuses Été → correspond à « HC Saison Basse » sur les factures ENGIE de août 2024

HPH : Heures Pleines Hiver → correspond à « HP Saison Haute » sur les factures ENGIE de mars 2024

HCH : Heures Creuses Hiver → correspond à « HC Saison Haute » sur les factures ENGIE de mars 2024

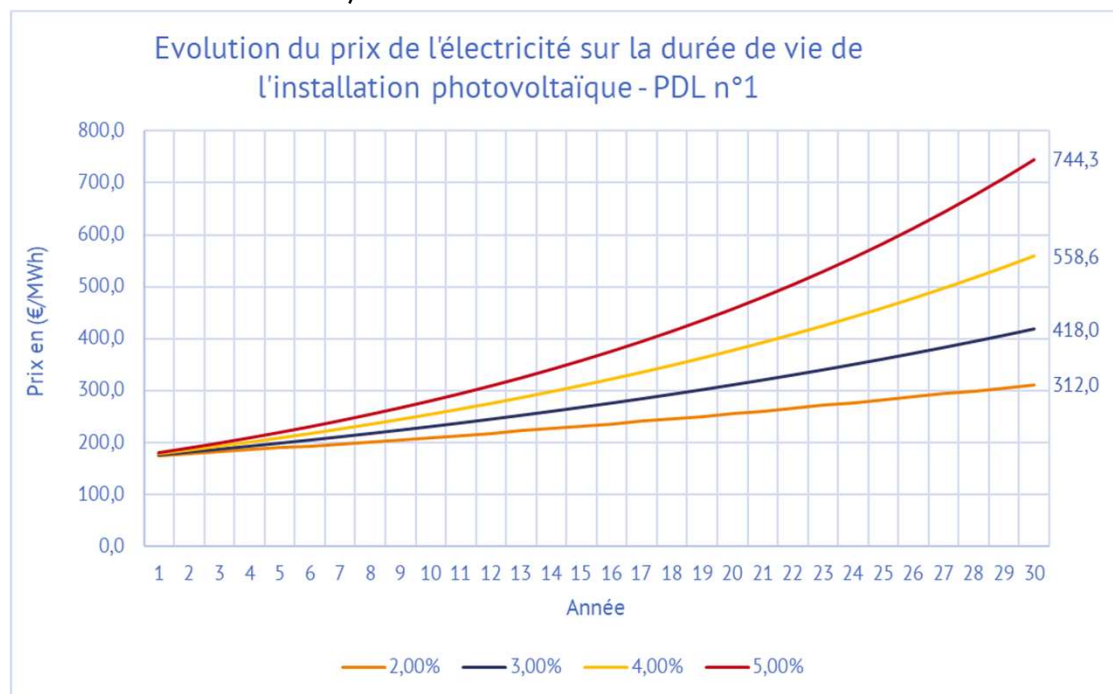
Point H : Pointe Hiver → correspond à « Pointe » sur les factures ENGIE de mars 2024

Saison haute				Saison basse				Saison haute			
Janvier		Février		Mars		Avril à Octobre		Novembre		Décembre	
7h	9h	7h	9h	7h	23h	7h	23h	7h	23h	7h	9h
9h	11h	9h	11h							9h	11h
11h	18h	11h	18h							11h	18h
18h	20h	18h	20h							18h	20h
20h	23h	20h	23h							20h	23h
23h	7h	23h	7h	23h	7h	23h	7h	23h	7h	23h	7h

Coût de l'électricité (selon factures)

Dans le cadre de l'étude, le calcul du coût du kWh économisé en période de production photovoltaïque est basé sur les données de consommations électriques fournies. **Ainsi, le coût du MWh dans sa partie variable s'élèverait à environ 172,22 €HT/MWh en 2023.**

Avec une estimation d'augmentation du prix de l'électricité de l'ordre de 3% par an, ce coût atteindra 418 €HT/MWh 2054 soit une moyenne sur 30 ans de 281 €HT/MWh.



Etude technique



Matériel considéré

Les modules et onduleurs photovoltaïques considérés dans l'étude sont des modèles classiques, actuellement rencontrés sur le marché.

Modules PV : JINKO Solar

Pour les besoins de l'étude, le module envisagé est le **JKM440N-54HL4R-(V)** de la marque **JINKO Solar**.

	Module JINKO Solar « JKM440N-54HL4R-(V) »
Puissance unitaire (Wc)	440
Dimensions (mm)	1762 x 1134 x 30
Rendement surfacique (%)	22,02
Garantie fabricant	15 ans
Garantie performance à 30 ans	87,4%
Technologie bifaciale/monofaciale	monofaciale
Tension maximale (V)	1000
Bilan carbone (keqCO2/kWc)	< 550 kgCO2 / kWc (PPE2)
Tolérance	0~+3%
Poids	22 kg
Température de fonctionnement	- 40 à +85°C



Onduleurs : Gamme de Huawei Technologies

Plusieurs puissances possibles en fonction de la taille du champ PV.

Des onduleurs équipés de plusieurs entrées MPPT indépendantes ont été privilégiés, ils permettent d'optimiser le productible en limitant les éventuelles pertes causées par une différence de caractéristiques électriques des modules (ombrage...).



Système d'intégration

Le système d'intégration photovoltaïque est choisi en fonction de la typologie du site. Un système sous ETN permet de faciliter l'assurabilité de la centrale PV. **Il conviendra néanmoins de valider ce point avec l'assurance.**

Système d'intégration ESDEC Flat Fusion

	ESDEC Flat Fusion
Format	Paysage
Orientation	Sud
Support	Béton / TAN / OSB
Étanchéité	Classement F4 I4 T3 minimum
Isolant	De classe de compressibilité C

Le système ESDEC Flatfix fusion est compatible avec le complexe d'étanchéité mis en place. Le système photovoltaïque sera conforme à l'ETN.



Il conviendra également de vérifier que le cumulé des poids des modules PV, du système d'intégration et des lests ne dépasse pas les 45 kg/m² admis.

Raccordement électrique

La puissance à raccorder est de 40 kVA.

Le site du LAPP est alimenté en HTA :

- Un transformateur de 400 kVA alimente le TGBT principal
- Un transformateur de 250 kVA alimente le TGBT dédié au chauffage

Un tableau divisionnaire a été identifié au 2^{ème} étage : Armoire n°3.

Le calibre du disjoncteur principal de ce tableau divisionnaire est 160 A.

Le tableau est alimenté depuis le TGBT principal par un câble de 4*70 mm².

De l'espace semble disponible pour permettre l'ajout d'un disjoncteur supplémentaire.

Principe de raccordement envisagé :

- Création d'une crosse en toiture pour permettre la pénétration du câble AC issu du coffret AC dans l'enceinte du bâtiment.
- Utilisation des goulottes existantes pour descendre jusqu'au tableau divisionnaire.
- Raccordement du câble AC sur un disjoncteur dédié au PV dans le TD.

