

## CAHIERS DES CLAUSES TECHNIQUES

Marché de fourniture, installation et mise en service de système de back-up et photovoltaïque dans les bureaux d'Enabel Burundi, sis avenue de Grèce n°2 à Bujumbura

Enabel BDI23008-10112

Avril 2025

## Table des matières

GENERALITES .....	4
Objet .....	4
Présentation de l'opération .....	4
Caractéristiques des spécifications techniques (ST) .....	4
Reconnaissance des lieux .....	5
Protections particulières.....	5
Tropicalisation du matériel électrique .....	5
Tensions du réseau .....	5
Protection contre la corrosion .....	5
Qualité des matériaux .....	5
Standardisation .....	6
Contraintes particulières du chantier.....	6
Organisation des travaux et environnement de travail.....	6
Description des fournitures .....	8
Pose des ouvrages .....	9
Contrôles et mise en service.....	10
Formation à l'entretien.....	10
Contrat de maintenance.....	11
ETUDES DE FAISABILITE TECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT .....	14
Introduction .....	14
Etat des lieux.....	14
Détermination et choix des panneaux photovoltaïques, convertisseurs, des régulateurs et protection .....	14
Calibre des régulateurs et protections.....	14
Détermination et choix des sections des câbles .....	15
Bilan énergétique .....	15
PRESCRIPTION TECHNIQUES PARTICULIÈRES.....	23
1. Installation de chantier .....	23
2. Eléments de production.....	23
3. Câbles de connexion .....	26
4. Tableaux électriques .....	26
5. Système de mise à la terre.....	27
6. Accessoires et supports de fixation .....	27

7. Répartition des circuits en deux circuits principaux.....	28
8.Maintenance des équipements -contrat annuel.....	28
9. Check list.....	28

## GENERALITES

### Objet

Les présentes spécifications techniques (ST) ont objet de rappeler les textes de référence et la réglementation pour chaque corps d'état ainsi que les qualités requises pour les différents matériels et matériaux entrant dans le cadre du projet de fourniture et pose d'installations photovoltaïque dans les bureaux d'Enabel Burundi, sis avenue de Grèce n°2 à Bujumbura.

L'ensemble des prescriptions techniques implique l'application sans restriction des règlements et normes en vigueur dans chaque pays, sans qu'il soit nécessaire d'y faire référence, et leur application ne puisse être dissociée des dossiers de plans et documents auxquels font référence les pièces contractuelles. En cas d'absence de réglementation du pays respectif, les réglementations de communauté Est Africaine, Belges et Françaises s'imposent, dans l'ordre cité.

Les spécifications techniques pourront préciser ou compléter les prescriptions de ces documents, étant bien entendu que celles-ci sont des prescriptions minimales en - dessous desquelles aucune dérogation ne sera admise, sauf stipulation explicite avec référence du texte auquel il est dérogé.

En outre, il est supposé que tout fournisseur soit censé s'être rendu compte de la situation des lieux de réalisation des ouvrages.

### Présentation de l'opération

#### D'une façon générale, le marché comporte :

La fourniture par l'entrepreneur de tout le matériel nécessaire à la réalisation des installations photovoltaïques, la mise en place et le montage du matériel ;  
Les essais de contrôle et de réception du matériel fourni par l'entrepreneur ;  
Les essais et la mise en service des installations ;  
La fourniture des plans et schémas d'exécution, ainsi que tous les documents tels que notices explicatives, manuels d'entretien et listes des pièces de rechange. Tous ces documents sont rédigés en français ;  
La formation des usagers sur l'emploi et l'entretien des équipements installés.

Avant l'exécution de son travail, l'entrepreneur soumet aux services du Pouvoir Adjudicateur l'ensemble des plans d'exécution indiquant avec précision l'implantation du matériel, le passage des câbles, fourreaux, etc., en tenant compte des différents corps de métiers.

Le Pouvoir Adjudicateur se réserve le droit de faire démonter, sans indemnité pour l'entrepreneur, le matériel non conforme aux plans et aux présentes spécifications.

L'entrepreneur ne peut tirer argument d'une erreur ou omission des présentes spécifications et plans, pour se dispenser de fournir et de monter, sans supplément de prix, tous les éléments nécessaires à l'exécution des installations dans toutes les règles de l'art et répondant aux exigences de la bonne pratique de la compagnie distributrice d'électricité.

### Caractéristiques des spécifications techniques (ST)

Les ST sont rédigés en accord avec les documents techniques suivants :

Les normes françaises de l'AFNOR en général et en particulier les Normes **NF C 15-100, normes électriques de référence pour les installations électriques à basse tension**, couvrant la mise à la terre, les protections contre les surtensions, et la sécurité des personnes.

**Normes NF EN 61215 et NF EN 61730 pour la qualité et la sécurité des modules photovoltaïques.**

Les prescriptions des fabricants ;  
Les normes de la Communauté Est Africaine

### **Reconnaissance des lieux**

Conditions climatiques

Localisation : Burundi

Humidité relative de l'air : maximum 80% ; Minimum 50%

Température de l'air sous abri : maximum 30° C ; Minimum 16°C

Altitude : 800 mètres à 1.800 mètres

Latitude : 3° 22' 55'' Sud

L'entreprise devra parfaitement mesurer par une visite détaillée des lieux et prévoir dans son offre, tous les travaux particuliers propres à la réalisation de ces ouvrages.

Il ne sera pas admis une fois le marché signé, de travaux supplémentaires occasionnés par la méconnaissance des lieux, de l'environnement et de ses contraintes, des possibilités d'accès et de stockage, etc.

Il sera tenu compte dans l'offre de l'entreprise de toutes les sujétions découlant du contexte de l'opération, ainsi que de la prise en compte des moyens nécessaires à envisager pour assurer la totalité des prestations prévues à sa charge.

### **Protections particulières**

Compte tenu des conditions climatiques, les matériels doivent être efficacement protégés - contre la rouille contre les effets de moisissures et micro-organismes vivants

Le matériel électrique doit être tropicalisé.

#### **Tropicalisation du matériel électrique**

Le bon fonctionnement de chaque appareil ou équipement est garanti dans les conditions prévalant sur place en ce qui concerne la température et l'humidité

Toutes les précautions nécessaires sont prises à cet effet sans affecter les qualités électriques ou mécaniques du matériel.

#### **Tensions du réseau**

Les tensions appliquées aux tableaux généraux sont :

Tension alternative 220 V - 50 Hz. Entre phases et neutre.

La tension en continu est de 48V

#### **Protection contre la corrosion**

Le matériel électrique est tropicalisé entièrement et efficacement afin de protéger chaque élément constitutif de toute possibilité d'oxydation. Cette tropicalisation s'applique aussi bien, aux barres pour chemin de toiture ou support batteries et panneaux, conducteurs, connexions et aux appareils.

### **Qualité des matériaux**

L'entrepreneur est réputé exécuter ses travaux avec des matériaux et matériels de la meilleure qualité nécessaire. Il doit pouvoir, à tout moment, faire la preuve de l'origine et de la qualité des matériaux mis en œuvre, auprès des services concernés.

L'entreprise est tenue de se conformer aux caractéristiques et aux qualités imposées par les documents contractuels.

Tout le matériel doit être neuf. L'Entrepreneur doit fournir, à la première demande du Maître d'ouvrage, un échantillon ou une documentation technique complète de tout le matériel électrique prévu dans le présent marché. Toute documentation doit être rédigée en français.

### **Standardisation**

Les Batteries, Panneaux, convertisseurs hybrides et boîtes de connexion auront une origine commune de façon à garantir une standardisation de forme, dimensions et teinte.

### **Contraintes particulières du chantier**

L'attention de l'Entreprise est attirée sur la continuité des activités des établissements ou services pendant les travaux.

L'entreprise devra prendre toutes les dispositions afin d'intégrer les éventuelles contraintes susceptibles d'être apportées par sa présence dans les locaux en activités pendant toute la durée du chantier.

### **Organisation des travaux et environnement de travail**

#### **Organisation générale du chantier**

Les rendez-vous de chantier auront lieu aux jours et heures fixés par le Pouvoir Adjudicateur. L'entreprise devra obligatoirement être représentée à ces rendez-vous par un représentant agréé par le Pouvoir Adjudicateur. Les sous-traitants éventuels pourront également être convoqués en cas de besoin aux réunions de chantier.

#### **Nettoyage**

##### En cours de travaux

L'entreprise doit assurer le nettoyage général du chantier et de ses abords pendant toute la durée des travaux et ce, à sa charge exclusive.

L'entreprise doit assurer le nettoyage consécutif à ses travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier et selon les directives du Pouvoir Adjudicateur. Pour cela, les équipes de chantier devront être équipées de matériel de nettoyage approprié.

En cas de défaillance, le Pouvoir Adjudicateur pourra demander l'exécution de ces nettoyages à une entreprise spécialisée à la charge du fournisseur défaillant.

##### En fin de travaux

L'entreprise fera exécuter, le nettoyage final du chantier.

Il est précisé que la prestation comprendra un nettoyage préalablement aux opérations de réception et un second nettoyage pour la remise des locaux aux utilisateurs.

Les nettoyages ultérieurs qui s'avèreraient nécessaires suite à la levée des réserves seront à la charge de l'Entreprise.

#### **Protection**

L'entreprise doit garantir les matériaux, installations, outillages et ouvrages, des dégradations qu'ils pourraient subir notamment du fait des intempéries.

Elle devra réparer les dommages provenant du défaut de précaution, remettre en état ou remplacer à ses frais les constructions qui auraient été endommagées de ce fait et ce, pendant la période de garantie.

Si les travaux viennent à être interrompus pour quelque cause que ce soit, l'entreprise devra protéger les

constructions et ouvrages réalisés contre les dégâts qu'ils pourraient subir, sans frais supplémentaires pour l'Autorité Contractante.

## **Installations**

Le matériel fourni pour l'ensemble sera à livrer avec une garantie des pièces de rechanges, et main d'œuvre d'une année.

Cette installation devra être protégée par des disjoncteurs qui seront calibrés en fonctions de l'installation par site.

Les câbles utilisés seront de sections suffisantes pour le système et leur section sera mentionnée par le soumissionnaire dans le tableau pour chaque partie de l'installation.

**Le soumissionnaire aura à sa charge durant la période de garantie, l'entretien et la maintenance de l'installation pour assurer le bon fonctionnement du système.**

Dans le cadre de ces installations, pendant la journée, le système devra être en mesure de fournir de manière indépendante, l'énergie nécessaire au circuit sur l'énergie solaire comprenant l'éclairage intérieur ; les équipements informatiques, un nombre limité d'imprimantes collectives (3 au maximum), un climatiseur de la salle des serveurs et 3 climatiseurs des salles de réunions et les cafetières de la cuisine.

Les panneaux solaires seront installés sur l'abri du parking après renforcement de celui-ci par le soumissionnaire gagnant. L'accessibilité à l'installation sur l'abri du parking sera facilitée par une échelle fixe et des chemins de toit permettant de sécuriser les déplacements sur la toiture de l'abri. Ce chemin métallique devra reposer sur les charpentes existantes et renforcées. Ce chemin devra permettre de faire le tour de l'installation afin de faciliter le travail d'entretien et de maintenance.

### **Détails du matériel :**

Les batteries seront d'Energie de 5kwh ; type lithium-ion ; avec un cycle de charge – décharge convenable. Le contrôle de l'état des batteries, flux de charge (load flow), tension, intensité, etc est assuré par unité de contrôle installée à cette fin.

Les panneaux photovoltaïques seront de puissance 560Wc

Le convertisseur devra être pur sinus de puissance dépendant du site de type hybride avec régulateurs MPPT intégrés.

### **Installations électriques dans les bâtiments.**

Les installations électriques dans les bâtiments sont réalisées **principalement en pose apparente des goulottes sur les murs et gaines rigides**

Le raccordement d'équipements se fait obligatoirement par pénétration à travers un presse-étoupe garantissant une protection IP45 au moins, d'une dimension adaptée au tube ou au câble, selon le cas. En pose apparente, par sécurité et pour des facilités d'entretien, la pénétration dans les boîtiers par la face inférieure, est préférée.

Les fils isolés et câbles, utilisés dans les installations électriques sont prévus respectivement pour tension d'isolement 750 V selon NBN C 32-123 et tension d'isolement 1000 V selon NBN C32-124.

Les boîtes de dérivation du type plafonnier sont fournies avec barrettes de connexion 2,5mm<sup>2</sup>, 4mm<sup>2</sup>, 6mm<sup>2</sup>, 10 mm<sup>2</sup>, 16mm<sup>2</sup>, 25mm<sup>2</sup> selon le cas. Aux endroits susceptibles d'être en contact avec l'eau, les boîtes sont étanches.

### **Description des fournitures**

Une description technique et les spécifications complètes des matériaux en mentionnant leur origine, tous les contrôles et certificats auxquels les panneaux solaires (ou ses composants) satisfont, ainsi que les prescriptions d'entretien et les éventuels échantillons seront soumises à l'approbation du maître d'ouvrage.

La description des fournitures et prestations objet du marché devra être accompagnées par :

**La liste des pièces de rechange et des consommables recommandés par le fabricant**, pour chaque produit proposé, et pour une durée minimum de 2 ans et/ou un nombre d'actes spécifiés.

### **Le détail des travaux d'installation, de montage et de câblage**

**Une proposition détaillée et chiffrée de service après-vente pendant 2 ans**, et en particulier :

Indiquer la filière de pièces détachées à partir du Burundi ;

Indiquer la représentation commerciale au Burundi des constructeurs proposés ;

Si certains outillages spécifiques sont nécessaires à la maintenance niveau 1 et 2 des équipements fournis, ceux-ci seront mentionnés et inclus dans les offres des Soumissionnaires.

Les difficultés liées à la maintenance des fournitures importées doivent être résolues pendant l'exploitation des équipements et matériels proposés.

A cet effet, le soumissionnaire devra justifier qu'il dispose de contrats de représentations locales (pays bénéficiaire) ou sous régionales (sous-région du pays bénéficiaire pour un délai d'intervention acceptable) pour la distribution et la maintenance des fabricants proposés.

Dans tous les cas, le soumissionnaire devra donner la preuve que sa filiale ou son représentant connaît les fournitures proposées ou les modèles antérieurs de même type et en assure antérieurement la maintenance, donc qu'il est apte à assurer correctement la vie de ces fournitures.

A cet effet, il devra préciser les moyens mis en œuvre par sa représentation (moyens humains avec CV, ateliers de maintenance que le pouvoir adjudicataire pourra visiter, formations antérieurs ou ultérieures du personnel local sur les équipements similaires à ceux proposés par le soumissionnaire) ;

**Une proposition de formation pour les techniciens responsables sur le site de livraison avec les contenus et délais de formation pratique et théorique ;**

**Des propositions techniques portant sur des services accessoires ;**

**Le planning d'exécution** (livraison, installation, mise en œuvre et réception provisoire). Il tient compte des aspects suivants :

Préparation et expédition des équipements ;

Délai de transport vers la destination ;

Délai de dédouanement, sortie douanes ;

Transport et fret intérieur au Burundi ;



Installations, mise en route, essais, **formation** et réception provisoire

**La liste des plans du titulaire** (à remettre au Pouvoir Adjudicateur avant ou au plus tard lors de la réception provisoire) :

Plans d'installation des panneaux solaires sur la structure ombrière du parking ;

Plans de raccordement ;

Schémas d'installation des kits (batteries + panneaux) ;

**3 modes d'emploi et / ou manuel d'utilisation et d'exploitation en langue française**, 2 versions physique et 1 version électronique ;

**3 manuels de maintenance comprenant la description des opérations de vérification, calibrage, étalonnage et réparation** ; 2 versions physique et 1 version électronique ;

**Le programme de maintenance préventive, détaillé avec la périodicité** ;

**Un organigramme simplifié de recherche de panne** ;

La liste de consommables ;

La nomenclature des pièces de rechange, avec références fabricant permettant de se réapprovisionner. Cette nomenclature sera accompagnée d'une liste des fabricants et/ou fournisseurs éventuels de pièces de rechange.

Le soumissionnaire joindra à son offre, tous les éléments et renseignements permettant de faire la preuve de la conformité des appareils aux spécifications techniques demandées et de comprendre les particularités et les caractéristiques particulières éventuelles des appareils proposés dans cette offre.

En particulier, les documents du constructeur précisant les caractéristiques :

Dimensionnelles, techniques et d'installation ;

Les consommations spécifiques normalisées ;

Les fiches d'entretien général ;

Les coûts des consommables ;

Une note précisant la nature et la provenance de tous les matériaux, fournitures et composants ;

Toutes autres informations strictement en rapport avec l'offre et permettant d'apprécier la qualité et le mode de fabrication.

Tous ces éléments fournis permettent de renseigner l'Acheteur sans ambiguïté sur les caractéristiques des appareils et ses performances, ainsi que des prestations associées, au moyen notamment :

Du nom du fabricant, la marque commerciale, le type et modèle précis du matériel et sa référence, ainsi que la liste des accessoires de base fournis, indispensables pour le fonctionnement normal de chaque appareil.

Pour les mobiliers fabriqués localement, fournir les matériaux, les échantillonnages et les modes d'assemblage.

Photos et documentations commerciales du modèle proposé qui sera clairement identifié ;

Cette documentation sera considérée comme faisant partie intégrante de l'équipement et la réception ne pourra pas être prononcée si elle n'est pas complète.

Elle sera repérée avec la codification et la référence du matériel auquel elle se rapporte.

Le représentant du fournisseur devra posséder au moins cette documentation.

### **Pose des ouvrages**

Le transport, l'entreposage et la mise en œuvre des matériaux se fera conformément aux dispositions des normes correspondantes, prénormes, directives, prescriptions et exigences.

La pose comprend tous les travaux nécessaires à la mise en service, y inclus et sans exhaustivité :

Accès à la toiture du parking : dépose partielle de la couverture existante si besoin, renforcement ponctuel de la charpente, pose des fixations, pose des panneaux photovoltaïques, restauration de l'étanchéité de la toiture et de la couverture

Pose de tous les câbles en apparent, fixation par clous cavaliers ou attaches spécifiques. Les câbles horizontaux sont à poser sur les chemins de câble au niveau de la structure des panneaux, sur le faux-plafond ou à fixer sur la charpente dans le bâtiment, les câbles verticaux doivent partir du point haut, interrupteurs (si applicable) seront tous installés à une hauteur comprise entre 1m20 et 1m40 alors que les prises sont installées à une hauteur minimale de 40 cm et à 30 cm des coins et des angles.

## **Contrôles et mise en service**

### **Mise en service**

Chaque installation devra être testée en état de marche (avant la réception de l'ensemble des prestations).

Chaque installation sera mise en service et réglée conformément aux prescriptions du Pouvoir Adjudicateur.

La mise en service comprend :

- la vérification du fonctionnement continu pendant 6 h, la vérification de l'absence d'échauffements, d'interférences, ...
- **la formation du personnel : au moins 2 personnes par centre des métiers ;**
- **la mise à disposition d'un manuel d'utilisation par personnel formé ;**
- la mise à disposition d'une fiche illustrée plastifiée « mode d'emploi et conseil d'usage » ; au niveau de l'emplacement des installations.

### **Dossier des ouvrages exécutés**

Lors de la réception, les dessins de révision (plans as-built) des installations seront remis au Pouvoir Adjudicateur.

L'installateur donnera les instructions nécessaires pour l'utilisation de l'installation à la personne désignée par le Pouvoir Adjudicateur.

A la réception, le mode d'emploi et les instructions d'entretien du système solaire seront remis.

### **Garanties**

**L'installation sera garantie pendant un an après la réception provisoire**, de tous les défauts provoqués par un défaut de matériau ou une erreur d'exécution.

**D'autre part, pendant la période de garantie allant jusqu'à la réception définitive, l'attributaire restera en charge des opérations de maintenance telles que décrites dans le paragraphe suivant.**

Pour l'onduleur, le délai de garantie sera d'au moins 5 ans.

Pour les panneaux solaires, le délai de garantie sera d'au moins 5 ans. Le haut rendement des modules sera garanti pendant au moins 20 ans à raison de 80 % de la puissance nominale.

Pour les batteries, le délai de garantie sera d'au moins 5 ans ;

### **Maintenance**

L'attributaire doit avoir un service de maintenance agréé par le fabricant, au Burundi ou dans la sous-région et s'engage à intervenir **dans un délai d'une (01) semaine maximum après qu'une panne lui est signalée.**

Nous décrivons ci-après les interventions minimales attendues pour la maintenance des équipements fournis.

## **Formation à l'entretien**

Il convient de s'attarder sur ce poste, assez délicat et assez peu maîtrisé par les bénéficiaires. Une formation doit être organisée par l'Entreprise à la fin des travaux en vue de permettre aux préposés désignés (au moins 2 personnes d'Enabel) d'avoir la capacité d'une part de comprendre le fonctionnement de l'ensemble des équipements composant ce système et d'autre part de communiquer de façon claire et compréhensible avec un technicien en cas de nécessité d'une intervention.

Les bénéficiaires de la formation pourront après formation, être capables de lire ou relever les paramètres des équipements, connaître les pannes fréquentes des systèmes solaires, les interpréter ou être en mesure de décrire de façon compréhensible un dysfonctionnement du système pour le communiquer au technicien pour une éventuelle intervention. Ils pourront aussi être capables de sensibiliser leurs collègues sur l'utilisation optimale des récepteurs pour lesquels le système a été conçu.

### **Contrat de maintenance**

Le contrat de maintenance devra être signé **après la réception définitive des installations (01 an après la réception provisoire)** et s'étalera sur 01 an renouvelable une fois. La maintenance pendant la période de garantie (01 an après la réception provisoire) incombe à l'entreprise qui a fait les installations.

Sans exclure les interventions qui peuvent survenir suite aux pannes urgentes, deux types d'entretien/maintenance seront réalisés dans le cadre de l'exploitation des équipements installés :

#### **L'entretien trimestriel**

L'entretien trimestriel s'effectue tous les trois mois et a pour but de vérifier le bon fonctionnement des équipements et de prendre des mesures pouvant assurer leur bon fonctionnement. Cet entretien consiste principalement à des actions de contrôle visuels et des mesures légères s'il n'y a pas de panne exceptionnelle.

Nous présentons ci-après les actions et dispositions recommandées :

#### **Contrôle visuel**

Contrôle de vue de la propreté des modules : nettoyage des modules tôt le matin ou tard le soir ; les précautions à prendre sont :

Faire le nettoyage le soir ou tôt le matin quand les panneaux ne sont pas exposés à un fort ensoleillement ;

Utiliser un chiffon doux et propre ;

Essuyer doucement la surface des panneaux en partant du haut vers le bas ;

S'assurer qu'il n'y a plus de trace de poussière, de tartres ou de déjection d'oiseaux ;

Eviter de marcher sur les panneaux ou de s'y appuyer ;

Contrôle des boîtiers de jonction : présence d'eau ou d'insectes, vérification de l'étanchéité des boîtiers et des connexions et si nécessaire resserrer les presse-étoupe où les remplacer.

#### **Batterie**

Contrôle visuel de la propreté du local des batteries ;

Contrôle visuel des batteries : dépôts de sédiments dans les cuves des éléments ;

Vérifier les connexions des éléments.

Vérifier l'isolation des bornes

Les précautions à prendre sont :

Ne pas utiliser une grande quantité d'eau à proximité des cellules de groupement des batteries durant le nettoyage, car l'eau est un conducteur. En cas de corrosion des connexions, effectuer les opérations suivantes :

Isoler complètement la batterie de tous les branchements : branchement au champ, branchement à l'onduleur ;

Isoler l'élément ou les éléments concernés ;

Nettoyer la connexion ou la borne corrodée à l'aide d'une brosse métallique ;

Appliquer une mince couche de graisse anticorrosion haute température ;

Raccorder l'élément et serrer les connexions ;  
Rebrancher la batterie dans le circuit raccordement à l'onduleur.

### **Entretien de l'onduleur**

L'onduleur nécessite peu d'entretien. Les opérations de vérifications suivantes se feront trimestriellement :  
Vérification de la propreté de l'onduleur : présence de poussière, présence d'insectes ;  
Vérification de l'aération de l'onduleur.

### **Entretien des TGBT**

Vérification visuelle du tableau : effectuer une inspection visuelle. Cette vérification aura pour but de détecter certains dommages facilement visibles comme des brûlures ou de la corrosion.  
Vérification des connexions (et resserrer certaines si besoin) mais aussi de nettoyer la poussière (qui conduit l'électricité et peut provoquer des courts-circuits).  
Test de disjoncteur : assurez-vous qu'il fonctionne correctement en l'actionnant  
Vérification des étiquettes. Vérifier si l'étiquetage a bien été réalisé et s'il est à jour

### **Inspection des câbles électriques**

Des câbles électriques relient :  
Les modules à l'onduleur ;  
Les batteries à l'onduleur ;  
L'onduleur aux récepteurs.

On inspectera ces câbles à chaque visite d'entretien pour être sûr qu'ils sont en bon état  
Contrôle des connexions aux bornes des batteries ;  
Suivre le câble de bout en bout chercher les détériorations suivantes : coupure, isolant usé ou rongé dénudant l'âme des conducteurs ;

Tout câble endommagé doit être remplacé. Si on constate que les câbles sont rongés par des animaux, il faut envisager de les protéger par un fourreau.

### **L'entretien annuel**

L'entretien annuel consiste en une intervention plus approfondie. Il couvre les actions menées au cours des entretiens trimestriels mais aussi des actions de mesures approfondies permettant d'apprécier de façon plus précise l'état de fonctionnement des équipements (paramètres électriques, rendement, ...). L'entretien annuel constitue le 4<sup>ème</sup> entretien c'est - à - dire 03 mois après le troisième entretien trimestriel.

Il importe de préciser que certaines des actions décrites ci-après seront effectuées par des techniciens possédant une expérience avérée en matière d'installations solaires, pour pouvoir interpréter les résultats des mesures effectuées et mettre en œuvre les dispositions qui s'imposent.

### **Contrôle visuel**

Contrôle de vue de la propreté des modules : nettoyage fréquent des modules, renouveler **les consignes au préposé à l'entretien du système solaire « nettoyage des modules tôt le matin ou tard le soir »** ;  
Contrôle de présence d'ombre portée sur les modules ;  
Contrôles des fixations des modules : vérification de la visserie antivol ; en cas de corrosion ou d'infraction : resserrer si possible et les enduire si nécessaire de dégrippant ;  
Contrôle des boîtiers de jonction : présence d'eau, ou d'insectes : vérifier l'étanchéité des boîtiers, si nécessaire resserrer les presse-étoupe où les remplacer.

### **Contrôle des performances électriques**

Mesurer la tension de circuit ouvert du champ photovoltaïque ;  
Mesurer le courant de charge des batteries ;  
Mesurer la tension de charge des batteries ;  
Rendre compte du rendement actualisé des équipements.

### **Dépannage et réparations éventuelles**

Les opérations de dépannage et réparations peuvent se faire en n'importe quel moment chaque fois que de besoin.

#### **Mesure de la tension de circuit ouvert**

La tension de circuit ouvert est celle qui règne entre les deux bornes de sortie lorsque le panneau (module) ne débite pas, on devra donc débrancher les panneaux (modules) ;

Après avoir débranché les panneaux, on exécute la mesure au niveau des bornes de sortie correspondante ;

Lire la valeur affichée et inscrire cette valeur sur la fiche en annexe ;

Après les mesures, on refait le branchement ;

Noter la température des modules (noter que la tension de circuit- ouvert diminue quand la température augmente) ;

Comparer la valeur obtenue à la valeur de la fiche technique des modules.

.....

En cas d'appel en urgence l'attributaire (du contrat de maintenance) doit répondre rapidement pour éviter les dommages qui peuvent être causés par la panne.

Après chaque visite, un rapport de visite contenant les travaux effectués, l'état des lieux des équipements et les différents relevés signés le technicien désigné par Enabel doit être transmis à qui de droit.

## ETUDES DE FAISABILITE TECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT

### Introduction

Les données suivantes concernent l'étude de faisabilité technique et financière des installations des systèmes photovoltaïques effectuées dans le cadre du projet de sécurisation énergétique des bureaux de l'organisation Enabel au Burundi.

Ainsi, les points suivants ont été l'objet des prestations dans le cadre de l'étude de faisabilité :

Calcul du bilan des puissances installées des équipements informatiques et de tous les équipements électriques dans les bureaux.

Dimensionnement des équipements solaires selon la priorisation des équipements présents dans les bureaux ;

L'identification de la structure métallique de support des panneaux photovoltaïques ;

L'estimation financière pour en déduire la faisabilité de l'opération.

### Etat des lieux

L'installation électrique du bâtiment est établie selon **la norme NFC 15-100**,

Le site est raccordé au réseau de la REGIDESO via un compteur cash power triphasé 3p+N

### Détermination et choix des panneaux photovoltaïques, convertisseurs, des régulateurs et protection

Nous considérons les panneaux photovoltaïques avec Technologie MBB (Multi-Busbar) de 560Wc ;

Icc=14,21 A dans les STC (Standards Test Conditions) ; de 417Wc ; Icc 11,48A dans les NOCT (Normal

Operating Cell Temperature) ; les convertisseurs hybrides avec régulateurs MPPT intégrés.

Bâtiment Hellénique	Puissance Totale en kW	Energie totale en kWh/j	Pnce champ PV en kWc	Puissance module en Wc /unité	Energie bat en kWh	Nbre de Batteries	Pnce onduleur en kW	Standard onduleur en kW
Alimentation des équipements priorités	31,9	175	33,6	560	70	14	33	30 (3*10kW)

### Calibre des régulateurs et protections

Bâtiment Hellénique	Puissance Totale en kW	Energie totale en kWh/j	Pnce champ PV en kWc	Pnce Standard onduleur en Kw	Energie bat en kWh	Regu-lateurs de charge	Protec-tion /Régul.en DC en A	Protection/Batt-Convert. En DC en A
Alimentation des équipements priorités	31,9	175	33,6	3*10kW	70	2* MPPT /onduleur	2*30	2*200

## Détermination et choix des sections des câbles

Suivant la distance du lieu d'installation les sections ci-après sont à respecter :

Bâtiment Hellénique	Nombre de panneaux	Courant par panneau en A	Constitution des chaines séries - sorties PV (En mm <sup>2</sup> )	Section des câbles sortie strings-boîtes de jonction (En mm <sup>2</sup> )	Section des câbles entres boîtes de jonction panneaux et Convertisseurs (En mm <sup>2</sup> )
Alimentation des équipements priorités	60	14,21	4	6	16

## Bilan énergétique

Le bâtiment dispose d'une installation électrique existante, mais **le système de mise à la terre doit être réévalué**. Il est également nécessaire d'ajouter un paratonnerre de protection, qui pourra également assurer la protection des installations photovoltaïques. En fonction de l'architecture du bâtiment, les panneaux photovoltaïques seront installés sur le toit du parking des véhicules Enabel.

La configuration de l'installation **consiste à créer 2 circuits alimentés indépendamment** :

**1<sup>er</sup> Circuit\_Solaire** : pour les éclairages, les équipements informatiques, un nombre réduit d'imprimantes collectives (3 au maximum), un climatiseur de la salle des serveurs et 3 climatiseurs des salles de réunions et les cafetières de la cuisine.

**2<sup>e</sup> Circuit\_Regideso** : pour le reste des équipements à savoir les climatiseurs des bureaux, les brasseurs d'air, les fontaines à eau et les autres imprimantes présentes dans les locaux.

Appareils à alimenter par le solaire (1<sup>er</sup> Circuit\_Solaire )

Localisation	Désignation d'appareil	Qté	P. U en Watt	P.T en Watt	K <sub>simultan</sub>	K <sub>liss</sub>	P.foisonée	Jour 8h00-17h00	Nuit 17h00-8h00	Temps total en h	Eie en Wh jour	Eie en Wh nuit	Eie total en Wh
Bureau N1(Grande salle)	Portable	5	65	325	0,6	0,8	156	4	1	5	624	156	780
	Vidéoprojecteur	1	750	750	0,6	1	450	4	1	5	1800	450	2250
	Climatiseur 24K BTU	2	1 950	3900	0,8	0,8	2496	4	0	4	9984	0	9984
	Point lumineux	6	16	96	0,9	1	86,4	4	1	5	345,6	86,4	432
Bureau N2(Petite salle)	Portable	1	65	65	0,8	0,8	41,6	4	0	4	166,4	0	166,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	4	1	5	57,6	14,4	72
Bureau N3(Finance)	Ecran	7	130	910	0,7	1	637	8	2	10	5096	1274	6370
	Portable	9	65	585	0,9	0,8	421,2	8	2	10	3369,6	842,4	4212
	Point lumineux	5	16	80	0,9	1	72	8	2	10	576	144	720
Bureau N4(Accueil)	Ecran	4	130	520	0,7	1	364	8	2	10	2912	728	3640
	Portable	4	65	260	0,9	0,8	187,2	8	2	10	1497,6	374,4	1872
	Imprimante	1	1 584	1584	0,9	0,6	855,36	8	2	10	6842,88	1710,72	8553,6
	Switch	1	50	50	0,9	1	45	12	12	24	540	540	1080
	Point lumineux	4	16	64	0,9	1	57,6	8	2	10	460,8	115,2	576
Bureau N5	Ecran	4	130	520	0,7	1	364	8	0	8	2912	0	2912
	Portable	4	65	260	0,9	0,8	187,2	8	0	8	1497,6	0	1497,6
	Point lumineux	2	16	32	0,9	1	28,8	8	0	8	230,4	0	230,4
Bureau N6	Ecran	2	130	260	0,7	1	182	8	0	8	1456	0	1456
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2



Bureau N7 (Cuisine)	Micro-onde	1	1 000	1000	0,9	1	900	1	0	1	900	0	900
	Chauffe-eau	1	1 000	1000	0,9	1	900	1	0	1	900	0	900
	Cafetières	2	1 000	2000	0,9	1	1800	2	0	2	3600	0	3600
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N10	Ecran	3	130	390	0,7	1	273	6	0	6	1638	0	1638
	Portable	3	65	195	0,9	0,8	140,4	6	0	6	842,4	0	842,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N11	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N12	Ecran	2	130	260	0,7	1	182	8	0	8	1456	0	1456
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N13	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N14	Ecran	2	130	260	0,7	1	182	8	2	10	1456	364	1820
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux (duo)	2	16	32	0,9	1	28,8	8	0	8	230,4	0	230,4
Bureau N15	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N16	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4

	Point lumineux	2	40	80	0,9	1	72	8	0	8	576	0	576
Bureau N17	Ecran	4	130	520	0,7	1	364	8	0	8	2912	0	2912
	Portable	4	65	260	0,9	0,8	187,2	8	0	8	1497,6	0	1497,6
	Imprimante couleur	1	1584	1584	0,9	0,6	855,36	8	0	8	6842,88	0	6842,88
	Point lumineux	8	40	320	0,9	1	288	8	0	8	2304	0	2304
Bureau N18	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4
	Point lumineux	2	40	80	0,9	1	72	8	0	8	576	0	576
Bureau N19(Salle réunion)	VPI	1	750	750	0,9	1	675	4	0	4	2700	0	2700
	Portable	4	65	260	0,9	0,8	187,2	4	0	4	748,8	0	748,8
	Climatiseur	1	910	910	0,9	0,8	655,2	4	0	4	2620,8	0	2620,8
	Point lumineux (duo)	2	16	32	0,9	1	28,8	4	0	4	115,2	0	115,2
Bureau N20	Projecteur portable	1	300	300	0,9	1	270	4	0	4	1080	0	1080
	Imprimante Photocopieuse	1	1540	1540	0,9	0,6	831,6	8	0	8	6652,8	0	6652,8
	Point lumineux	2	16	32	0,9	1	28,8	8	0	8	230,4	0	230,4
Bureau N21	Ecran	2	130	260	0,7	1	182	8	0	8	1456	0	1456
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N22	Ecran	2	130	260	0,7	1	182	8	0	8	1456	0	1456
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N23	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2

Bureau N24	Ecran	6	130	780	0,7	1	546	8	0	8	4368	0	4368
	Portable	6	65	390	0,9	0,8	280,8	8	0	8	2246,4	0	2246,4
	Point lumineux	3	16	48	0,9	1	43,2	8	0	8	345,6	0	345,6
Bureau N25	Ecran	2	130	260	0,7	1	182	8	0	8	1456	0	1456
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N26	Ecran	4	130	520	0,7	1	364	8	0	8	2912	0	2912
	Portable	4	65	260	0,9	0,8	187,2	8	0	8	1497,6	0	1497,6
	Point lumineux	4	16	64	0,9	1	57,6	8	0	8	460,8	0	460,8
Bureau N28	Ordinateur et écran plat	2	100	200	0,9	1	180	8	0	8	1440	0	1440
	Point lumineux	2	16	32	0,9	1	28,8	8	0	8	230,4	0	230,4
Local serveur	Equipement serveur	1	300	300	0,9	1	270	12	12	24	3240	3240	6480
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	2	0	2	28,8	0	28,8
	Climatiseur 9K BTU	1	1066	1066	0,9	0,8	767,52	12	12	24	9210,24	9210,24	18420,48
Bureau N30	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	2	65	130	0,9	0,8	93,6	8	0	8	748,8	0	748,8
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Bureau N31	Ecran	1	130	130	0,7	1	91	8	0	8	728	0	728
	Portable	1	65	65	0,9	0,8	46,8	8	0	8	374,4	0	374,4
	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	8	0	8	115,2	0	115,2
Stock (N°16)	Point lumineux	2	16	32	0,9	1	28,8	4	0	4	115,2	0	115,2
Local groupe	Point lumineux	2	16	32	0,9	1	28,8	0	4	4	0	115,2	115,2
Guérite	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	6	12	18	86,4	172,8	259,2

Corridors	Point lumineux	28	16	448	0,9	1	403,2	0	12	12	0	4838,4	4838,4
Extérieur	Point lumineux	32	16	512	0,9	1	460,8	0	12	12	0	5529,6	5529,6
Clôture	Point lumineux	36	40	1440	0,9	1	1296	0	12	12	0	15552	15552
Sanitaires (côté abri groupe)	Point lumineux	7	11	77	0,9	1	69,3	6	2	8	415,8	138,6	554,4
Sanitaires N°8&9	Point lumineux	4	16	64	0,9	1	57,6	8	0	8	460,8	0	460,8
Sanitaire N°27	Point lumineux	1	16	16	0,9	1	14,4	6	2	8	86,4	28,8	115,2
				31 933			23 228				128 197	46 877,96	175 075

Energie à produire (Ep)=Ec+20%Ec

210 090 Wh

#### Equipements photovoltaïques nécessaires

EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES	QUANTITE
<b>Panneaux photovoltaïques</b>	Panneaux photovoltaïques avec Technologie MBB (Multi-Busbar) de 560Wc	60
<b>Convertisseurs hybrides avec MPPT intégré</b>	10kW-2*MPPT	3
<b>Batteries</b>	Batterie Lithium (Li-Ion), Performance LV5.0, Energie nominale : 5kWh	14

Appareils à alimenter par l'Energie du Réseau (REGIDESO) :(pour le reste des équipements à savoir les climatiseurs des bureaux, les brasseurs d'air, les fontaines à eau et les autres imprimantes présentes dans les locaux suivant le tableau ci-après :

	Désignation d'appareil	Qté	P. U en Watt	P.T en Watt
Bureau N2(Petite salle)	Brasseur d'air	1	150	150
	Imprimante	1	1 584	1584
Bureau N3(Finance)	Climatiseur 12K BTU	1	3 350	3350
	Climatiseur 18K BTU	1	5 200	5200
Bureau N4(Accueil)	Fontaine à eau	1	670	670
	Climatiseur 9K BTU	1	1066	1066
	Climatiseur 12K BTU	1	1443	1443
	Brasseur d'air	2	150	300
Bureau N5	Climatiseur 12K BTU	1	1443	1443
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N6	Climatiseur 9K BTU	1	1066	1066
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N7 (Cuisine)	Réfrigérateur	1	145	145
	Fontaine à eau	1	670	670
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N10	Brasseur d'air	1	150	150
	Fontaine à eau	1	670	670
Bureau N11	Imprimante	1	400	400
	Climatiseur	1	3 350	3350
	Brasseur d'air	1	150	150
	Destructeur de papier	1	185	185
Bureau N12	Brasseur d'air	1	150	150
	Fontaine à eau	1	670	670
Bureau N13	Imprimante	1	400	400

	Climatiseur	1	3 350	3350
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N14	Brasseur d'air	1	150	150
	Fontaine à eau	1	670	670
Bureau N15	Imprimante	1	400	400
	Climatiseur 12K BTU	1	3516	3516
	Brasseur d'air	1	150	150
	Destructeur de papier	1	185	185
Bureau N16	Climatiseur 12K BTU	1	3516	3516
	Destructeur de papier	1	185	185
Bureau N17	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 12K BTU	1	3516	3516
	Fontaine à eau	1	670	670
	Destructeur de papier	1	185	185
Bureau N18	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 9K BTU	1	2637	2637
	Destructeur de papier	1	185	185
Bureau N19	Fontaine à eau	1	670	670
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N20	Fontaine à eau	1	670	670
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N21	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 9K BTU	1	1066	1066
Bureau N22	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 9K BTU	1	1066	1066
Bureau N23	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 9K BTU	1	1066	1066
Bureau N24	Imprimante	1	400	400
	Fontaine à eau	1	670	670

	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 24K BTU	1	2500	2500
Bureau N25	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N26	Fontaine à eau	1	670	670
	Brasseur d'air	1	150	150
	Climatiseur 24K BTU	1	2500	2500
Bureau N28	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N30	Imprimante	1	400	400
	Fontaine à eau	1	670	670
	Brasseur d'air	1	150	150
Bureau N31	Brasseur d'air	1	150	150
	Imprimante	1	400	400
Guérite	Brasseur d'air	1	150	150
Sanitaires (côté abri groupe)	Hand dryer	1	1800	1800
Sanitaires N°8&9	Hand dryer	1	1800	1800

## PRESCRIPTION TECHNIQUES PARTICULIÈRES

### 1. Installation de chantier

- A. Au forfait.
- B. Ce poste comprendra toutes les installations provisoires nécessaires à l'exécution des travaux :
- Un magasin de stockage ;

Les installations de chantier sont édifiées dans les limites du terrain sur des emplacements agréés par le Pouvoir Adjudicateur (à l'intérieur des bâtiments à électrifier).

L'enlèvement complet des matériels, matériaux, installations et débris du chantier devra être réalisé pour la réception provisoire

### 2. Eléments de production

Les éléments de production comprennent :

Les Batteries ; les convertisseurs hybrides avec régulateurs intégrés ; les panneaux photovoltaïques

#### Fourniture, pose et câblage des batteries

A la pièce posée, câblée, testée et fonctionnelle

#### Caractéristiques :

BYD - La batterie solaire de haut de gamme.

Performance LV5.0 Energie nominale : 5kWh

Tension nominale :51,2V

Tension de fonctionnement :40-57,6V

Tension de coupure de charge :57,6 V

Tension de coupure de décharge :40V

Courant de charge et de décharge max. :70A

Évolutivité : Max. 32 en parallèle (160 kWh)

Mode d'installation : En étage avec pieds au sol

Communication: CAN / RS485 / Bluetooth / Wi-Fi Efficacité round-trip:  $\geq 95\%$

Applications : Sur réseau / Sur réseau + secours / Hors réseau

Température de fonctionnement : Charge 0~50°C et décharge -20~50°C

Classe de protection : IP20 Humidité de stockage : 5%~95%

Le poste comprend : la fourniture et installation des batteries, posées sur pied selon leur conception.

#### **Fourniture, pose et câblage des convertisseurs**

A A la pièce posée, câblée, testée et fonctionnelle

B Les Convertisseurs ayant les caractéristiques techniques suivantes :

#### **Données Batteries**

Type de Batterie : Lithium-ion

Plage de tension (40-60)

Courant de charge maximal (A) :210

Courant de décharge maximal (A) : 210

#### **Données PV**

Puissance d'entrée PV max. (W) : 13000

Tension d'entrée PV (V) : (150-800)

Plage de tension MPPT (V) : 200-650

Tension de démarrage (V) : 160

Courant d'entrée PV (A) : 26+13

Courant de court-circuit d'entrée max. (A) : 34+17

Nombre de régulateur MPP :2

Nombre de string par régulateur MPP :2+1

#### **Données Sortie AC**

Puissance active de sortie nominale (W) : 10000

Puissance de sortie CA max. (W) : 11000



Puissance de pointe (hors réseau) : 2 fois la puissance nominale, 10 S

Courant de sortie nominal (A) : 15

Courant de sortie max. (A) : 23

Courant maximal en passage continu AC (A) : 50

Tension de sortie nominale (V) : 230

Fréquence nominale (HZ) : 50

Efficacité maximale : 97,6%

Efficacité MPPT : 99,90%

**Protection contre les surtensions** : Type II en CC / Type II en AC

Les Convertisseurs ont une marque répondant aux normes Européennes.

Le poste comprend : la fourniture et installation des convertisseurs, posés sur support semi-métallique, dans un local technique non loin des batteries.

**N.B :** 3 convertisseurs hybrides doivent avoir les mêmes caractéristiques et avoir la technologie et accessoires leur permettant d'être configurés et couplés en parallèle pour avoir une tension triphasée entre les phases des trois convertisseurs

#### **Fourniture, pose et câblage des panneaux photovoltaïques**

A A la pièce posée, câblée, protégée, testée et fonctionnelle

B Module solaire photovoltaïque mono cristallin ;

Puissance crête : 560 W ; Tension de puissance maximale (Vmp) : 41,09V ;

Courant de court-circuit : 14,21 A minimum ;

Courant de puissance maximal (Imp) : 13,63A ;

Tension en circuit ouvert : 49,82 V minimum ;

Rendement : minimum 21,68 % ;

Garantie sur les performances électriques : 90 % + à 10ans et 80 % de production de puissance à 25 ans

Température de fonctionnement : -40 °C à +85 °C

De marque répondant aux normes Européennes.

Le poste comprend : la fourniture et installation des panneaux photovoltaïques, posées sur support métallique sur le toit du parking des véhicules d'Enabel.

Les panneaux photovoltaïques doivent être disposés faces vers le Nord avec une inclinaison de 30°

Les supports des panneaux photovoltaïques doivent être intégrés au renforcement de la structure métallique existante suffisamment solide pour supporter le poids de ces équipements.

**N.B :** pour tous les équipements ci-haut cités, un certificat d'origine et de conformité sera exigé au moment de la réception des équipements par le Maître d'ouvrage ou son représentant.

### 3. Câbles de connexion

#### 3.1. Câbles et filerie en DC

A Au forfait

B Ce poste comprend la fourniture et installation des câbles souples en cuivre pour la connexion entre panneaux solaires et boîtes de jonction, entre boîte de jonction et onduleurs, entre onduleurs et Batteries. Leurs sections dépendront du courant de transit calculé au préalable : section 16mm<sup>2</sup> ; 25mm<sup>2</sup> ; etc. via divers dispositifs de protections ; câble de communications et contrôle

#### 3.2. Câbles et filerie en AC

A Au forfait

B. Ce poste comprend la fourniture et installation des câbles souples en cuivre pour la connexion entre convertisseurs et les tableaux de répartition des circuits de distribution avec les sections 4mm<sup>2</sup>, 6mm<sup>2</sup>, 10mm<sup>2</sup>, 16mm<sup>2</sup> selon les points de destination

### 4. Tableaux électriques

#### TGBT

A Au forfait, y compris toutes sujétions.

B Ce poste s'applique à la fourniture, la pose et le raccordement du tableau électrique conforme aux spécifications ci-après :

Protections magnétothermiques AC

Protections contre les surtensions AC & DC

Disjoncteur DC pour la protection des alimentations des convertisseurs.

BUS DC pour interconnexion des Convertisseurs et batteries

Protections avec Disjoncteurs industriels pour différents départs

Parafoudre, etc.

#### **Boîtes de connexions**

Boîtes/tableau de connexions DC et AC constituant des tableaux électriques auxiliaires pour divers raccordements en DC/AC

#### **Éléments de protection à inclure dans le TGBT et tableaux auxiliaires**

Les éléments de protection sont de deux types : les protections en continu (DC) et les protections en alternatif (AC).

#### Les protections en continu (DC)

Le présent poste comprend la fourniture du disjoncteur proprement dit, ils sont montés sur rail placé dans le tableau divisionnaire situé dans le local technique et aux points de jonctions.

Des protections DC 30 A ; 40A ; 50A ; 80A ; 100A ; 125A ; 150A ; 200A ; 315A doivent être installés dans les circuits selon les schémas unifilaires.

#### Les protections en alternatif (AC).

Le présent poste comprend la fourniture du disjoncteur proprement dit, ils sont montés sur rail placé dans le tableau divisionnaire situé dans le local technique.

#### Disjoncteur Bipolaire.

Disjoncteur magnétothermique et différentiel 2 pôles très sensible aux surintensités causées par les surcharges ou court-circuit de toutes origines, ayant pour rôle de déclencher en cas de dépassement de l'intensité de courant indiqué sur ledit disjoncteur, facile à fixer sur le rail dans tableau divisionnaire (20A ; 25A ; 43A -30mA;)

**Aucun disjoncteur mono polaire ne sera accepté.**

#### Parafoudre.

Le présent poste comprend la fourniture des parafoudres DC 20KA/250V, ils sont montés sur rail placé dans le tableau divisionnaire situé au local technique. Il est généralement connecté entre chacun des conducteurs à protéger et la terre (système de décharge à la terre).

### **5.Système de mise à la terre**

#### **5.1. Prise de terre**

A. Au forfait

B. La prise de terre principale est constituée par un dispositif de connexion au conducteur de terre d'un modèle visitable. Ce dispositif constitue en outre barrette de sectionnement.

La résistance de dispersion de la prise de terre principale du bâtiment doit être inférieure à 10 Ohms. Si cette valeur est dépassée, une prise de terre complémentaire doit être installée.

La mesure de la résistance de dispersion, est une charge de l'Entrepreneur.

Les terres de chaque bâtiment seront reliées entre elles par des câbles adaptés et souterrains - diamètre minimum 25 mm<sup>2</sup> en cuivre. Y compris toutes sujétions.

#### **5.2. Paratonnerre**

A. Au forfait

B. Un paratonnerre à pointe caprice PDA fournie avec un mât dépassant de 2 m le point le plus élevée de la structure à protéger, un rouleau de fils de cuivre nu 50mm<sup>2</sup>, piquets de terre en cuivre et autres accessoires, doit être installé pour assurer la sécurité du bâtiment.

### **6.Accessoires et supports de fixation**

#### **Supports de fixation des panneaux**

A. A la pièce posée

B. Le poste comprend la fabrication ; fourniture et pose des supports métalliques pour panneaux photovoltaïques. La facilité d'accès est rendue par une échelle et un chemin de toiture en tube métallique conformément au détail d'exécution.

Les pièces métalliques non usinées à peindre sont préalablement dégraissées et ensuite recouvertes de deux couches de peinture phosphatant de protection, la couche d'aspect étant réalisée à l'aide d'une peinture glycérophtalique cuite au four.

Toutes les surfaces, d'un entretien ultérieur difficile ou même impossible par peinture, seront en acier inoxydable, en laiton, en bronze ou en acier galvanisé

#### **Renforcement de la Structure ombrière du parking**

A. Au forfait

B. Le poste comprend le renforcement de la structure de la toiture du parking y compris le montage des supports des panneaux et chemins de câbles, l'échelle pour l'accès facile pendant la maintenance.

#### **7. Répartition des circuits en deux circuits principaux**

A. Au forfait

B. Le poste comprend le branchement du circuit « éclairage » et le circuit « prises » sur le tableau électrique alimenté par les convertisseurs en repérant les équipements et appareillages alimentés par le solaire. Ensuite les autres équipements non alimentés par le solaire seront connectés au réseau Regideso

**Les éléments de coupure constitués des sectionneurs ou disjoncteurs, interrupteurs sont associés à cette répartition pour permettre de séparer les deux circuits ou établir leur connexion en cas de pannes sur les onduleurs.**

#### **8. Maintenance des équipements -contrat annuel**

Ref article 17 Contrat de maintenance en option obligatoire du présent CCT

#### **9. Checklist pour test de mise en service et/ou contrôle de l'état du système**

La checklist en annexe servira de référence pour les vérifications pendant et après l'exécution des travaux d'installation. Le prestataire devra s'y conformer tout au long de l'exécution du marché.

Annexe Checklist pour test de mise en service et/ou contrôle de l'état d'un système

	1. Check liste de validation de l'installation d'une centrale_ Mise en place			
N°	Structure Solaire et fixation PV	Oui	Non	Remarques
1	Les boulons de fixations sont serrés			
2	Les structures sont réalisées dans des matériaux non corrosifs (acier inox ou aluminium)			
3	La visserie est de type Inox			
4	Les structures sont stables			
5	Les panneaux ne bougent pas			
6	Tous les panneaux sont installés conformément aux plans			Calepinage, inclinaison, Orientation
7	Pas d'obstacle/ombrage sur les panneaux			Entre 8h et 16h
8	La clôture ne provoque pas d'ombrage ?			Distance 2 à 3 mètres des Panneaux
9	Accès pour la maintenance			Escaliers adaptés sur la Structure
N°	Partie Solaire	Oui	Non	Remarques
1	Câbles DC attachés à la structure à l'aide de collier serrant			
2	L'entrée des câbles électriques est réalisée par le dessous des coffrets PV via Presse-Etoupe			Nécessaire pour éviter les Intrusions d'eau dans le boîtier
3	Installation de parafoudre DC de type II au niveau des interconnexions de panneaux			
4	Disjoncteur DC adapté			I <sub>Dij</sub> > I <sub>sc</sub> PV
5	Les descentes de câbles verticales avant pénétration dans le sol sont dans des tuyaux PVC rigide			Pas de gaine PVC annelé Exposée au soleil
6	Les câbles souterrains sont sous gaines			

7	La profondeur d'enfouissement des gaines >= à 50 cm			
8	Une "goutte d'eau" est faite avant l'entrée des câbles dans le bâtiment			Nécessaire pour éviter les intrusions d'eau par ruissellement dans le local
9	Les câbles électriques dans les locaux techniques sont dans des goulottes, chemins de câble ou gaine PVC			
10	Les goulottes, chemins de câble ou gaines PVC sont posés verticalement et horizontalement			
11	Tous les câbles sont repérés			
12	Les disjoncteurs, sectionneurs parafoudre sont repérés dans l'armoire électrique des locaux techniques			
N°	Partie électronique (régulateur, onduleur PV, onduleur batterie)	Oui	Non	Remarques
1	Les appareils sont fixés au mur et ne bougent pas			
2	Les appareils sont espacés conformément à la documentation technique			
3	Câbles électriques installés dans le local technique dans des gaines PVC, goulottes ou chemins de câbles			
4	Les paramétrages sont conformes aux spécifications techniques des différents éléments			
N°	Partie TGBT et autres Tableaux auxiliaire	Oui	Non	Remarques
	En PVC ou armoire métallique traitée			
	Dispositif fixé au mur et ne bouge pas			
	Porte d'ouverture durable et solide			
	Dispositifs de protections calibre diversifié mise en place			
	Dispositif pour permettre de séparer les deux circuits ou établir leur connexion			
N°	Partie batterie	Oui	Non	Remarques

1	Les connections entre les batteries sont ordonnées et réalisées au plus court			
2	Les batteries sont installées sur des chantiers adéquats			
3	Les batteries sont accessibles			Chemin de maintenance conseillé de 60 cm minimum
4	Les longueurs et section de câbles des pôles + et - sont strictement identiques			
5	Un sectionneur batterie est installé			
N°	Mise à la terre et paratonnerre	Oui	Non	Remarques
1	Un conducteur d'équipotentialité principale PE unique (sans raccord, sans jonction) est installé			
2	Un paratonnerre à pointe caprice PDA est installé			Fournie avec un mât dépassant de 2 m le point le plus élevée de la structure à protéger
3	Chaque masse métallique est raccordée au conducteur principal par des conducteurs PE secondaire : câble vert/jaune isolé HO7 V/K 1x6mm <sup>2</sup> ou cuivre nu 1x10mm <sup>2</sup>			
4	Les panneaux sont raccordés individuellement au conducteur général de protection et d'équipotentialité (PE) conformément à la photo jointe			cf schéma fig1.0
5	Les supports PV sont raccordés au conducteurs PE en 2 points			
6	Aucun élément de la structure ou cadre des modules PV ne doit servir de conducteur			
7	L'électronique de puissance est raccordée à la terre			
8	Le conducteur PE est raccordé au répartiteur général de terre du bâtiment/site			
9	Le répartiteur de terre du site est raccordé à la terre par câble cuivre nu 1x25mm <sup>2</sup> , à l'aide d'une barrette de coupure			
10	La mise à la terre du site a lieu en un seul point unique - si plusieurs piquets de terre sont prévus, ils doivent impérativement être interconnectés par câblette 1x25mm <sup>2</sup>			
11	La mesure de la prise de terre est inférieure à 10 Ohm			

	Aspect Qualité des installations			
N°	Structure Solaire et fixation PV	Oui	Non	Remarques
1	Les panneaux sont-ils propres ?			Présence de poussière ? De tâches sur les panneaux ?
2	L'environnement des panneaux est-il propre ?			Facilement accessible, pas de déchet, ...
3	Il y a-t-il des ombrages sur les panneaux ? (Végétation, bâtiment, ...)			Vérifier sur entre 8h et 16h (période de fort
N°	Partie Solaire	Oui	Non	Remarques
1	Les câbles sont-ils en bons état ?			
2	Les câbles sont-ils correctement fixés aux structures ? Pas de câble ballant			
3	Les coffrets PV sont-ils en bon état ?			
4	Les gaines PV sont-elles en bon état ?			
N°	Local batterie	Oui	Non	Remarques
1	Le local batterie est-il correctement accessible ?			
2	Le local batterie est-il propre ?			
3	Il y a-t-il des traces de corrosion au niveau des bornes des batteries ?			
4	Le local batterie est-il correctement ventilé ?			
5	Toutes les batteries sont-elles fonctionnelles ?			
N°	Local onduleur	Oui	Non	Remarques
1	Le local est-il correctement accessible ?			
2	Les câbles sont-ils toujours correctement rangés dans les chemins de câbles/goulottes ?			



3	Il y a-t-il des éléments tombés ou détériorés ?			
4	Tous les onduleurs sont-ils fonctionnels ?			
5	Le local est-il propre ?			
N°	Local Stock			
1	Le local est-il correctement rangé ?			
2	Le matériel courant est-il rangé et accessible facilement ?			
N°	Monitoring	Oui	Non	Remarques
1	Le monitoring local est-il disponible ?			
2	Le matériel courant est-il rangé et accessible facilement ?			
	Général			
1	La clôture du terrain où loge la structure est-elle en bon état ?			
2	L'environnement général de la centrale est-il bien entretenu ?			
3	Les extincteurs sont-ils toujours disponibles et fonctionnels ?			
4	Les portes et fenêtres sont-elles en bon état ?			
5	Le bâtiment est-il en bon état général ?			
6	Les rôles et responsabilités des techniciens en charge de l'exploitation sont-ils définis ?			
7	Le manuel d'utilisation /exploitation est-il disponible sur place ?			
8	Le manuel d'entretien et de maintenance est-il disponible sur place ?			

	2. Check liste de tests mise en service et/ou de contrôle en exploitation			
N°	Panneaux solaires	Oui	Non	Remarques
1	Tension en sortie de string conforme à la documentation (-10 à 15% si température élevée)			Mesure à effectuer au niveau de la boîte de jonction. Us tring = Nb panneaux en série x Voc
2	Si non : MC4 connecté correctement			
3	Si non : Tension unitaire de chaque panneaux conforme			+/- 5%
4	La tension mesurée en sortie du coffret est la même que pour la tension des strings			
5	La tension PV à l'entrée régulateur/onduleur PV = tension sortie PV en circuit ouvert			
N°	Batterie (Mesures)	Oui	Non	Remarques
1	La tension totale de la batterie (Valeur à confronter aux spécifications techniques des batteries)			
2	La température du local			
N°	Mise en service de la centrale	Oui	Non	Remarques
1	La procédure de charge initiales des batteries a-t-elle été réalisée ?			
2	Mesurer et consigner les tensions aux bornes des régulateurs et onduleurs			
3	Mesure de tensions individuel des batteries			
4	Mesure de la tension aux bornes du parc de batteries			
5	Mesure des batteries en charges : noté la tension en début et fin de charge			

6	Mesure des courants batterie en charge			
7	Fonctionnement PV seul, Mesure du courant PV en charge			
8	S'assurer que l'ensemble des affiches sont conformes			
N°	Mise en service de l'utilisation	Oui	Non	Remarques
1	Après la réalisation des tests de la centrale, enclencher des disjoncteurs AC un à un			
2	Distinction de deux circuits (solaire et réseau)			
3	Vérification du fonctionnement continu pendant 6 h			
4	Vérification de l'absence d'échauffements, d'interférences			
5	Le matériel nécessaire pour ces différentes opérations de maintenances fourni			ref à la liste 1
6	La formation du personnel : au moins 2 personnes			
7	La liste des pièces de rechange et des consommables recommandés par le fabricant			

#### Liste 1\_Le matériel nécessaire pour ces différentes opérations de maintenances est le suivant

Ensemble de jeu de clé de serrage plate et à pipe

Une clé à molette

Un jeu de tournevis plat et cruciformes (de préférence isolé) Un

chiffon doux

Une brosse métallique Une

Lampe frontale

Un rouleau de ruban isolant

Une pince ampèremétrique DC et AC

Figure 1.0 : Schéma de mise à la terre

