

**Institut de Formation Aux Métiers Des Energies
Renouvelables et de l'Efficacité Energétique
Tanger**

**Rapport de stage d'initiation
SYSTEME ENERGIE SOLAIRE**

Installation d'un central solaire

Lieu De Stage : SURATEM



Réalisé par :
Aymane EL AGHZAOUI

Encadré par :
Mme. EL MOUJAHED

Soutenu le : 27./07/2023

**Année de formation
2022-2023**

Remerciements

Je remercie tout d'abord Allah le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à terme ce présent travail.

Je témoigne ma profonde gratitude à mon encadrant: M. Driss Sahlouf directeur technique ainsi que tous ses assistants pour leurs soutiens, leurs conseils judicieux et pour la coopération et l'aide inestimable qu'ils m'ont présenté.

Je remercie également Mme. Hanae El moujahid professeur et mon encadrant pour son aide et son encouragement précieuse au long de la durée, soit de formation ou d'encadrement.

Un grand merci à ma mère et mon père, pour leurs conseils, ainsi que pour leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique.

Enfin, je tiens également à adresser mes affectueux remerciements à l'ensemble du corps professoral et administratif de l'IFMERE Tanger., de m'avoir donné toutes les connaissances nécessaires durant cette année d'étude, et ce dans un cadre agréable de complicité et de respect.

Dédicace

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui, quelle que soit la manière dont je m'exprime, ne pourront jamais comprendre l'amour sincère que je leur porte. Je dédie humblement ce travail à leur honneur.

À mon cher père, cet homme précieux que Dieu m'a donné, à qui je dois ma vie, ma réussite et mon respect.

À ma merveilleuse mère, cette femme qui a souffert sans jamais me laisser souffrir, qui a accepté toutes mes demandes sans hésitation et qui n'a ménagé aucun effort pour me rendre heureuse.

À mes deux frères, qui n'ont jamais cessé de me conseiller, de m'encourager et de me soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et les comble de chance et de bonheur.

À mon ami proche, Mohammed Zairi, qui continue de me motiver tout au long de cette période de formation.

À Monsieur Abdelilah AKKYENE, de l'organisme d'accueil, qui m'a accueilli en tant que stagiaire au sein de son entreprise, SURATEM.

À l'organisme MOHAMED AKKEYNE, qui m'a permis de découvrir le fonctionnement du travail sur les chantiers.

**À tous mes cousins, voisins et amis que j'ai eu la chance de connaître jusqu'à présent.
Merci pour leur amour et leurs encouragements.**

Table des matieres

Contents

Table des matieres	1
Liste des figures	3
Liste des tableaux.....	4
Introduction générale	5
I Chapitre 1 : Présentations de l'organisation d'accueil	6
1) Présentation de SURATEM.....	6
2) Personnel de SURATEM	7
3) Moyens matériels	8
II Chapitre 2 : Etude et dimensionnent d'un central solaire	9
1) Présentation de projet :	9
2) Description générale de site :	9
a) Donne générale	9
b) Localisation du site.....	10
c) Irradiation solaire.....	10
d) Effet de masque	10
e) Plan de masse et surface disponible	11
3) Détermination des besoins énergétiques du site :	12
a) Bilan énergétique.....	12
b) Puissance appelé/installée.....	13
4) Dimensionnement de l'installation.....	13
a) Calcul de besoin énergétique.....	13
i) Energie consommée.....	13
ii) Energie journalière de le moi le plus defavorable :	13
iii) Puissance crête	14
iv) Choix de panneau.....	15
v) Nombre de panneaux	15
b) Compatibilité de surface	15
c) Dimensionnement de l'onduleur	18
i) Compatibilité en puissance	18
ii) Compatibilité en tension.....	19
iii) La compatibilité en courant	19

d) Section de câble de la partie DC	20
i) Section de câble entre les panneaux et la boite de jonction.....	20
ii) Section de câble entre la boite de jonction et l'onduleur	21
e) Section de câble de la partie AC.....	21
i) Section de câble entre l'onduleur et le tableau.....	21
f) Dispositifs de protection DC	22
i) Fusible Dc	22
ii) Interrupteur-sectionneur DC	23
iii) Disjoncteurs DC.....	23
iv) Parafoudre DC.....	24
g) L'autoconsommation	25
h) Schéma électrique de l'installation :.....	26
i) La simulation 3D.....	27
5) L'étude économique	28
a) Le bordereau des prix	28
b) La rentabilité	29
a) Le gain annuel	30
III Chapitre3 :Les tâches effectuées	31
1) Les installations solaires.....	31
a) Installation de pompage solaire.....	31
b) Installation solaire de puissance de 270kwc.....	36
c) Installation de chauffe eau solaire.....	41
CONCLUSION GENERAL.....	42
bibliographie :	43
Glossaire.....	44

Ce travail n'engage que la responsabilité de son auteur et non celle de l'IFMERE.

Liste des figures

Figure 1:diagramme de l'organisation	7
Figure 2:les moyens	8
Figure 3:: localisation du site	10
Figure 4:Surface disponible à la toiture	11
Figure 5:Puissance appelé de l'usine	13
Figure 6:TRJKM 450 W « fiche technique »	15
Figure 7:Schéma d'implantation des panneaux PV sur les toitures	16
Figure 8:Calcule d'ombrage entre les strings.....	17
Figure 9:SUN2000-60KTL-M0 "fiche technique".....	18
Figure 10:SUN2000-60KTL-M0 "fiche technique".....	18
Figure 11:HUAWEI SUN2000-100KTL-M1	20
Figure 12:HUAWEI SUN2000-60KTL-M0	20
Figure 13:Fusible Et Porte-Fusible Solaire SUNTREE 20A 1000V	22
Figure 14:Interrupteur-sectionneur DC1000V, 16A.....	23
Figure 15:Disjoncteur modulaire - 2P - 32A.....	24
Figure 16:Disjoncteur PV C63 A PV-DC	24
Figure 17:DS210-75DC	24
Figure 18:Schémas électrique de l'installation	26
Figure 19:la simulation 3D	27
Figure 20:Ferme	31
Figure 21:La nature d'arbre	32
Figure 22:Puit	33
Figure 23:Puit	33
Figure 24:les panneaux solaire	34
Figure 25::COffret de protection	35
Figure 26:structure	36
Figure 27:les panneaux photovoltaïques.....	37
Figure 28:les portes fusibles	38
Figure 29:coffret de protection.....	39
Figure 30: l'onduleur	40
Figure 31:L'installation d'un chauffe-eau solaire.....	41

Liste des tableaux

Tableau 1:Irradiation mensuelle (PVGIS).....	10
Tableau 2:Donnes technique des toitures	11
Tableau 3:Bilan de consommation mensuelle.....	12
Tableau 4:Donne technique sur la puissance max installée	17
Tableau 5:Autoconsommation	25
Tableau 6:Le bordereau des prix	28
Tableau 7:gains obtenus la première année.....	29
Tableau 8:le gain mensuel, les données de routeur sur investissement.....	29
Tableau 9:: le gain annuel	30

Introduction générale

De la date du 15/04/2022 au 15/07/2023, j'ai eu le privilège d'effectuer un stage enrichissant au sein de l'entreprise SURATEM. Cette expérience m'a offert une occasion unique d'explorer de nouvelles connaissances techniques et d'acquérir des compétences supplémentaires. En réalité, ce stage a été extrêmement bénéfique, car il nous a plongés dans la réalité et le véritable environnement industriel des entreprises. Tout au long de cette période, j'ai accompli diverses tâches, dont voici quelques exemples :

- J'ai mené des études et des recherches approfondies sur l'énergie photovoltaïque.
- J'ai participé à des activités de conception et de calcul.

Ces missions m'ont permis de mettre en pratique mes connaissances théoriques et d'approfondir ma compréhension des concepts liés à l'énergie solaire. De plus, j'ai eu l'opportunité de travailler en équipe, d'interagir avec des professionnels chevronnés du secteur et d'apprendre à utiliser des outils et des logiciels spécifiques à notre domaine d'activité. Ce stage a véritablement renforcé ma confiance en mes capacités et a élargi mes perspectives professionnelles. Je suis reconnaissant envers SURATEM de m'avoir offert cette occasion précieuse de croissance personnelle et professionnelle.

I Chapitre 1 : Présentations de l'organisation d'accueil

1) Présentation de SURATEM

SURATEM est une société S.A.R.L. fondé en août 1996, dont le directeur général Mr. Abdelilah AKKYENE. SURATEM a été créé pour répondre aux besoins du marché marocain. Elle est distinguée par la qualité et l'efficacité de ses services et continuellement consciente de l'évolution que connaît la technologie, la société SURATEM tient à la disposition de ses clients son expérience et son savoir-faire pour les études, les conseils, la réalisation et la maintenance des systèmes électroniques.

5 pôles d'activités intégrés dans un continuum de service pour nos clients :

- Système d'automatisation des portes
- Système de contrôle d'accès
- Système de sécurité ; alarme anti-intrusion, détection incendie, vidéosurveillance
- Solutions réseaux informatiques & Standards téléphoniques
- Système Domotique
- Energie solaire ; éclairage, chauffe-eau solaire, pompage

2) Personnel de SURATEM

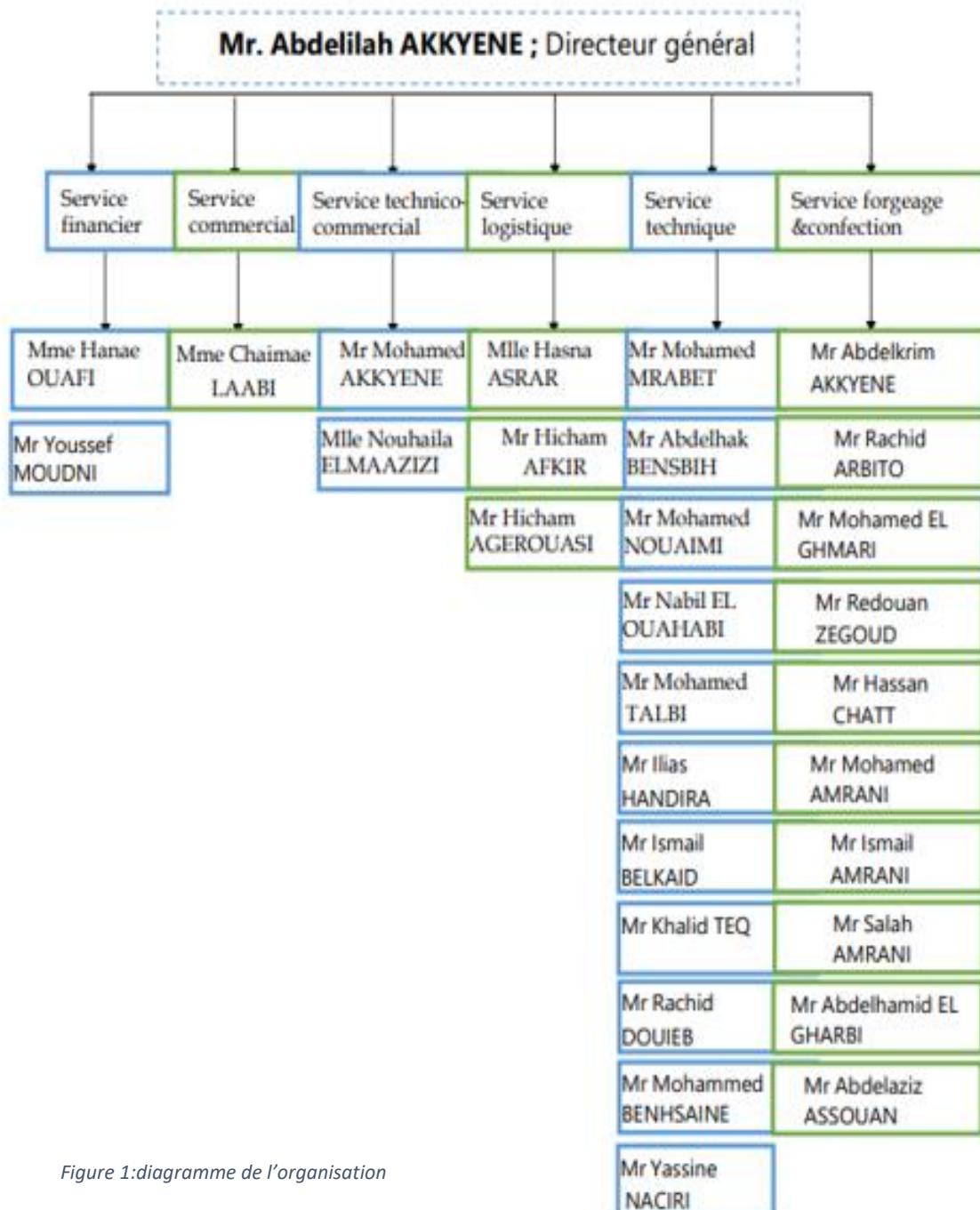


Figure 1:diagramme de l'organisation

3) Moyens matériels

- 01 showroom bien organisé
- 01 Atelier bien équipé avec un Kit électronique pour montage et essai, ainsi que les appareils électroniques de mesure et de contrôle.
- 05 micro-ordinateurs
- 02 magasins
- 07 Voitures de service



Figure 2:les moyens

II Chapitre 2 : Etude et dimensionnement d'un central solaire

1) Présentation de projet :

Dans le cadre de ce projet, nous nous concentrerons sur l'installation d'une centrale solaire photovoltaïque dans l'usine ARICOF II à Tanger. L'objectif est d'optimiser l'utilisation de l'énergie solaire en complément de l'alimentation électrique fournie par le réseau public. L'intégration de cette centrale solaire permettra une utilisation en autoconsommation, réduisant ainsi la dépendance vis-à-vis du réseau public pendant les périodes où l'énergie solaire est disponible.

L'une des questions clés que nous abordons est la recherche de solutions pour intégrer au mieux cette centrale solaire photovoltaïque dans le site existant. Nous examinons attentivement les contraintes techniques et les avantages potentiels de chaque option. De plus, nous considérons ce projet dans une perspective plus large d'efficacité énergétique globale, en prenant en compte l'ensemble de la chaîne énergétique de l'usine.

En nous appuyant sur une analyse approfondie, nous cherchons à déterminer la meilleure approche pour réaliser cette installation solaire photovoltaïque, en prenant en compte les exigences spécifiques de l'usine ARICOF II. Notre objectif est d'identifier les solutions les plus efficaces et économiquement viables, tout en contribuant à la transition vers une source d'énergie plus durable et en réduisant les coûts énergétiques de l'usine.

2) Description générale de site :

a) Données générales

Activité du site : unité industrielle

Fonctionnement de l'entreprise : 24/24

Prix de KWh réseau constate : 0,8 dhs/KWh

Mode de raccordement au réseau : via transformateur MT sur réseau public

b) Localisation du site



Figure 3:: localisation du site

c) Irradiation solaire

Au cours de ce projet on se base sur les données de PVGIS, Le tableau ci-dessous représente les irradiations mensuelles de notre site, ces données sont calculées par le site web PVGIS qui constitue un excellent outil de simulation et permet de Calculer gratuitement la production de systèmes photovoltaïques connectés au réseau en Europe et en Afrique ...

Tableau 1:Irradiation mensuelle (PVGIS)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	sept	Oct.	Nov.	Déc.
Irradiation KWh/m ² /j	4,9	6,14	5,50	5,57	7	6,88	7,40	7,38	6,75	5,88	4,71	4,07

d) Effet de masque

Lorsqu'il y a des masques, qu'ils soient proches ou lointains, ils peuvent affecter la quantité de lumière solaire atteignant les panneaux solaires. Cela se traduit par une diminution de l'énergie solaire récupérée et donc de la production d'électricité. Il est important d'identifier et de comprendre ces masques potentiels afin de maximiser l'utilisation de l'énergie solaire. En caractérisant ces masques, nous pourrons prendre des mesures pour optimiser la production d'énergie solaire et améliorer l'efficacité de notre système photovoltaïque.

e) Plan de masse et surface disponible

L'intégration d'une solution solaire photovoltaïque étant un projet impliquant à la fois des contraintes architecturales et électriques, une étude d'implantation détaillée avec plan à jour à l'appui sera nécessaire pour la bonne suite de l'étude pour repérer les zones qui présentent des obstacles et les zones avec effet d'ombrage important.



Figure 4:Surface disponible à la toiture

Sur le plan ci-dessous, on repère les sites potentiellement attractifs pour une installation solaire sans ombrage :

Tableau 2:Donnes technique des toitures

Zone	1
Surface (m ²)	1 225,82 m ²
Zone	2
Surface (m ²)	1 266,89 m ²
Orientation	Sud

Les zones « * » présentent des ombrages portés et seront exclus puisqu'on va travailler avec des structures. Les surfaces exploitables (zones 1 et 2) sont estimées à 2492,71 m².

3) Détermination des besoins énergétiques du site :

a) Bilan énergétique

Tableau 3: Bilan de consommation mensuelle

Mois	Puissance appelé (KW/mois)	Consommation totale (KWh/mois)	Consommation HN (KWh/mois)	Consommation HC (KWh/mois)	Consommation HP (KWh/mois)
Janvier	493	87932	74972	10272	2688
Février	435	86280	72303	10603	3374
Mars	435	86280	72303	10603	3374
Avril	266	59673	42727	14450	2496
Mai	376	48531	37355	9930	1246
Juin	469	94458	82134	9854	2470
Juillet	389	85317	71201	8896	5220
Aout	474	76534	64355	9667	2512
Septembre	476	127308	113258	11008	3042
Octobre	445	111975	94292	11977	5706
Novembre	488	115563	96471	12916	6176
Décembre	476	55509	46263	7061	2185
<u>Total</u>	5222	1035360	867634	127237	40489
<u>Moyenne</u>	435	86280	72303	10603,1	3374,1
<u>Min</u>	266	59673	37355	7061	1246
<u>Max</u>	493	127308	113258	12916	6176
<u>Répartition de la consommation</u>			84 %	12 %	4 %

b) Puissance appelé/installée

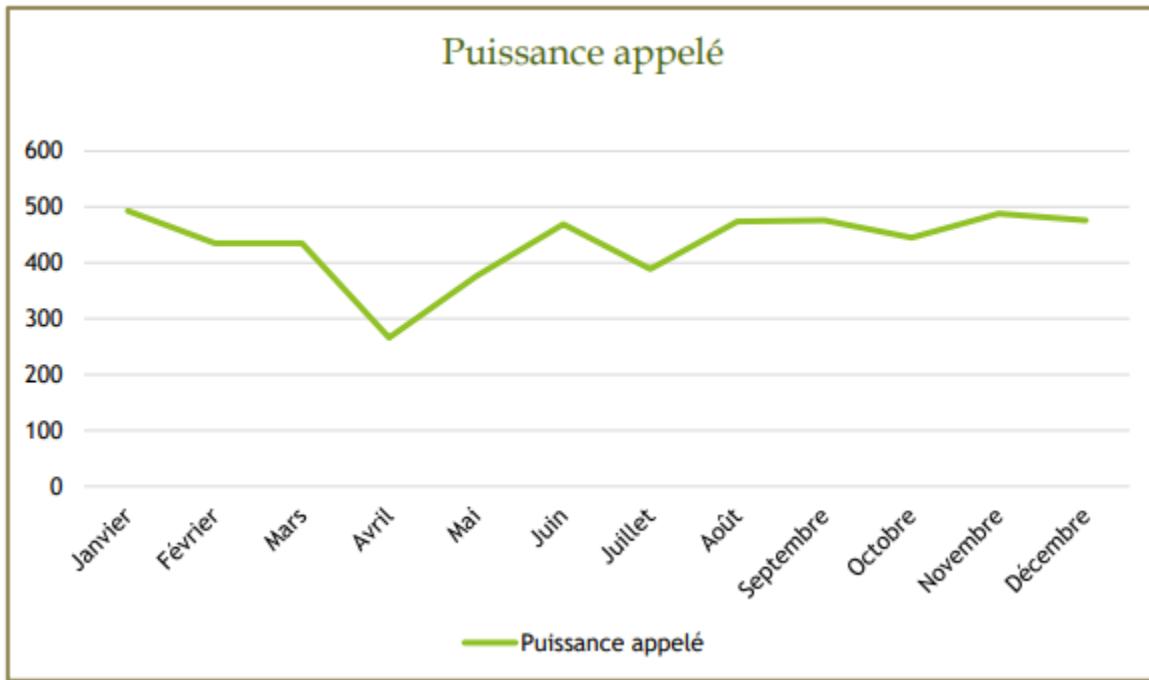


Figure 5:Puissance appelé de l'usine

La puissance moyenne appelée par le site est de 435 kW avec un minimum au mois de Avril de 266 kW.

4) Dimensionnement de l'installation

a) Calcul de besoin énergétique

i) *Energie consommée*

On a l'énergie consommé mensuelle moyenne des heures normale est : 72303 kWh/mois

Alors l'énergie consommée journalière est :

$$Ec_{jr} = \frac{E_{moyenne}}{30}$$

$$= \frac{72303}{30} = \underline{\underline{2410.1 \text{ kwh/jr}}}$$

ii) *Energie journalière de le moi le plus défavorable :*

Puisque l'usine va travailler 24 h/24 et dans tous les mois alors pour satisfaire le besoin totalement dans les heures normaux, on va travailler sur le mois le plus

défavorable. Alors d'après PV GIS, on trouve que le mois Décembre est le plus défavorable.

$$\underline{\underline{Ir = 4.07 \text{ kwh/j/m}^2}}$$

iii) Puissance crête

Cette puissance représente la puissance délivrée par le panneau au point de puissance maximum. Il s'agit d'une puissance idéale fournie dans des conditions optimales (STC) :

- Un ensoleillement de 1 000 W de lumière/m².
- Une température extérieure de 25°C.
- Une bonne orientation des panneaux et aucun ombrage.
- AM = 1,5

Formule de la puissance crête :

$$P_c = \frac{E_{besoin} \times P_i}{E_i \times k}$$

Avec :

Pc en (W c)

Ec en (Wh/j)

Ir en (kWh/m².jour)

Le coefficient K : la ration de performance « PR » de l'installation PV

Application numérique :

$$\text{On a } P_c = \frac{E_c \times 1}{0,85 \times 4,07}$$

$$= \frac{2410,1 \times 1}{0,85 \times 4,07}$$

$$\underline{\underline{= 697 \text{ kwc}}}$$

iv) Choix de panneau

- Panneau TRJKM450 Mono-facial
- Nombre de cellules : 156

SPECIFICATIONS												
Module Type	JKM450N-7RL3		JKM455N-7RL3		JKM460N-7RL3		JKM465N-7RL3		JKM470N-7RL3			
	JKM450N-7RL3-V	STC	NOCT	JKM455N-7RL3-V	STC	NOCT	JKM460N-7RL3-V	STC	NOCT	JKM465N-7RL3-V	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	336Wp	455Wp	339Wp	460Wp	343Wp	465Wp	347Wp	470Wp	350Wp		
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.90V	39.29V	43.01V	39.40V	43.12V	39.51V	43.22V	39.67V	43.32V	39.78V		
Maximum Power Current (Imp)	10.49A	8.54A	10.58A	8.61A	10.67A	8.68A	10.76A	8.74A	10.85A	8.81A		
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.90V	48.99V	52.10V	49.18V		
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A		
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.49%		20.71%		20.93%			
Operating Temperature(°C)					-40°C~+85°C							
Maximum system voltage					1000/1500VDC (IEC)							
Maximum series fuse rating					20A							
Power tolerance					0~+3%							
Temperature coefficients of Pmax					-0.34%/°C							
Temperature coefficients of Voc					-0.28%/°C							
Temperature coefficients of Isc					0.048%/°C							
Nominal operating cell temperature (NOCT)					45±2°C							

Figure 6:TRJKM 450 W « fiche technique »

v) Nombre de panneaux

$$\text{Nombre des panneaux} = \frac{P_c}{P_c \text{ d'un seul panneau}}$$

$$= \frac{697000}{450} = \underline{\underline{1549 \text{ Modules}}}$$

b) Compatibilité de surface

On va voir le nombre de panneaux compatible avec la surface disponible.

On a la surface de panneau est : $S = 2,17 \text{ m}^2$

La surface champ PV est : Champ = $2,17 \times 1549$

$$\text{Champ} = 3367 \text{ m}^2$$

On a estimé les surfaces disponibles qui pouvant accueillir du solaire (zone 1 – 2). Pour rappel ces surfaces correspondent à la surface libre d'obstacles et d'ombrages portés par ceux-là même.

D'après les consignes de l'encadrant j'ai réalisé un schéma d'implantation des panneaux et des structures sur les surfaces disponibles dans le logiciel « AutoCAD ».

NB : AutoCAD est un logiciel qui permet de réaliser les schémas électriques et bien aussi les dessins en 3D.

Voici le schéma d'implantation des panneaux PV :

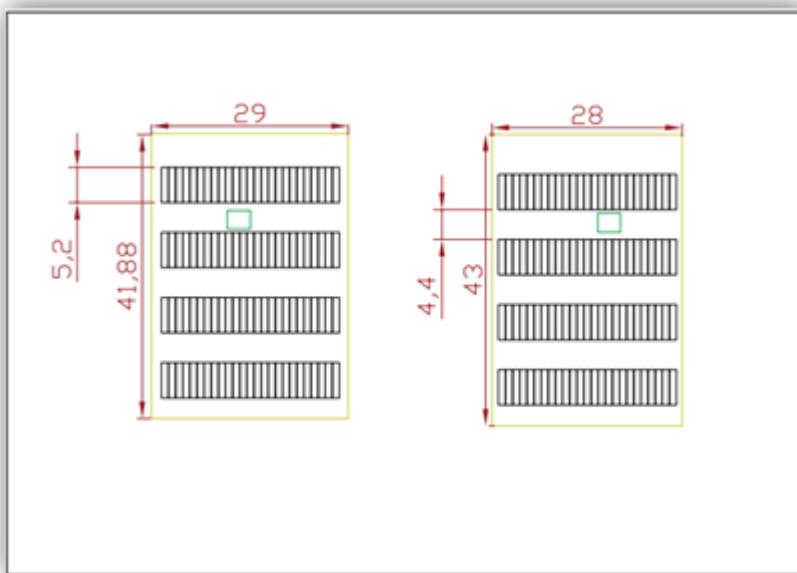


Figure 7: Schéma d'implantation des panneaux PV sur les toitures

On va utiliser des structures de 3 panneaux PV, chacune a une longueur de 5,2 m et une hauteur de 3 m, en aura en totale 4 strings pour chaque toiture, chaque string a 25 structures chaque structure a 3 panneaux PV, en respectant la distance entre les strings pour n'a pas avoir d'ombrage.

D'après un site de calcul d'ombrage entre les panneaux au Maroc en trouve : La distance minimale entre les panneaux

$$PV = 442,19 \text{ cm} = 4,42 \text{ m}$$

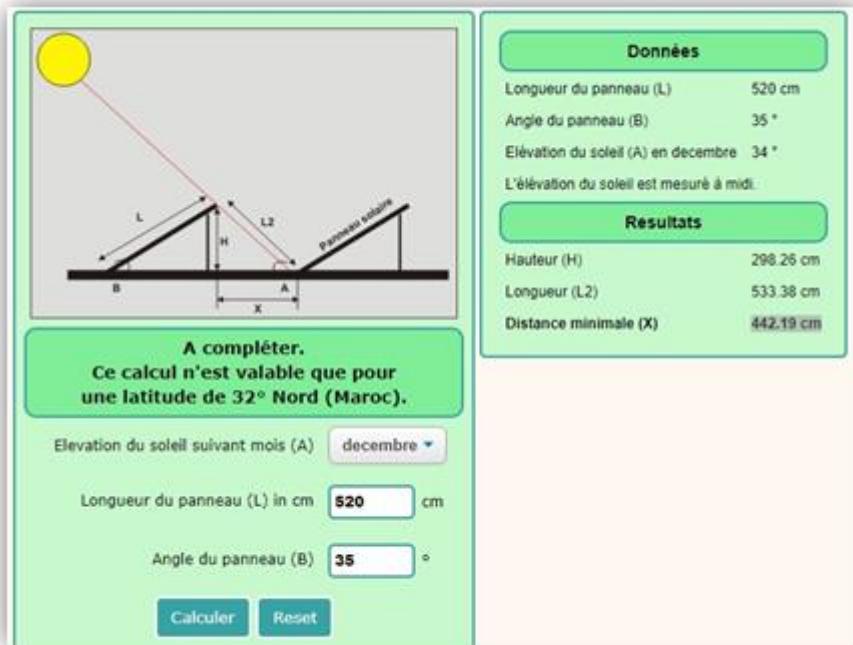


Figure 8:Calcule d'ombrage entre les strings

La puissance totale installable sur la toiture est détaillée ci-dessous :

Tableau 4:Donne technique sur la puissance max installée

Zone	1 - 2
Nombre de panneaux de 450W	600
Puissance crête (kWc)	270
Surface (m ²)	1302

600 panneaux JAM72S20 450Wc en silicium monocristallin seront nécessaires pour couvrir les besoins en puissance de la centrale solaire.

c) Dimensionnement de l'onduleur

i) Compatibilité en puissance

On a la puissance crête est de 270 kWc, alors la puissance de l'onduleur

doit être :

$$\begin{aligned} \text{Pc} \times 0.8 &< \text{Puissance de l'onduleur} < \text{Pc} \times 1.1 \\ 270 \times 0.8 &< \text{Puissance de l'onduleur} < 270 \times 1.1 \\ 216 &< \text{Puissance de l'onduleur} < 297 \\ \text{Alors on a besoin de 2 onduleurs de } 100 \text{ kW et un de } 60 \text{ KW.} \end{aligned}$$

On a utilisé les trois onduleurs de la marque HUAWEI sous les références de **SUN2000-100KTL-M1** et **SUN2000-60KTL-M0**.

Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Nominal Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10

Figure 9:SUN2000-60KTL-M0 "fiche technique"

Entrée	
Tension d'entrée max. ¹	1,100 V
Courant d'entrée max. par MPPT	22 A
Max. Courant de court-circuit par MPPT	30 A
Tension de démarrage	200 V
MPPT Tension de fonctionnement ²	200 V ~ 1,000 V
Tension nominale d'entrée	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Nombre d'entrées	12
Nombre de trackers MPP	6

Figure 10:SUN2000-60KTL-M0 "fiche technique"

ii) Compatibilité en tension

- Tension maximale admissible

$$\text{Nb max de modules en série} = E - \left[\frac{U_{max}}{U_{co} \times k} \right]$$

$$= \frac{1100}{51,15 \times 1,15} = \underline{\text{19 Modules}}$$

- Plage de tension MPPT

$$\text{Nb max de modules en série} = E - \left[\frac{U_{mppt,max}}{U_{mpp} \times k} \right]$$

$$= \frac{1000}{42,9 \times 1,15} = \underline{\text{20 Modules}}$$

$$\text{Nb min de modules en série} = E + \left[\frac{U_{mppt,min}}{U_{mpp} \times 0,85} \right]$$

$$= \frac{200}{42,9 \times 0,85} = \underline{\text{6 Modules}}$$

iii) La compatibilité en courant

- Pour l'onduleur de 100 KW

$$\text{Nb max de modules en parallèle} = E - \left[\frac{I_{max}}{I_{mpp}} \right]$$

$$= \frac{260}{10,49} = \underline{\text{23 Chaines}}$$

- Pour l'onduleur de 60 KW

$$\text{Nb max de modules en parallèle} = E - \left[\frac{I_{max}}{I_{mpp}} \right]$$

$$= \frac{132}{10,49} = \underline{\text{12 Chaines}}$$

Les onduleurs proposés sont munis de boites de jonction DC intégrées avec toutes les protections réglementaires (parafoudres, sectionneurs, ...).



Figure 11:HUAWEI SUN2000-100KTL-M1



Figure 12:HUAWEI SUN2000-60KTL-M0

⇒ D'après un débat avec l'encadrent, j'ai trouvé donc le nombre des modules qu'en va utiliser avec l'onduleur de 60 KW est de 14 en série et 12 en parallèles, et pour l'onduleur de 100KW en va utiliser 12 modules en série et 18 modules en parallèles.

d) Section de câble de la partie DC

i) Section de câble entre les panneaux et la boite de jonction

On a :
$$S = \frac{\rho \times 2l \times I_{mpp}}{\varepsilon \times NS \times V_{mpp}}$$

Pour : NS =14

$$= \frac{0,02314 \times 2 \times 500 \times 10,49}{0,03 \times 14 \times 42,90}$$

= 13,47 mm²

Pour : NS =12

$$= \frac{0,02314 \times 2 \times 500 \times 10,49}{0,03 \times 12 \times 42,90}$$

= 15,71 mm²

NS : référence au nombre de modules solaires en série

ρ : Résistivité du matériau conducteur cuivre en service normal ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L : La longueur du câble entre les panneaux et le variateur (m)

ε : la chute de tension (%)

S : La section de câble en mm^2

ii) Section de câble entre la boîte de jonction et l'onduleur

On a :
$$S = \frac{\rho \times 2l \times NP \times I_{mpp}}{\varepsilon \times NS \times V_{mpp}}$$

o Pour : NS = 14

$$= \frac{0,02314 \times 2 \times 100 \times 2 \times 10,49}{0,03 \times 14 \times 42,90}$$

$= 5,38 \text{ mm}^2$

o Pour : NS = 12

$$= \frac{0,02314 \times 2 \times 100 \times 2 \times 10,49}{0,03 \times 12 \times 42,90}$$

$= 6,28 \text{ mm}^2$

NP : "nombre de pôles" fait référence au nombre de phases du courant alternatif généré par l'onduleur.

e) Section de câble de la partie AC

i) Section de câble entre l'onduleur et le tableau

On a :
$$S = \frac{\rho \times 2l \times Is \times 1,25}{\varepsilon \times U}$$

Pour : Onduleur 60KW

$$= \frac{0,02314 \times 2 \times 50 \times 91,2 \times 1,25}{0,03 \times 380}$$

$= 23,14 \text{ mm}^2$

Pour : Onduleur 100KW

$$= \frac{0,02314 \times 2 \times 50 \times 152 \times 1,25}{0,03 \times 380}$$

$= 38,5 \text{ mm}^2$

Is : Courant de sortie de l'onduleur (A)

R : Résistance linéique de conducteur ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

X : Réactance de conducteur (Ω/m)

Cos φ : Facteur de puissance

f) Dispositifs de protection DC

On prend les équipements de protection compatible à notre installation d'après les relations suivantes :

i) Fusible Dc

- Calibrage « A »

$$1,1 \times 1,25 \times I_{cc} \leq I \text{ calibre de fusible} \leq 2 \times I_{cc}$$

$$15,95 \leq I \text{ calibre de fusible} \leq 23,2$$

- Calibrage « V »

Pour le Nb. S = 14

$$U \text{ calibre de fusible} \geq U_{co} \times N_s \times K$$

$$U \text{ calibre de fusible} \geq 793,73$$

Pour le Nb. S = 12

$$U \text{ calibre de fusible} \geq U_{co} \times N_s \times K$$

$$U \text{ calibre de fusible} \geq 680,34$$

⇒ Alors on va choisir un calibre de 20A - 1000V.



Figure 13:Fusible Et Porte-Fusible Solaire SUNTREE 20A 1000V

ii) Interrupteur-sectionneur DC

- Calibrage « A »

I calibre de l'interrupteur – sectionneur $\geq 1,25 \times I_{cc}$

I calibre de l'interrupteur – sectionneur $\geq 14,5$

- Calibrage « V »

Pour le Nb. S = 14

U calibre de l'interrupteur – sectionneur $\geq U_{co} \times N_s \times K$

U calibre de l'interrupteur – sectionneur ≥ 793.73

Pour le Nb. S = 12

U calibre de l'interrupteur – sectionneur $\geq U_{co} \times N_s \times K$

U calibre de l'interrupteur – sectionneur $\geq 680,34$

⇒ Alors on va choisir un calibre de 16A 1000V



Figure 14: Interrupteur-sectionneur DC1000V, 16A

iii) Disjoncteurs DC

- Calibrage « A »

I calibre de disjoncteur $\geq N_p \times 1,25 \times I_{cc}$

I calibre de disjoncteur $\geq 58 \Rightarrow N_p = 4$

I calibre de disjoncteur $\geq 29 \Rightarrow N_p = 2$

⇒ Alors on va choisir un calibre de 63 A pour le premier disjoncteur, et un autre calibre de 32 A pour le deuxième disjoncteur.



Figure 16: Disjoncteur PV C63 A PV-DC



Figure 15: Disjoncteur modulaire - 2P - 32A

iv) Parafoudre DC

- Calibrage « V »

U calibrage de parafoudre $\geq 1,5 \times U_{oc}$

U calibrage de parafoudre $\geq 73,95$

⇒ Alors on va choisir un calibre de 75V



- Parafoudre pour Alimentation Continue
- 75 Vdc
- Imax : 6 kA
- Module débrochable
- Indicateur de fonctionnement
- Conforme NF EN 61643-11, IEC 61643-11 et UL1449 ed.4

Figure 17: DS210-75DC

g) L'autoconsommation

L'autoconsommation photovoltaïque consiste à consommer sa propre production d'électricité solaire. Elle permet donc d'utiliser une énergie locale et abondante, tout en réduisant sa dépendance vis-à-vis du réseau national d'électricité.

Tableau 5:Autoconsommation

Mois	L'autoconsommation					consomation
	Reseau electrique		Installation solaire			
	Kwh/mois	%	Kwh/mois	%	Kwh/mois	
Janvier	63924	72,70	24008	27,30	87932	
Fevrier	59789	69,30	26491	30,70	86280	
Mars	56144	65,07	30136	34,93	86280	
Avril	35039	58,72	24634	41,28	59673	
Mai	26957	55,55	21574	44,45	48531	
Juin	56692	60,02	37766	39,98	94458	
Juillet	50162	58,79	35155	41,21	85317	
Aout	44802	58,54	31732	41,46	76534	
Septembre	87983	69,11	39325	30,89	127308	
Octobre	77501	69,21	34474	30,79	111975	
Novembre	85721	74,18	29842	25,82	115563	
Décembre	38956	70,18	16553	29,82	55509	
Moyen annuelle	56972,5	66,03	29307,5	33,97	86280	

h) Schéma électrique de l'installation :

D'après le logiciel AutoCAD j'ai fait un exemple d'un schéma électrique :

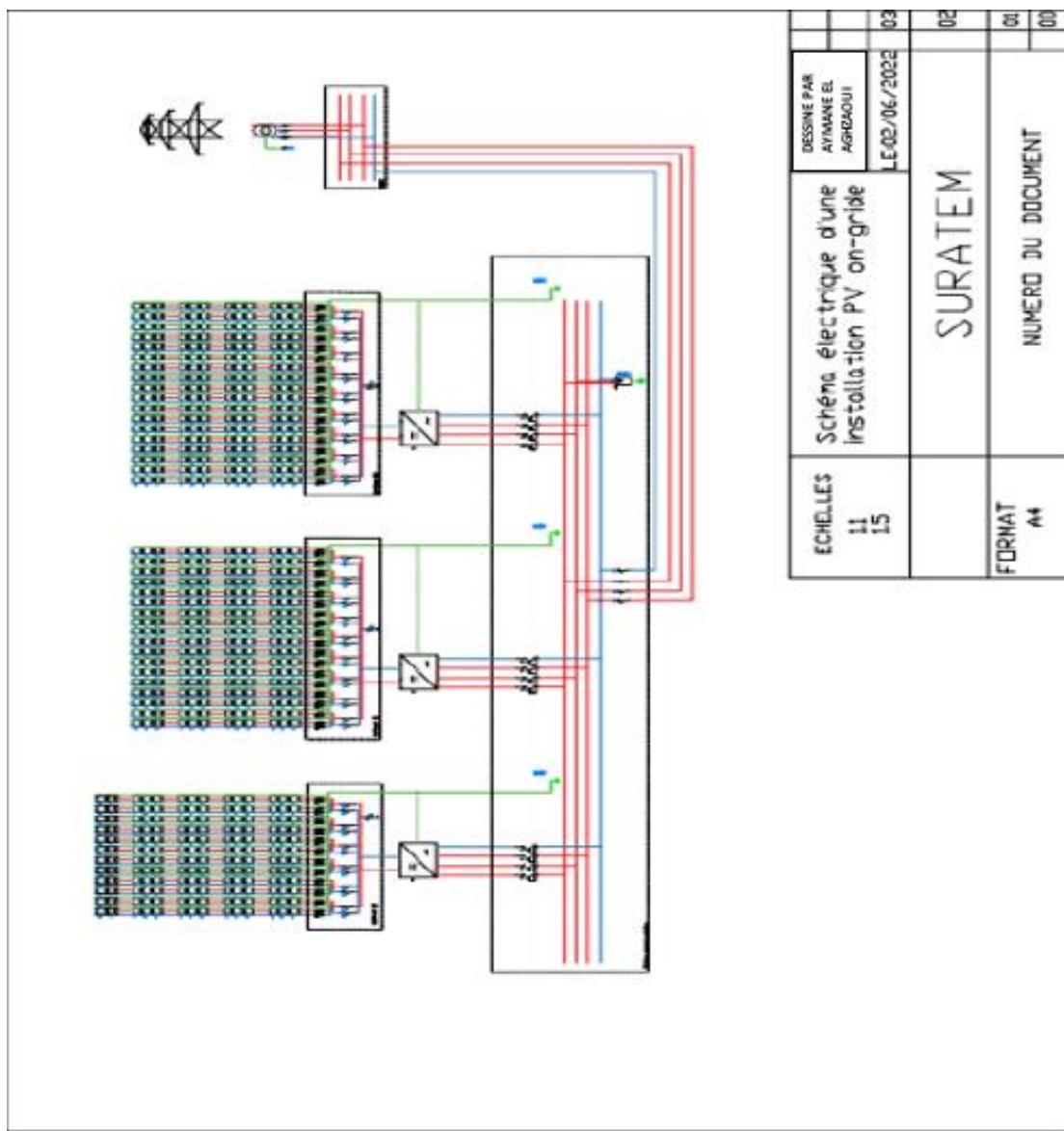


Figure 18:Schémas électriques de l'installation

i) La simulation 3D

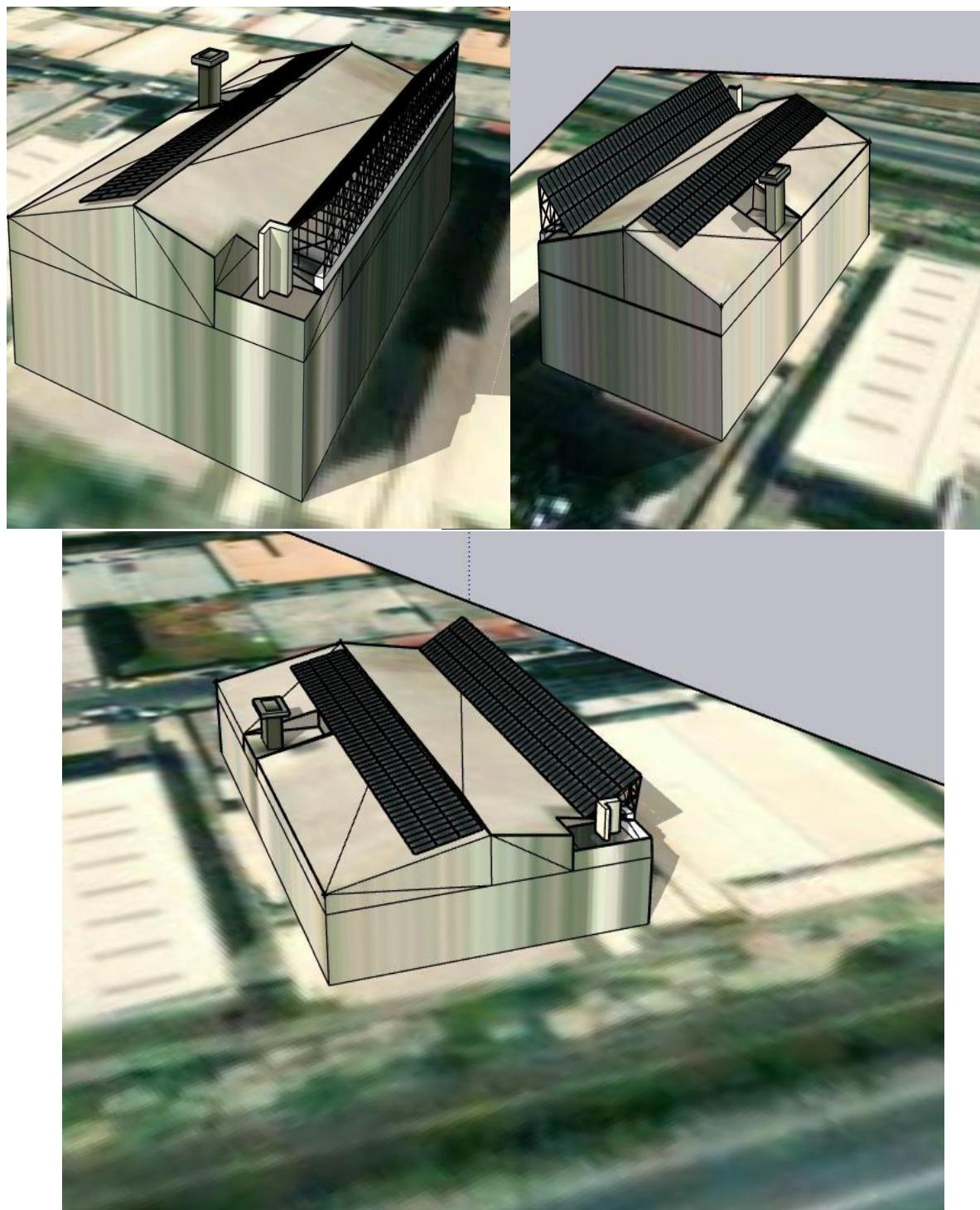


Figure 19: la simulation 3D

5) L'étude économique

a) Le bordereau des prix

N°	DESIGNATION	UNITE	QTE	P.UNITAIRE	P.TOTAL	P.TTC
1	Etude d'exécution	F	1	15.000,00 DH	15.000,00 DH	18.000,00 DH
2	Panneaux photovoltaïque 450 Wc	U	600	2.000,00 DH	1.200.000,00 DH	1.320.000,00 DH
3	Système de fixation en Rails sur les toitures inclinées	U	600	350,00 DH	210.000,00 DH	252.000,00 DH
4	Onduleurs Triphasé injection 100 KW (Marque Huawei)	U	2	75.000,00 DH	150.000,00 DH	180.000,00 DH
5	Onduleurs Triphasé injection 60 KW (Marque Huawei)	U	1	43.330,00 DH	43.330,00 DH	51.996,00 DH
6	Génie Civil	U	150	120,00 DH	18.000,00 DH	21.600,00 DH
7	Cable solaire(13,47mm ² - 15,71mm ² -5,38mm ² - 6,28mm ² - 23,14mm ² - 38,5mm ²)	M	X	50.000,00 DH	50.000,00 DH	60.000,00 DH
8	Equipements de protection de câblage et de raccordement	F	1	60.000,00 DH	60.000,00 DH	72.000,00 DH
9	Compteur intelligent limiteur d'injection + système de monitoring + système de communication (Marque Huawei)	F	1	15.750,00 DH	15.750,00 DH	18.900,00 DH
10	Transport et manutention	F	1	3.000,00 DH	3.000,00 DH	3.600,00 DH
11	Installation raccordement et mise en service	F	1	140.000,00 DH	140.000,00 DH	168.000,00 DH
TOTAL HT -MAD				2.115.080,00 DH		
TOTAL TTC - MAD				2.166.096,00 DH		

Tableau 6:Le bordereau des prix

b) La rentabilité

Le tableau ci-dessous présente les gains obtenus la première année après l'installation

Tableau 7:gains obtenus la première année

Mois	la production solaire Kwh/mois	le gain financiere MAD/mois
janvier	24008	22.807,60 DH
février	26491	25.166,45 DH
Mars	30136	28.629,20 DH
Avril	24634	23.402,30 DH
Mai	21574	20.495,30 DH
Juin	37766	35.877,70 DH
Juillet	35155	33.397,25 DH
Aout	31732	30.145,40 DH
Septembre	39325	37.358,75 DH
octobre	34474	32.750,30 DH
Novembre	29842	28.349,90 DH
Décembre	16553	15.725,35 DH
le gain annuelle de l'installation	351690	334.105,50 DH

Tableau 8:le gain mensuel, les données de routeur sur investissement

Prix unitaire pour H. Normale :	0,95
Investissement	2.115.080,00
Durée de vie	25 Ans
Temps du routeur sur investissement	6,33 ANS

a) Le gain annuel

Le tableau ci-dessous présente le cumul des gains obtenus pendant toute la durée de vie (financière) de la centrale qui est de 25 ans.

Tableau 9:: le gain annuel

	Production solaire KWh/An	Le gain annuelle MAD/an	Frais de maintenance	cumul des gains	cumul des soldes
0					- 2.115.080,00 DH
1	351690	334.105,50 DH	--	334.105,50 DH	- 1.780.974,50 DH
2	349558,5632	332.080,64 DH	5.000,00 DH	661.186,14 DH	- 1.448.893,86 DH
3	347440,044	330.068,04 DH	5.000,00 DH	986.254,18 DH	- 1.118.825,82 DH
4	345334,3643	328.067,65 DH	5.000,00 DH	1.309.321,82 DH	- 790.758,18 DH
5	343241,4461	326.079,37 DH	5.000,00 DH	1.630.401,20 DH	- 464.678,80 DH
6	341161,2122	324.103,15 DH	5.000,00 DH	1.949.504,35 DH	- 140.575,65 DH
7	339093,5857	322.138,91 DH	5.000,00 DH	2.266.643,25 DH	181.563,25 DH
8	337038,4901	320.186,57 DH	5.000,00 DH	2.581.829,82 DH	501.749,82 DH
9	334995,8496	318.246,06 DH	5.000,00 DH	2.895.075,88 DH	819.995,88 DH
10	332965,5886	316.317,31 DH	5.000,00 DH	3.206.393,19 DH	1.136.313,19 DH
11	330947,6321	314.400,25 DH	5.000,00 DH	3.515.793,44 DH	1.450.713,44 DH
12	328941,9055	312.494,81 DH	5.000,00 DH	3.823.288,25 DH	1.763.208,25 DH
13	330947,6321	314.400,25 DH	5.000,00 DH	4.132.688,50 DH	2.077.608,50 DH
14	328941,9055	312.494,81 DH	5.000,00 DH	4.440.183,31 DH	2.390.103,31 DH
15	326948,3348	310.600,92 DH	5.000,00 DH	4.745.784,23 DH	2.700.704,23 DH
16	324966,8462	308.718,50 DH	5.000,00 DH	5.049.502,73 DH	3.009.422,73 DH
17	322997,3665	306.847,50 DH	5.000,00 DH	5.351.350,23 DH	3.316.270,23 DH
18	321039,823	304.987,83 DH	5.000,00 DH	5.651.338,06 DH	3.621.258,06 DH
19	319094,1433	303.139,44 DH	5.000,00 DH	5.949.477,50 DH	3.924.397,50 DH
20	317160,2554	301.302,24 DH	5.000,00 DH	6.245.779,74 DH	4.225.699,74 DH
21	315238,088	299.476,18 DH	5.000,00 DH	6.540.255,92 DH	4.525.175,92 DH
22	313327,57	297.661,19 DH	5.000,00 DH	6.832.917,11 DH	4.822.837,11 DH
23	311428,6309	295.857,20 DH	5.000,00 DH	7.123.774,31 DH	5.118.694,31 DH
24	309541,2003	294.064,14 DH	5.000,00 DH	7.412.838,45 DH	5.412.758,45 DH
25	307665,2086	292.281,95 DH	5.000,00 DH	7.700.120,40 DH	5.705.040,40 DH

On constate **qu'à partie de la 6 ème année, l'investissement est récupéré.**

Tout le gain qui reste les années qui suivent est du profit net.

III Chapitre3 :Les tâches effectuées

1) Les installations solaires

a) Installation de pompage solaire

Ramaser les donner sur le projet :



Figure 20:Ferme

La nature d'arbre et sa besoion de l'eau.



Figure 21:*La nature d'arbre*

La hauteur de puit



Figure 22:Puit

Determiner la pompe



Figure 23:Puit

Installation des panneaux



Figure 24:les panneaux solaire

Raccordement de coffret de la protection



Figure 25::COffret de protection

b) Installation solaire de puissance de 270kwc

L'installation et fixation de la structure porteuse



Figure 26:structure

Fixation des panneaux photovoltaïques sur la structure et le raccordement électriques.



Figure 27:les panneaux photovoltaïques

Le coffret de porte fusible DC



Figure 28:les portes fusibles

Raccordement de coffret de la protection

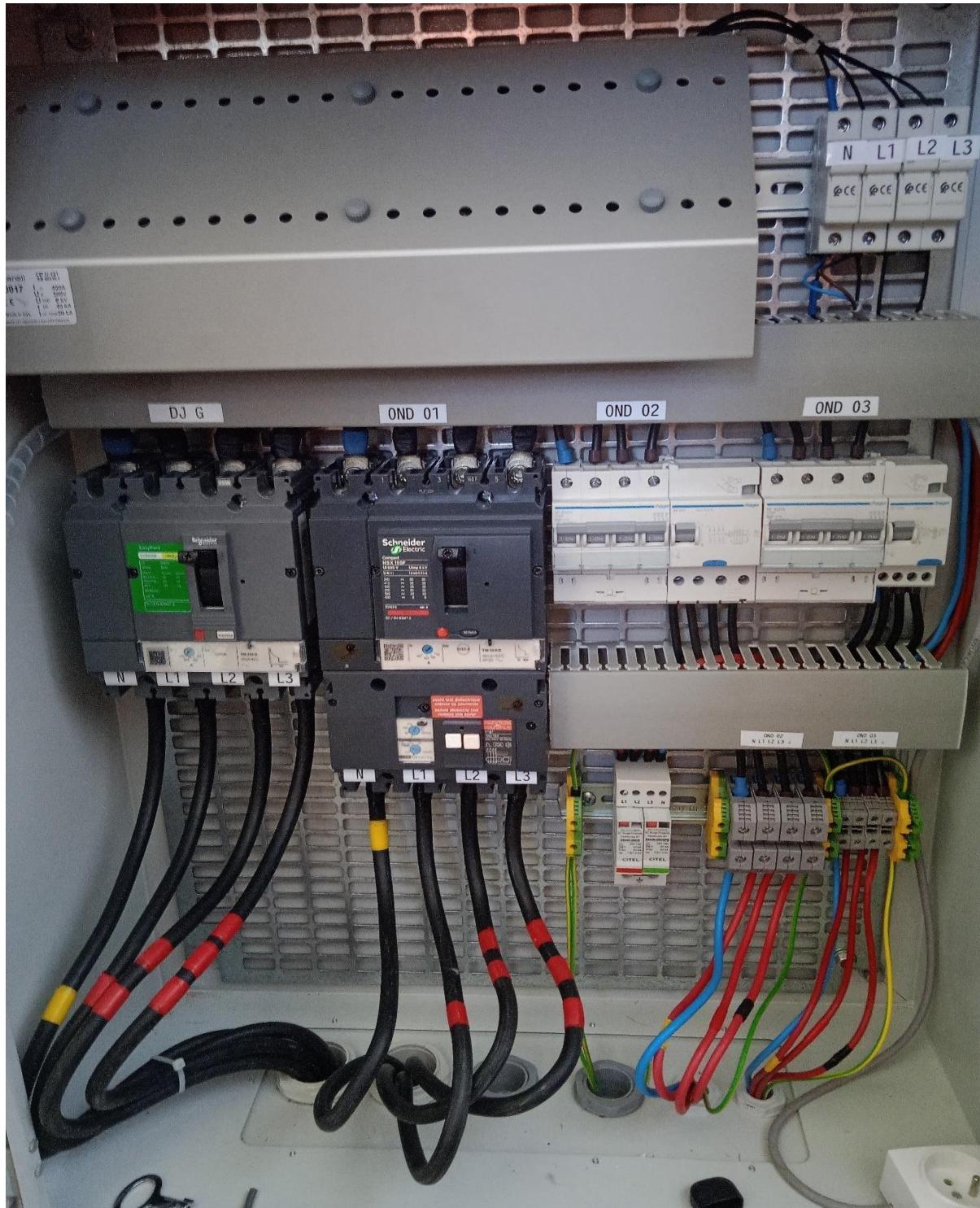


Figure 29:coffret de protection

Le raccordement des onduleurs



Figure 30: l'onduleur

c) Installation de chauffe eau solaire



Figure 31:L'installation d'un chauffe-eau solaire

CONCLUSION GENERAL

Ce stage représente une opportunité précieuse pour mettre en pratique les connaissances théoriques acquises lors de nos études. En fusionnant la pratique et la théorie, nous avons pu mieux appréhender le domaine de l'énergie solaire et développer nos compétences techniques et pratiques.

L'installation d'une centrale solaire photovoltaïque dans l'usine ARICOF II à Tanger a été abordée avec rigueur. En analysant les contraintes techniques et les avantages potentiels, nous avons pu identifier les solutions les plus efficaces et économiquement viables. L'intégration de cette centrale solaire permettra une utilisation en autoconsommation, réduisant ainsi la dépendance vis-à-vis du réseau public et contribuant à la transition vers une source d'énergie plus durable.

Ce projet a confirmé l'importance de l'utilisation de l'énergie solaire dans le contexte industriel. Les résultats obtenus démontrent les avantages tant sur le plan économique qu'environnemental. L'optimisation de l'utilisation de l'énergie solaire dans l'usine ARICOF II se traduira par des économies significatives sur les coûts énergétiques.

En conclusion, ce stage a été une expérience enrichissante, nous permettant de mettre en pratique nos connaissances et de développer nos compétences dans le domaine de l'énergie solaire. Les solutions identifiées contribueront à une utilisation plus efficiente de l'énergie solaire et à la réduction des coûts énergétiques de l'usine. Ce projet ouvre également la voie à de futures recherches et développements dans le domaine de l'énergie solaire et de l'efficacité énergétique industrielle.

bibliographie :

- Huawei. (Consulté en juillet 2023). Site web de Huawei. Récupéré de <http://www.solar.huawei.com>
- JA Solar. (Consulté en juillet 2023). Site web de JA Solar. Récupéré de <http://www.jasolar.com>
- PVsyst Software. (Consulté en juillet 2023). Site web de PVsyst. Récupéré de <http://www.pvsyst.com>
- SketchUp. (Année de publication). Site web de SketchUp. Récupéré de <http://www.sketchup.com>
- AutoCAD. (Année de publication). Site web d'AutoCAD. Récupéré de <http://www.autodesk.com/autocad>

Glossaire

Photovoltaïque : Est le terme relatif à la transformation de la lumière en électricité. Dans la suite du texte l'abréviation « PV » est utilisée pour « photovoltaïque ».

Cellule PV : Dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis { un rayonnement solaire.

Module PV : Le plus petit ensemble de cellules solaires interconnectées complètement protégées de l'environnement.

Chaîne PV : Circuit dans lequel les modules PV sont connectés en série afin de former desensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée. Dans le langage courant, les chaînes sont plus communément appelées « string ».

Groupe PV : Ensemble de chaînes constituant l'unité de production d'énergie électrique en courant continu.

Boîte de jonction : Boîte dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés d'éventuels dispositifs de protection.

Onduleur : Dispositif transformant la tension et le courant continu en tension et en courants alternatifs.

Partie courant continu : C'est la partie d'une installation PV située entre les modules PV et les bornes de courant continu de l'onduleur.

Partie courant alternatif : C'est la partie de l'installation PV située en aval des bornes { courant alternatif de l'onduleur.

Monitoring : Le monitoring (anglicisme) consiste à surveiller et à effectuer les mesures relatives au suivi d'une installation PV.

Irradiance : Puissance instantanée du rayonnement solaire en W.m-2

Irradiation : C'est l'énergie du rayonnement solaire. Elle correspond { la quantité d'énergie reçue pendant une durée définie exprimée en kWh.m-2