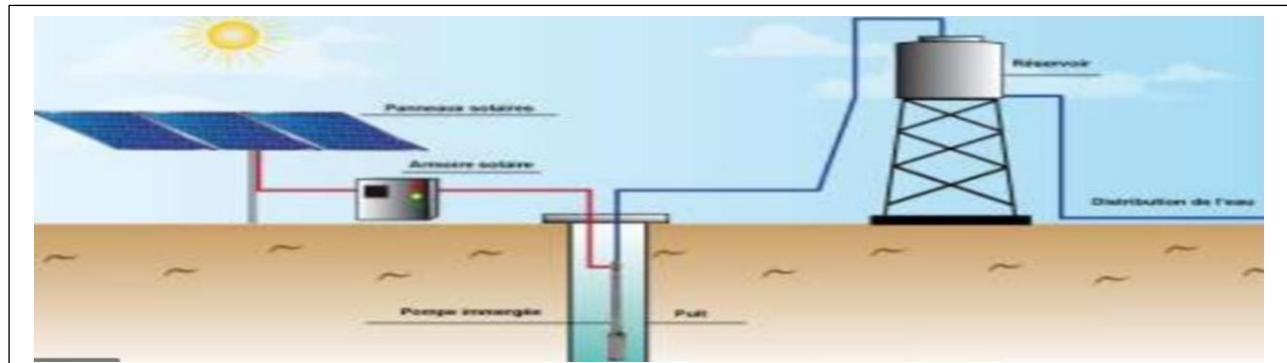


Rapport de Projet

Dimensionnement d'une station de pompage photovoltaïque



Réalisé par :

ELANSARY ISMAHANE

MARZOUKE AMINE

Encadré par :

Monsieur SABIR AYOUB

Monsieur OULAHIR AZZEDDINE

Remerciement

A l'issue de notre modeste travail, nous remercions avant tous Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qui nous 'ont permis d'arriver jusque-là.

Ainsi Nous exprimons nos remerciements les plus sincères à notre encadrant de stage, Monsieur SABIR AYOUB pour son présence et le temps qui nous 'a prodigué malgré ses nombreuses préoccupations et ses grandes responsabilités son soutien, ses judicieux conseils, ses directives et ses précisions, ainsi pour la confiance qu'il m'a témoignée en acceptant de diriger au mieux ce travail et pour les conseils qu'il n'a pas cessé de prodiguer le long de notre projet.

Nous tiendrons ensuite à exprimer nos gratitude au chef d'entreprise monsieur OULAHRIR AZZEDDINE et pour nous 'avoir accueilli.

Nos remerciements vont à tout le personnel que nous avons contacté durant notre stage au sein d'Actemium , auprès desquelles nous avons trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont nous avons besoin.

Nous voudrons remercier également le directeur de notre département électrique de l'école nationale supérieure d'arts et métiers Monsieur MOURAD ZEGRARI . Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral et administratif de l'ENSA Casablanca. Nos remerciements vont enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des figures

<i>Figure 1: Les pôles d'activités de Vinci Energies.....</i>	10
<i>figure2 : implémentation de vinci energy dans le monde</i>	11
<i>Figure 3 : Les différents secteurs d'activité de vinci energies</i>	12
<i>figure 4 : implémentation de Vinci énergies au Maroc</i>	13
<i>Figure 5 : Synoptique générale de l'organisme</i>	14
<i>Figure 6 : Synoptique approximative du projet.....</i>	15
<i>Figure 7 : pompe centrifuge</i>	17
<i>Figure 8 : pompe volumétrique</i>	18
<i>Figure 9 : Pompe de surface</i>	18
<i>Figure 10 : Crépine hydraulique.....</i>	19
<i>Figure 11 : clapet anti retour</i>	19
<i>Figure 12 : Poire de niveau</i>	20
<i>Figure 13 : Electrode de niveau</i>	21
<i>Figure 14 : La vanne.....</i>	21
<i>Figure 15 : Fonctionnement d'une installation de pompage solaire.....</i>	22
<i>Figure 16 : Les deux types d'énergie solaire</i>	25
<i>Figure 17 : Constitution d'une cellule photovoltaïque</i>	25
<i>Figure 18 : Les types des cellules photovoltaïques</i>	26
<i>Figure 19 : Evolution de constructions des systèmes de production PV.....</i>	27
<i>Figure 20 :Courbe représente les donnée climatique mensuelles de Marrakech 2019 d'après la source masen</i>	32
<i>Figure 21 : les cas d'utilisation des types de pompes</i>	33
<i>Figure 22 : principe d'un disjoncteur thermique</i>	35
<i>Figure 22 : principes d'un disjoncteur magnétique</i>	36
<i>Figure 23: Relai de phase</i>	36
<i>Figure 24 : Relai de niveau.....</i>	37
<i>Figure 25 : Contacteur de puissance.....</i>	37
<i>Figure 26 : Les jeux de barres</i>	37
<i>Figure 28 : Les fusibles</i>	38
<i>Figure 29 : Bornier de raccordement & répartiteur électrique</i>	38
<i>Figure 30 : Les boutons poussoir</i>	39
<i>figure 31: régime TT</i>	40

<i>figure 32 : Régime IT.....</i>	41
<i>figure 33 : régime TNC</i>	41
<i>figure 34 : régime TNS.....</i>	41
<i>Figure 35 : la conduite de l'installation photovoltaïque</i>	44
<i>Figure 36 : coude de la conduite.....</i>	45
<i>Figure 37 : Graphe des pompes immergé</i>	46
<i>figure38 : La courbe hydraulique</i>	47
<i>Figure 39 : la pompe SP 5A-52 - 05171K52.....</i>	48

Liste des tableaux

Tableau 1 : les différents éléments du synoptique	16
Tableau 2 : les Différents irradiation solaire à Marrakech	31
Tableau 3 : indications	32
Tableau 4 : choix de coefficient k du pertes due aux clapet	45
Tableau 5 : Caractéristiques de la pompe SP 5A-52 - 05171K52	47
Tableau 6: Vote pondérée multicritère.	50
Tableau 7 : La fiche technique du panneau choisi	50
Tableau 8 : Caractéristique du l'onduleur	51
Tableau 9: Caractéristiques de fusible choisi.	60
Tableau 10: Caractéristiques du fusible SOCOMEC.	60
Tableau 11: Section de câble DC	61
Tableau 12 :Calcul de la section de câble principale	62
Tableau 13 : Calcul chute de tension DC.	63
Tableau14: Caractéristique de disjoncteur magnétothermique	63
Tableau 15 : caractéristique du disjoncteur moteur	64
Tableau 16 : Cout de l'énergie produite du PV	68
Tableau17 : Coûts d'investissement	69

Liste des équations

Equation 1 : calcul de la HMT	29
Equation 2 : Calcul des pertes de charges régulières	30
Equation 3 : calcul du nombre de Reynold	30
Equation 4 : (loi de Poiseuille)	30
Equation 5 : (loi de Blasius)	30
Equation 6 : (loi de Blenck)	30
Equation 7 : calcul des pertes de charges singulières	30
Equation8 : Calcul de la puissance hydraulique nécessaire	31
Equation 9 : La puissance requise pour la pompe	31
Equation 10 : La vitesse de l'écoulement d'un fluide	43
Equation 11:calcul de coefficient de weisbch	45
Equation 12 : La puissance active	49
Equation13 : La puissance crête	49
Equation 14 : calcul du Nombre maximale de module en série	52
Equations 15-16 : calcul de Nombre maximal et minimal de modules en série	53
Equation 17: calcul de Nombre de chaîne en parallèle	53
Equation18 : Calcul du courant de court-circuit maximal d'un module	59
Equation19 : Calcul du courant de court – circuit maximal du générateur PV	59
Equation 20 : Calcul de la tension maximale aux bornes d'une chaîne	59
Equation 21: calcul du nombre maximal de chaînes en parallèle sans protection	60
Equation 22: calcul du nombre maximal de chaînes en parallèle raccordables à un dispositif de protection	60
Equation23 : le courant admissible	61
Equation 24 : calcul de courant max-tracker	62
Équation 25: Chute de tension totale.	62
Équation 26: Chute de tension en courant continue.	62

Table de matières :

Remerciement	1
Liste des figures	2
Liste des tableaux	4
Liste des équations	5
Introduction générale	9
Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil	10
o Présentation de groupe Vinci	10
o Activités du groupe	10
o Présentation de groupe Vinci énergies	10
o Implantation mondial de VINCI-ENERGIES	11
o Missions	11
o Positionnement concurrentiel	12
o Implémentation de vinci energies au Maroc	12
o Actemium une marque de Vinci énergies	13
Conclusion :	14
Chapitre 2 : Présentation du projet	15
o Définition générale :	15
o Objectif et Synoptique du projet :	15
Chapitre 3 :	17
I. Le système de pompage solaire photovoltaïque	17
o Introduction	17
o Les différents équipements hydraulique et électrique	18
o Le fonctionnement d'une installation de pompage solaire photovoltaïque	21
o Facteurs dont il faut tenir compte au moment de réaliser une installation solaire photovoltaïque pour le pompage d'eau	22
o Les composants d'une station de pompage solaire	23
o Conclusion	23
II. Généralité sur le photovoltaïque	23
o Introduction :	23
o L'énergie solaire Photovoltaïque :	24
o Les cellules photovoltaïques	25
o Les modules photovoltaïques	26
o Propriété électrique des modules photovoltaïques :	27
o Les composants d'une installation photovoltaïque:	27
o Conclusion :	28
III. Dimensionnement d'une station de pompage solaire photovoltaïque	28
o ntroduction	28
o Présentation de la Méthode de dimensionnement :	28
o Estimation de la charge :	28

o Les pertes de charge	29
o Détermination de la charge	31
o Détermination de l'énergie solaire disponible	31
o Dimensionnement de la pompe :	33
o Dimensionnement du réservoir d'eau :	33
o Présentation et rôle du tableau électrique	34
o les équipements et les compositions nécessaires d'un tableau électrique pour une station de pompage	34
o Dimensionnement des sections de câbles et choix de dispositifs de protection basse tension	39
o les régimes de neutres	40
Chapitre 4 : Etude de cas	42
o Introduction	42
I. Dimensionnement hydraulique	42
o Evaluation de besoin d'eau	42
o Calcul de la vitesse d'écoulement	43
o Calculs des pertes de charge :	43
o Calcul de la HMT	45
o Calculs des puissances	48
II. Dimensionnement Electrique	49
1. Etude concernant les panneaux photovoltaïques	49
o Calcul de la puissance électrique	49
o Calcul de la puissance crête	49
o Choix de fournisseurs des panneaux photovoltaïques	49
o Choix de l'onduleur	51
o L'architecture du champ photovoltaïque	52
o Simulation de projet de pompage photovoltaïque sur le logiciel pvsyst	54
2. Etude concernant le Tableaux électrique	59
o Protection de l'installation photovoltaïque partie DC	59
Calcul du courant de court-circuit maximal d'un module	59
Calcul du courant de court – circuit maximal du générateur PV	59
Calcul de la tension maximale aux bornes d'une chaîne	59
Choix des fusibles	60
Section de câble de chaîne PV	60
Section du câble principal PV	61
Vérification de la chute de tension	62
o Protection de l'installation PV partie AC	63
Choix de disjoncteur en sortie de l'onduleur :	63
Choix de Disjoncteur moteur	64
Choix du Parafoudre	65
o Schéma de commande et puissance de l'installation	65

III. Etude financière	67
o Introduction	67
o Etude financière de l'installation photovoltaïque	67
o Evaluation du cout de l'énergie produite	68
o Cout initiale de l'installation	69
Conclusion et perspectives	70
Bibliographie	70
Annexes	71

Introduction générale

Dans le cadre de la politique d'adéquation de la formation professionnelle au marché de travail, ENSAM (Ecole nationale supérieure d'arts et métiers de Casablanca) organise un stage d'initiation d'un mois, pour le perfectionnement et la bonne formation de ses étudiants.

Cette période de stage permet au stagiaire d'exercer les différentes activités dans lesquelles il essaie d'appliquer ces connaissances acquises pendant les études. Le stage est une occasion exceptionnelle ou élargir et mettre en relation la théorie avec la pratique et un terrain vaste en connaissances professionnelles ce qui permet au stagiaire d'enrichir son savoir-faire et développer ces capacités d'adaptation avec le milieu du travail.

Le stage qu'on a effectué était au sein de la société Vinci énergie et on a abordé le sujet du dimensionnement d'une station de pompage solaire. Le sujet étudier fait partie des missions provoqué par la direction d'Actemium. Cette expérience de stage intervient dans la formation du stagiaire comme étape riche en connaissances professionnelles et importante période dans la préparation au futur métier.

En effet, on profite de cette occasion pour signaler les objectifs d'un stage :

- ↳ Savoir si on est capable de s'intégrer dans une équipe constituée ;
- ↳ Savoir si on peut suivre un rythme de travail différent de celui qu'on pratique comme étudiant
- ↳ Savoir si on peut utiliser ses connaissances pour la résolution des problèmes.

Le présent rapport est structuré en quatre chapitres :

- ↳ Le premier chapitre du rapport a pour objectif de présenter la société Vinci energy . plus précisément la direction d' Actemium .
- ↳ Dans le deuxième chapitre, on va faire une présentation du projet
- ↳ Le troisième chapitre est consacré pour Trois axes le premier va traiter le pompage solaire photovoltaïque, le deuxième : Généralité sur le photovoltaïque le troisième : Dimensionnement d'une station de pompage solaire photovoltaïque et le derniers Le tableau électrique d'une station de pompage solaire
- ↳ Le dernier chapitre porte sur l'étude de notre projet qui suit les étapes suivantes :
 - Dimensionnement Hydraulique
 - Dimensionnement Electrique
 - Etude financière

Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil

○ Présentation de groupe Vinci

VINCI (anciennement Société générale d'entreprises SGE), créée en 1899 par deux ingénieurs polytechniciens, Alexandre Giros et Louis Loucheur, est devenue aujourd'hui le premier groupe mondial de construction et de services associés.

○ Activités du groupe

C'est un groupe multinational opérant sur les secteurs du bâtiment et travaux publics et de la concession de services publics. Il construit des bâtiments, des infrastructures d'énergies,

Des grands ouvrages et des infrastructures de transport. Il gère par ailleurs des parcs de stationnement automobiles, des aéroports et des autoroutes. Il se déclare comme le premier groupe mondial de concessions et de constructions. Le groupe Vinci emploie près de 185 293 personnes dans le monde. Son chiffre d'affaires est de 38 703 milliards d'euros en 2014.

Ainsi en plus de Vinci Energies, le groupe comporte les pôles suivants :

➤ **Vinci Route:** Un pôle du groupe Vinci spécialisé dans la concession et l'exploitation D'infrastructures autoroutières.

➤ **Vinci Construction:** Numéro un en France et troisième groupe mondial de la construction, Vinci Construction est le premier contributeur au chiffre d'affaires du Groupe.

➤ **Vinci Concessions:** Le premier opérateur européen de concessions d'infrastructures de transport, ouvrages routiers, parkings, aéroports.



Figure 1: Les pôles d'activités de Vinci Energies.

○ Présentation de groupe Vinci énergies

VINCI Energies intervient au service des collectivités publiques et des entreprises pour déployer, équiper, faire fonctionner et optimiser leurs infrastructures d'énergie, de transport et de communication, leurs sites industriels et leurs bâtiments.

○ Implantation mondial de VINCI-ENERGIES

Le groupe VINCI-ENERGIES opère dans plusieurs pays comme la montre la figure suivante :



figure2 : implémentation de vinci energy dans le monde

○ Missions

La vocation de VINCI Energies est d'être à la fois expert dans chacun de ses domaines technologiques énergie électrique, génie climatique et thermique, mécanique, technologies de l'information et expert des métiers de ses clients. VINCI Energies bâtit ainsi des solutions à haute valeur ajoutée répondant à leurs besoins en matière de performance, de fiabilité et de sécurité.

Chacune de ses entreprises conserve son autonomie afin de favoriser l'esprit d'entreprendre et la réactivité. Certaines appartiennent à des marques locales, très bien implantées dans leurs territoires. A côté de cela, d'autres font le choix de rejoindre l'une des cinq marques de réseau de VINCI Energies : Actemium, Axians, Citeos, Omexom, cegelec

- **Actemium** : Solutions pour l'industrie
- **Axians** : Communication voix-données-images
- **Citeos** : Eclairage urbain
- **Omexom** : Transport et transformation de l'énergie haute tension
- **Cegelec** : Solutions technologiques pour les entreprises et les collectivités .

Ces entreprises partagent toutes une culture et des valeurs communes, malgré la diversité de leurs activités, de leurs métiers ou de leurs structures. Les fondamentaux de l'organisation et les principes de management sont donc identiques. Le groupe porte ainsi les valeurs humaines de solidarité, de confiance, d'autonomie, d'esprit d'entreprise et de responsabilité. Le groupe favorise le développement et la mutualisation des compétences en encourageant l'embauche des jeunes.

○ Positionnement concurrentiel

VINCI Energies est leader sur un marché fragmenté où les six premiers acteurs ne représentent qu'environ 45 % du total. Ses principaux concurrents sont GDF Suez Energie Services, Spie, Eiffage Energie, Bouygues Energies & Services et Snel. Bien qu'il soit positionné en Europe comme acteur majeur de l'ingénierie et des travaux électriques, VINCI Energies est bien présente en Afrique, où il est notamment le premier acteur sur le marché marocain, (Figure3) au Moyen-Orient et sur les continents asiatique et américain.

○ Secteur d'activité

Leader au Maroc, acteur majeur en Europe, VINCI Energies intervient dans quatre domaines d'activités :

- L'industrie
- Le tertiaire
- Les infrastructures
- Les technologies de l'information et de la communication (ICT)



Figure 3 : Les différents secteurs d'activité de vinci energies .

VINCI Energies a fait le choix de déployer ses offres de service en s'appuyant d'une part sur des marques locales historiquement ancrées dans leurs territoires respectifs et, d'autre part, sur des marques de réseau parfaitement bien identifiées par les acteurs du marché et correspondant à ses différents domaines de compétences.

○ Implémentation de vinci energies au Maroc

Au Maroc, VINCI Energies est composée de 26 business Unit, opérant sur l'ensemble du Royaume, ainsi qu'en Afrique de l'Ouest. Fort d'un effectif de 2 200

personnes, VINCI Energies Maroc est à même de réaliser tout ou une partie des projets auxquels elle est associée. Son chiffre d'affaire était de 1.5 Milliards de dirhams en 2014. Son champ de compétence inclut :

- Des installations multiethniques tertiaires et industrielles
- Des centrales éoliennes et photovoltaïques
- Des infrastructures liées à l'énergie



figure 4 : implémentation de Vinci énergies au Maroc

○ **Actemium une marque de Vinci énergies**

ACTEMIUM réalise de grands projets multi techniques au secteur industriel au Maroc et partout en Afrique ainsi qu'en Europe. Elle est présente sur tous les cycles de service aux clients (OCP/ONEP/ORMVA/...), allant de la conception des projets au sein de son bureau d'études jusqu'à l'installation et la mise en service des équipements tout en accompagnant le client en planification et coordination tout au long de projet. Ses principales activités sont : l'électricité, l'automatisme, instrumentation, maintenance, étude hydraulique, pompage et traitement des eaux. Le groupe ACTEMIUM rejoint le groupe VINCI, devenant ainsi une de ses « Business Units » Au sein du groupe VINCI Energies et sa marque industrielle comme le détaille l'organigramme (Figure 2)

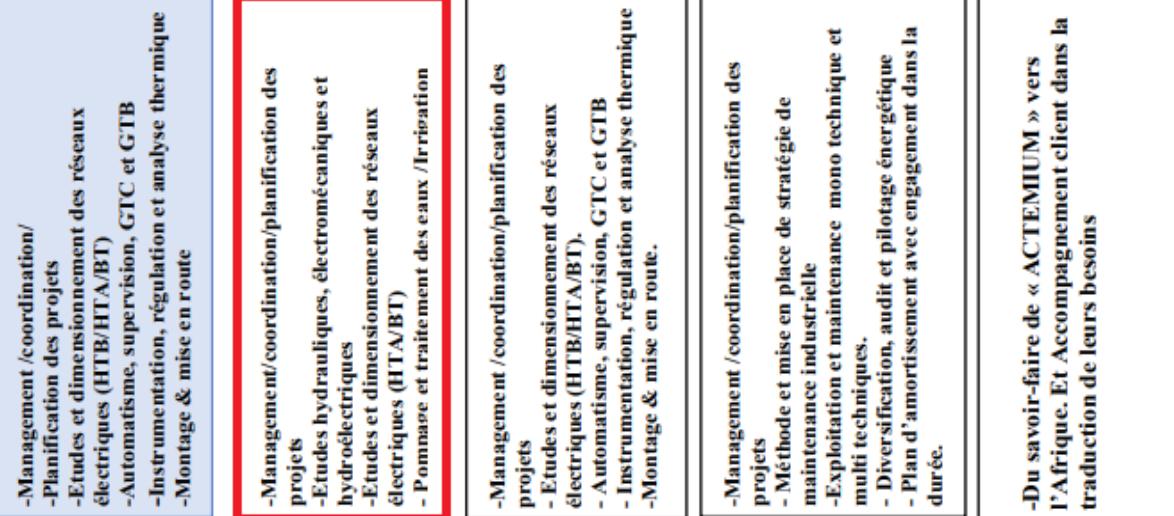
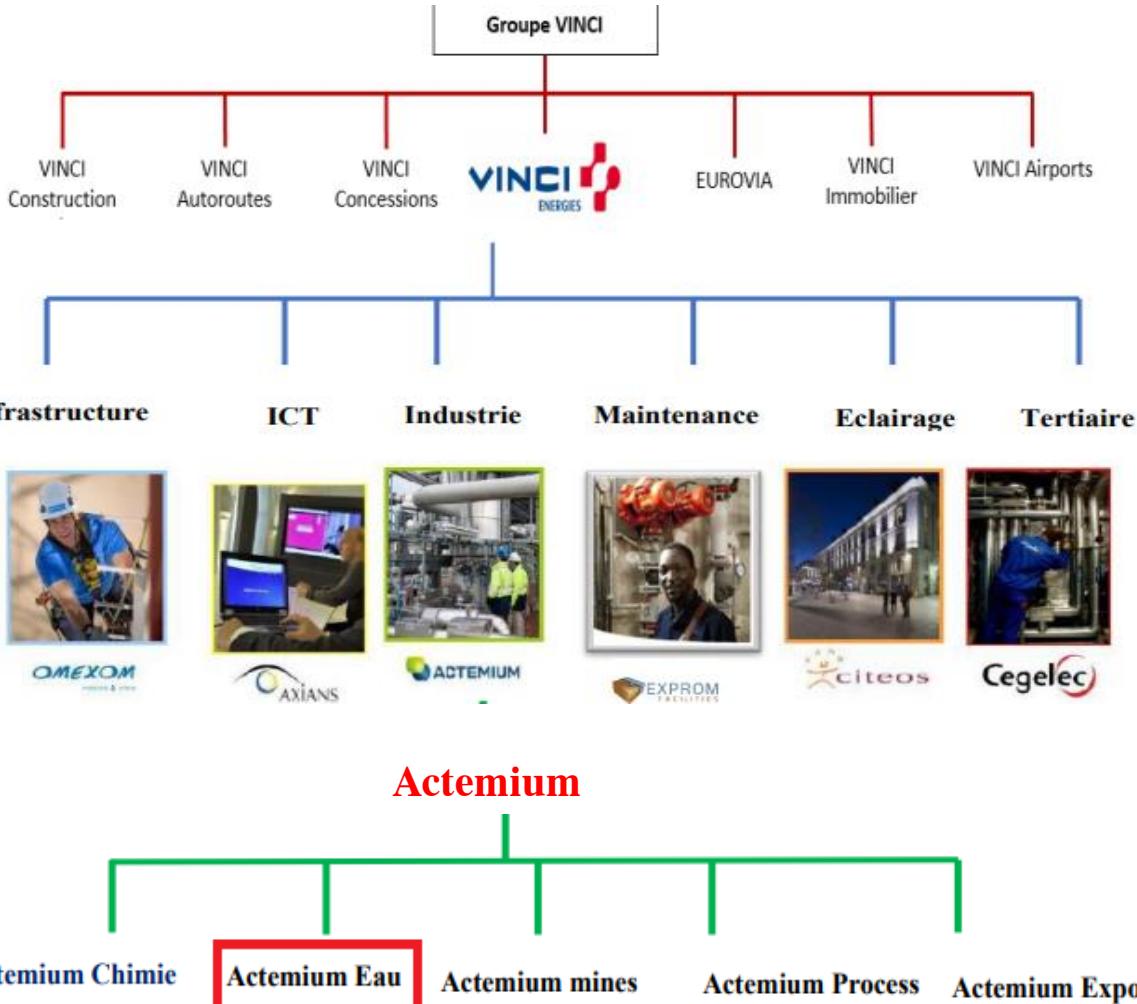


Figure 5 : Synoptique générale de l'organisme

○ Conclusion :

Après la présentation de l'organisme d'accueil, on va présenter le projet et les outils utilisés dans le chapitre suivant.

Chapitre 2 : Présentation du projet

○ Définition générale :

Beaucoup de populations dans les zones rurales des pays en voie de développement affrentent de grands problèmes dus au déficit en eau. Ces problèmes sont spécialement accentués dans zones désertiques et semi-désertiques. Le déficit en eau dans les zones arides et semi-arides est une question vitale pour les populations. L'amélioration des conditions de vie dans ces zones est liée à la recherche des solutions adéquates à ce problème. Le pompage solaire photovoltaïque (PV) représente l'un des solutions idéales pour l'approvisionnement en eau notamment les zones où le réseau électrique est absent.

○ Objectif et Synoptique du projet :

Notre projet consiste en l'installation d'une station de pompage solaire située sur le site de Marrakech. Ce projet s'inscrit dans le cadre du développement rural.

A l'issue de ce projet nous allons étudier la partie de pompage, qui inclue le dimensionnement de l'installation tous qui concernent la pompe , les panneaux photovoltaïque ,le tableau électrique ... d'une façon plus fiable et optimale .

✚ Synoptique :

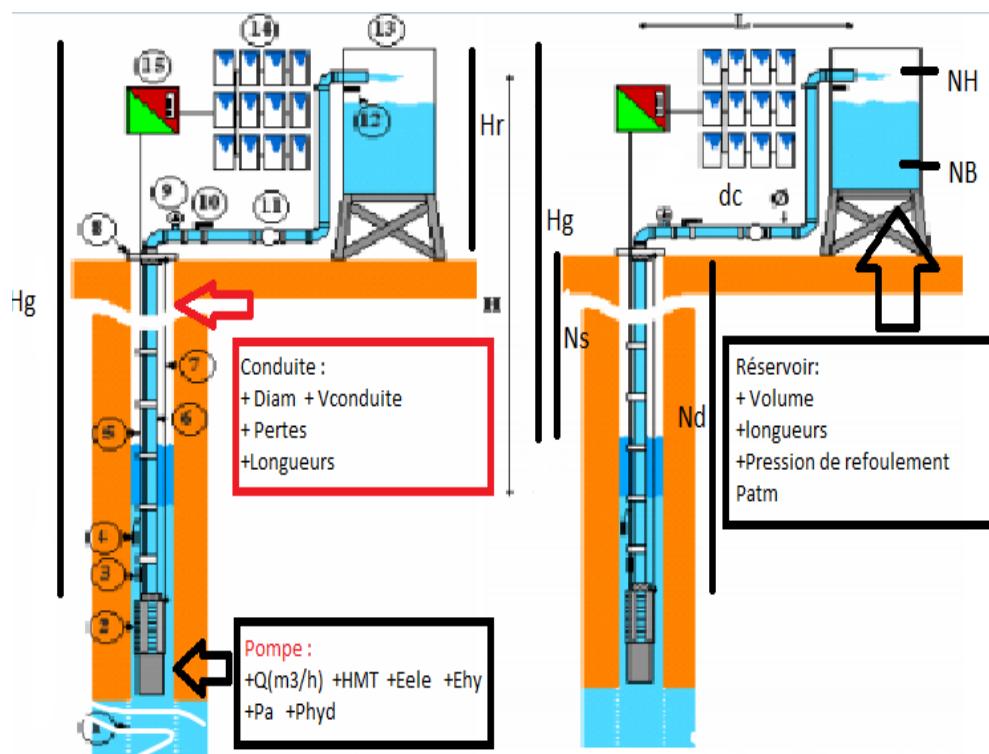


Figure 6 : Synoptique approximative du projet

Tableau 1 : les différents éléments du synoptique

N°	Désignation
1	Crépine de forage
2	Pompe immergé
3	épissures
4	Détecteur niveau bas
5	Câble électrique
6	canalisation
7	Elingue de sécurité et de manutention
8	Tête de puits
9	Manomètre
10	Vanne
11	Compteur
12	Détecteur de niveau
13	Réservoir
14	Panneaux photovoltaïques
15	Convertisseur
H	Hauteur
NH	Niveau Haut
NS	Niveau statique
Nd	Niveau dynamique
Nb	Niveau bas
Hg	Hauteur Géométrique
Ø	Diamètre de canalisation
L	Distance horizontale

Chapitre 3 :

I. Le système de pompage solaire photovoltaïque

○ Introduction

Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement : elles sont soit de type volumétrique ou bien de type centrifuge. Outre ces deux classifications que nous décrirons plus loin, on distingue également deux autres types de pompes en fonction de l'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée : pompe à aspiration et pompe à refoulement :

Pompe centrifuge :

La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou d'ailettes. C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiallement.

On utilise habituellement les pompes centrifuges pour les gros débits et les profondeurs moyennes ou faibles (10 à 100 mètres)

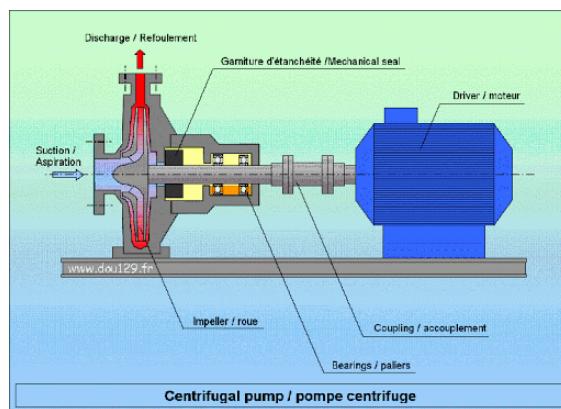


Figure 7 : pompe centrifuge

Pompe volumétrique :

La pompe volumétrique transmet l'énergie cinétique du moteur en mouvement de va-et-vient permettant au fluide de vaincre la gravité par variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement.

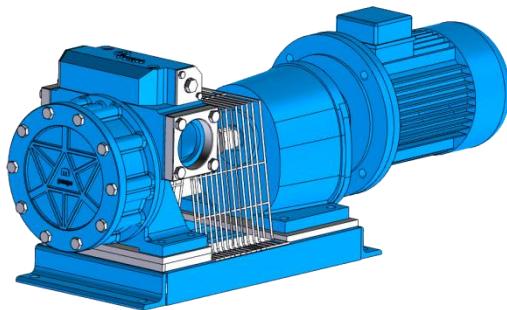


Figure 8 : pompe volumétrique

Pompe de surface :

La hauteur d'aspiration de n'importe quelle pompe est limitée à une valeur théorique de 9,8 mètres et dans la pratique à 6 ou 7 mètres. Les pompes de surface sont donc toujours installées à une hauteur inférieure à celle-ci.



Figure 9 : Pompe de surface

○ Les différents équipements hydraulique et électrique

Crépine hydraulique

La crépine est un filtre le plus souvent métallique (ou en matériaux de synthèse), de forme sphérique ou cylindrique qui se positionne à l'extrémité d'un tuyau d'aspiration de la pompe d'un puits ou d'un forage, afin d'exploiter l'eau. Il s'agit du premier filtre placé en amont de la pompe et destiné à arrêter les corps étrangers tout laissant passer l'eau afin de protéger la pompe.

Quant au **forage**, il est muni d'une crépine à sa base. Lorsqu'elle est située au fond d'un forage (ouvrage de 15 à 30 cm de diamètre réalisé à l'aide d'une foreuse, d'une profondeur pouvant aller de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres) la crépine assure la même fonction de filtration de l'eau en induisant des pertes de charge minimales. Elle doit également résister à la corrosion et à la pression et posséder une longévité maximale.

Elle est souvent associée au **clapet anti-retour**, qui permet d'éviter le désamorçage des pompes ou le retour de la colonne d'eau.



Figure 10 : Crépine hydraulique

Clapet anti-retour de pompe:

Le clapet anti retour de pompe est un dispositif mécanique installé sur la canalisation de refoulement . Lorsque la pompe est à l'arrêt, il évite son désamorçage en bloquant le retour de l'eau vers le puits ou le forage.

La section d'une canalisation d'aspiration de pompe ne doit subir aucun rétrécissement Pour une pompe de surface, le clapet anti retour doit être :

- placé au plus bas du tuyau d'aspiration : une excellente solution consiste à choisir un clapet de retenue à crépine ;
- de préférence d'un type à très faible perte de charge.

Pour une pompe immergée, le clapet anti retour est :

- placé sur l'orifice de refoulement de la pompe ou immédiatement après ;
- de type "vertical" ou "toute position" à faible perte de charges ;



Figure 11 : clapet anti retour

Le ballon

Le ballon de forage permet d'avoir une réserve utile d'eau que l'on peut tirer du puits sans que la pompe immergée ne démarre.

Le ballon forage aussi appelé ballon vessie est l'équipement idéal d'un puits, puisqu'il permet de :

- Comprimer un volume d'eau dans un réservoir : ce volume d'eau est appelé « réserve utile ».
- Économiser la pompe, car celle-ci ne démarre pas : le volume d'eau est prélevé dans le ballon :
 - cela augmente la durée de vie de la pompe,
 - cela réduit la consommation de la pompe puisqu'un moteur de pompe atteint sa puissance maximale à chaque démarrage.

Poire de niveau

La méthode la plus simple possible pour le contrôle de niveau! La poire de niveau : un commutateur mécanique dans une enveloppe en matière plastique (Polypropylène), librement suspendu à la hauteur désirée par son propre câble.

Lorsque le niveau arrive à la hauteur du régulateur, la poire (le détecteur) s'incline et le contact mécanique va fermer ou ouvrir le circuit, commandant ainsi l'arrêt ou le démarrage d'une pompe ou d'une alarme.



Figure 12 : Poire de niveau

Électrode de niveau

Par sa conception et ses faibles dimensions, cette électrode convient pour le contrôle de la présence de fluide en puits de forage (protéger la pompe contre les marches à sec), ainsi que pour le contrôle de niveau dans les grands réservoirs, barrages etc...

Avantage :

- Faible encombrement
- Tout inox
- Pour liquide conducteur
- Livrées avec ou sans câble



Figure 13 : Electrode de niveau

La vanne

Une vanne hydraulique est un mécanisme qui sert à réguler l'écoulement des fluides. La vanne réduit le débit (pour une même différence de pression, à cause de la viscosité du liquide (pour un régime laminaire) et à cause des turbulences qu'elle crée (pour une régime turbulent).

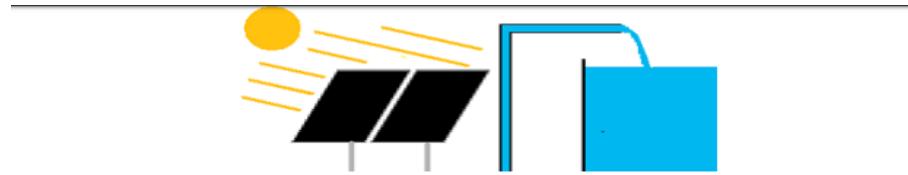


Figure 14 : La vanne

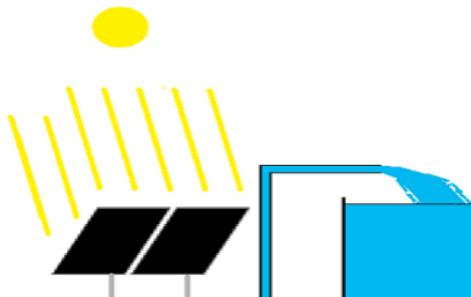
○ Le fonctionnement d'une installation de pompage solaire photovoltaïque

Le fonctionnement en soi de cette installation est simple. Les panneaux solaires exposés au soleil transforment la lumière en électricité servant à alimenter la pompe qui extrait l'eau du sous-sol. Si l'installation comporte une batterie, les panneaux alimentent la batterie qui à son tour alimente la pompe.

Lorsque les panneaux alimentent directement la pompe, il se produit une variation du flux de l'eau pompée en fonction des changements d'intensité de la radiation solaire au cours de la journée. Ainsi durant les premières heures le flux de l'eau sera faible et augmentera au fur et à mesure que nous arrivons aux heures centrales du jour où la radiation est maximale. À partir de ce moment, elle diminue jusqu'à ce qu'elle devienne nulle au coucher du soleil.



Si la radiation solaire est faible, la puissance fournie par le panneau sera faible et le débit d'eau extraite par la pompe sera faible.



Lorsque la radiation solaire est forte, le panneau fournira une grande puissance d'électricité et la pompe pourra extraire un grand volume d'eau.

Figure 15 : Fonctionnement d'une installation de pompage solaire

○ Facteurs dont il faut tenir compte en phase d'étude

Afin de mener à bien l'exécution et l'exploitation d'un système de pompage, l'étude préalable de plusieurs facteurs s'avère indispensable :

↳ **L'évaluation de la quantité d'eau à extraire**

En premier lieu, il est important de savoir avec le plus de précision possible le volume réel d'eau que l'on a besoin de pomper. Souvent, même les usagers ne savent pas quelle quantité ils consomment. Une estimation erronée peut occasionner la planification d'une installation qui fournira un volume d'eau insuffisant.

Ces installations se dimensionnent en fonction du volume d'eau requis et de la radiation solaire disponible. Si le volume d'eau extrait est insuffisant, son fonctionnement ne pourra pas se prolonger car il dépend des heures d'ensoleillement de la journée.

Il peut être intéressant d'inclure dans les calculs un volume d'eau extra à réserver pour les jours sans soleil. Dans ce cas, le dimensionnement se fera en tenant compte des statistiques concernant les jours consécutifs sans soleil dans la zone où se trouve l'installation.

Heureusement, pour ce type d'équipement, lorsque les besoins d'eau sont plus importants en raison de la chaleur, le rayonnement solaire est plus intense et donc une plus grande quantité d'énergie pour pomper un plus grand volume d'eau.

↳ **L'estimation adéquate de la profondeur du puits pour chaque saison**

Il est important de connaître le niveau d'eau à l'intérieur du puits en période d'abondance (époques pluvieuses) et de pénurie (sécheresse). Si cela n'a pas été pris en

considération, la puissance de la pompe risque d'être insuffisante en période de sécheresse, lorsque le niveau de l'eau est bas, et l'extraction sera impossible ou faible. La puissance nécessaire pour tirer de l'eau qui se trouve à 40 mètres est différente de celle qui serait nécessaire si la profondeur était de 25 mètres seulement. Si l'installation a été planifiée pour pomper un volume concret à une profondeur maximale de 30 mètres et que la profondeur augmente, la quantité d'eau tirée sera insuffisante.

Là encore, il est important de demander conseil à un expert qui saura déterminer correctement les fluctuations de la nappe phréatique au cours de l'année, en fonction des données climatiques de la région et des cycles de sécheresse au cours de plusieurs années

⚡ **La capacité de recharge des aquifères**

Avant de procéder à l'installation, il est important de vérifier la capacité de recharge de l'aquifère afin de savoir s'il peut fournir de l'eau régulièrement. Dans le cas contraire, l'aquifère finirait par être épuisé rendant ainsi l'installation inutilisable. De nouveau, le conseil d'un expert est indispensable.

○ **Les équipements principaux d'une station de pompage solaire**

Une installation de pompage photovoltaïque est constituée des composantes suivantes

- Des Panneaux photovoltaïques (générateur photovoltaïque) ;
- Régulateur (onduleur) qui joue le rôle d'un convertisseur le courant selon la puissance crête.
- Un groupe immergé.

○ **Conclusion**

Dans cet axe, nous avons présenté le principe de fonctionnement d'une station de pompage solaire et puis les différents équipements hydrauliques et électriques et finalement Les équipements principaux d'un système de pompage photovoltaïque.

II. Généralité sur le photovoltaïque

○ **Introduction :**

Les énergies renouvelables sont des énergies à ressource illimitée, qui regroupent un certain nombre de filières technologiques selon la source d'énergie valorisée et l'énergie utile obtenue. Il existe plusieurs types de sources d'énergies renouvelables parmi eux : l'énergie hydroélectrique, l'énergie éolienne, l'énergie de la biomasse et l'énergie photovoltaïque. Les sources d'énergies renouvelables proviennent directement ou indirectement du soleil. Elles sont donc disponibles indéfiniment tant que celui-ci brillera.

L'énergie photovoltaïque est la plus jeune des énergies renouvelables, elle a l'avantage d'être non polluante, souple et fiable. Les systèmes photovoltaïques sont

utilisés depuis 40 ans. Les applications ont commencé avec le programme spatial pour la transmission radio des satellites. Elles se sont poursuivies ensuite avec les balises en mer et l'équipement de sites isolés dans tous les pays du monde, en utilisant les batteries pour stocker l'énergie électrique pendant les heures sans soleil.

L'énergie photovoltaïque résulte de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique aux moyens des cellules généralement à base de silicium cristallin qui reste la filière la plus avancée sur le plan technologiques et industriel. En effet le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur terre sous forme de silice non toxique. En effet le mot " photovoltaïque " vient de la grecque " photo " qui signifie lumière et de " voltaïque " qui tire son origine du nom d'un physicien italien Alessandro Volta (1754 -1827) qui a beaucoup contribué à la découverte de l'électricité, alors le photovoltaïque signifie littérairement la «lumière électrique ».

○ L'énergie solaire Photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque convertit directement le rayonnement lumineux en électricité. Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules solaires ou de photopiles qui réalisent cette transformation d'énergie. Elle est radicalement différente de l'énergie solaire thermique qui, quant à elle, produit de la chaleur à partir du rayonnement solaire infrarouge afin de chauffer de l'eau ou de l'air. On utilise dans ce cas des capteurs thermiques qui relèvent d'une toute autre technologie. Dans le langage courant, ce sont des « chauffe-eau solaires » ou des « capteurs à air chaud ».

Il y a aussi ce qu'on appelle l'énergie solaire thermodynamique, qui fonctionne sur un principe de concentration des rayons solaires au moyen de miroirs galbés, en un foyer placé sur une tour qui emmagasine les calories pour les restituer ensuite sous forme mécanique à l'aide d'une turbine à vapeur par exemple.

Ces aspects de l'énergie solaire ne sont pas traités dans cet ouvrage, qui est strictement dédié à l'énergie photovoltaïque. On évitera donc le terme « capteur solaire » car il maintient l'ambiguïté entre les différentes techniques.

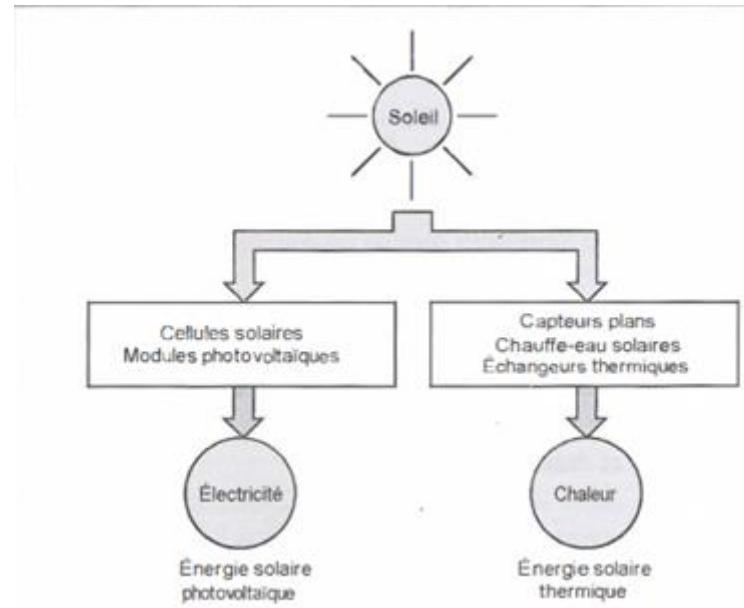


Figure 16 : Les deux types d'énergie solaire

○ Les cellules photovoltaïques

↳ **Principe**

Les cellules photovoltaïques exploitent l'effet photoélectrique pour produire du courant continu par absorption du rayonnement solaire. Cet effet permet aux cellules de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité par le biais d'un matériau semi-conducteur transportant les charges électriques.

Le matériau semi-conducteur comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit d'électrons. Ces deux parties sont respectivement dites « dopées » de type n et de type p.

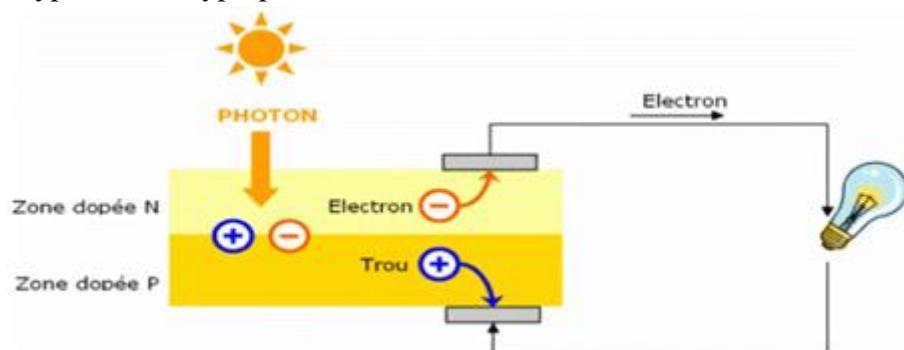


Figure 17 : Constitution d'une cellule photovoltaïque

↳ **Les types des cellules :**

Actuellement, les plus répandues sur le marché sont les cellules en silicium cristallin et les cellules en couches minces.

• **Les cellules en couches minces :**

Les cellules en couches minces sont fabriquées en déposant une ou plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support de verre, de plastique, d'acier...

Cette technologie permet de diminuer le coût de fabrication, mais son rendement est inférieur à celui des cellules en silicium cristallin (il est de l'ordre de 5 à 13%).

• **Les cellules en silicium cristallin :**

Ce type de cellule est constitué de fines plaques de silicium, un élément chimique très abondant et qui s'extrait notamment du sable ou du quartz. Le silicium est obtenu à partir d'un seul cristal ou de plusieurs cristaux : on parle alors de cellules monocristallines ou multi cristallines.



Cellule en couche mince



Cellule en silicium cristallin

Figure 18 : Les types des cellules photovoltaïques

○ **Les modules photovoltaïques**

Afin d'augmenter la tension d'utilisation, les cellules PV sont connectées en série. La tension nominale du module est habituellement adaptée à la charge, les modules ont généralement 36 cellules. De plus, la fragilité des cellules au bris et à la corrosion exige une protection envers leur environnement et celles-ci sont généralement encapsulées sous verre ou sous composé plastique. Le tout est appelé un module photovoltaïque.

Les modules peuvent également être connectés en série et en parallèle afin d'augmenter la tension et l'intensité d'utilisation. Toutefois, il importe de prendre quelques précautions car l'existence de cellules moins efficaces ou l'occlusion d'une ou plusieurs cellules (dues à de l'ombrage, de la poussière, etc.) peuvent endommager les cellules de façon permanente.



Figure 19 : Evolution de constructions des systèmes de production PV

○ Propriété électrique des modules photovoltaïques :

Les caractéristiques d'un module photovoltaïque sont :

↳ **La Tension de circuit ouvert VCO :**

C'est la tension aux bornes du module PV lorsque celui-ci est en circuit ouvert, c'est-à-dire lorsque le pôle + et le pôle – sont isolés électriquement de tout autre circuit électrique ($I=0, P=0$).

↳ **Sa puissance crête :**

C'est la puissance ($P = U \times I$) maximale que peut fournir un module PV est la puissance fournie par le module PV dans les STC.

↳ **Son rendement maximal :**

Le rendement maximal d'un panneau photovoltaïque sera donc le rapport entre la Puissance crête générée et la puissance lumineuse reçue en condition STC (1000 W/m², 25° C).

○ Les composants d'une installation photovoltaïque:

Une installation photovoltaïque raccordée au réseau est généralement composée d'un générateur photovoltaïque, d'un système de pose au sol ou sur toiture, d'un ou plusieurs onduleurs, d'un système de protection électrique, de câbles électriques et d'un compteur réseau.

Parfois, l'installation est dotée d'un système de supervision local ou à distance.

↳ **Onduleurs :**

onduleurs spécifiques (onduleur synchronisé, réseau). Ils remplissent deux fonctions principales :

➤ **Fonction onduleur:** Elle transforme du courant continu en courant alternatif d'une forme adaptée au besoin (sinusoïdale, carrée, ...).

➤ **Fonction MPPT :** Elle calcule le point de fonctionnement en tension et en courant de la surface -ou champ- photovoltaïque qui produit le plus de puissance, aussi appelé le Maximum Power Point Tracker (Recherche de Point de Puissance Maximum).

↳ **Dispositif de protection.**

↳ **Comptage de l'énergie.**

↳ **Dispositif de Protection.**

- **Un interrupteur sectionneur:** qui permet d'isoler le générateur PV de l'onduleur pour par exemple une intervention de maintenance.
- **Un disjoncteur différentiel:** qui assure une protection contre les courts circuits et l'échauffement excessif des conducteurs en cas de surcharge et la protection contre les contacts directes.
- **Un parafoudre:** qui protège contre des tensions inductives ou capacitives ainsi que par des surtensions.

○ Conclusion :

Le caractère modulaire des panneaux solaires, la simplicité de l'installation, sa qualité de système écologique sont les points forts qui encouragent à utiliser les systèmes à énergie photovoltaïque, notamment dans les sites isolés, là où l'énergie conventionnelle ne parvienne pas.

III. Dimensionnement d'une station de pompage solaire photovoltaïque

○ Introduction

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque est essentiel pour son bon fonctionnement et pour la satisfaction de l'utilisateur.

Dans tous les cas il est nécessaire de connaître le besoin en eau, le gisement d'énergie solaire du lieu concerné. Ceci permet de faire le bon choix des modules photovoltaïques, leur implantation et la structure support et le choix des composants électriques assurant la régulation et la protection du système et des usagers.

Dans ce chapitre nous allons aborder les différentes étapes d'installation d'une pompe photovoltaïque. La procédure générale permettra de dimensionner approximativement les éléments d'une pompe afin de donner un ordre de grandeur de ces éléments.

Nous nous intéressons au dimensionnement d'une station de pompage purement photovoltaïque, le dimensionnement de cette installation est réalisé à partir de la suivie d'un cahier de charge spécifique portant les données sur lesquelles on se base pour entamer les démarches de dimensionnement.

○ Présentation de la Méthode de dimensionnement :

Les différentes étapes pour le dimensionnement d'un système de pompage sont :

- Evaluation des besoins en eau
- Calcul de la puissance quotidienne requise
- Détermination de l'énergie solaire disponible
- Choix des composants.

○ Estimation de la charge :

Choisir ou définir la charge, c'est-à-dire déterminer le débit requis et la HMT.

Débit :

On détermine les besoins journaliers en eau durant la période de besoin Maximal, Noter que le forage doit être capable de remplir ces conditions d'exploitation ;

HMT :

C'est la pression totale que doit fournir une pompe immergée ou de surface. Elle est exprimée en mètre ou mètre de colonne d'eau, en bars ou en kg/cm².

La Hauteur Manométrique Totale est calculée suivant l'équation suivante :

$$\text{HMT} = \text{Ha} + \text{Hs} + \text{Pc}$$

Equation 1 : calcul de la HMT

Avec :

Ha pour hauteur d'aspiration : correspond à la hauteur entre la surface de l'eau et l'axe de la pompe. Dans le cas d'une pompe immergée de puits ou de forage, Ha = 0

Hs pour hauteur statique : correspond à la hauteur verticale depuis le niveau dynamique de l'eau jusqu'au plus haut point de livraison.

Pc : il s'agit des pertes de charges totales dans les canalisations en fonction de la section et de la nature de la canalisation (pertes de charges linéaires) mais également fonction du nombre et du type de raccords (coudes, tés, jonctions) présents le long de la canalisation ; on les appelle communément les « pertes de charge singulières ».

○ **Les pertes de charge**

Les pertes de charge sont dues au frottement de l'eau contre les parois plus ou moins lisses de la tuyauterie, aux changements de diamètres, aux courbes et aux accessoires tels que vannes, coudes, etc.

Les pertes de charge dans une conduite sont proportionnelles à sa longueur, fonction de la nature et l'état de sa paroi et de la vitesse d'écoulement (approximativement proportionnelle au carré de cette vitesse) et inversement proportionnelles au diamètre de la conduite.

Il existe plusieurs formules de mécanique des fluides permettant de calculer les pertes de charge selon la nature et l'état de la conduite.

La conduite d'eau doit être dimensionnée de telle manière que la perte de charge Pc soit petite (<5 %), comparée à la hauteur géométrique totale pour le débit demandé.

Les pertes de charges régulières ou linéaires :

Les Pertes de charges régulières (ou systématiques) représentent les pertes d'énergies dues aux frottements du fluide dans une conduite de section constante. Elles sont exprimées en hauteurs de fluide (en mètres) et en pascals. Les pertes de charge en mètre colonne fluide peuvent être obtenues par :

$$J_r = \frac{\lambda * L * V^2}{2 * d * g}$$

Equation 2 : Calcul des pertes de charges régulières

Avec :

V est la vitesse moyenne de l'écoulement en mètres seconde

d est le diamètre de l'écoulement en mètres

L est la longueur de l'écoulement en mètres

Le nombre de Reynold

$$R_e = \frac{\rho V cd}{\mu} = \frac{V c d}{\nu}$$

Equation 3 : calcul du nombre de Reynold

- Ecoulement laminaire ($R_e < 2000$):

$$\lambda = \frac{64}{R_e}$$

Equation 4 : (loi de Poiseuille)

- Ecoulement turbulent modéré ($2000 < R_e < 10^5$)

$$\lambda = 0,316 R_e^{-0,25}$$

Equation 5 : (loi de Blasius)

- Ecoulement turbulent rugueux ($R_e > 10^5$)

$$\lambda = 0,79 \sqrt{\frac{\epsilon}{D}}$$

Equation 6 : (loi de Blenck)

Les pertes de charges singulières

Les pertes de charges singulières (ou accidentelles) sont des pertes de pression provoquées par le passage du fluide dans des obstacles comme des vannes, raccords, élargissement, sortie de réservoir.

Lors de l'écoulement d'un fluide dans une conduite, les pertes de charge régulières correspondent à une dissipation d'énergie sous forme de chaleur lorsque le régime est établi, c'est à dire lorsque le profil de vitesse dans la veine fluide reste inchangé le long de la conduite. Par opposition, les pertes de charge singulières apparaissent lors de la traversée de composants qui modifie le profil de vitesse (en grandeur et/ou en direction) dans la veine fluide.

Elles s'expriment en pascals ou en mètres colonnes de fluide (m). Elles sont exprimées en hauteurs de fluide (mètres), en pascals ou en bars.

$$J_s = \frac{K * V^2}{2g}$$

Equation 7 : calcul des pertes de charges singulières

○ Détermination de la charge

↳ Calcul de la puissance hydraulique nécessaire :

Une fois définies les besoins nécessaires en volume d'eau pour chaque mois de l'année et les caractéristiques du puits, nous pouvons calculer la puissance hydraulique (Ph) nécessaire pour faire véhiculer un débit Q d'eau à partir de la relation :

$$Ph = g * \rho * Q * HMT$$

Equation8 : Calcul de la puissance hydraulique nécessaire

Où

Ph : Puissance hydraulique (W)

HMT : Hauteur Manométrique Totale (m)

Q : Débit d'eau (l /s)

ρ : densité de l'eau (1000 kg/m³)

g : accélération de la pesanteur (9,81N/Kg)

↳ La puissance de l'arbre de la pompe :

La puissance nécessaire pour soulever une quantité d'eau, sur une certaine hauteur pendant une journée, est calculée à partir des données de débit et de HMT requises. Elle est exprimée en watt.

Ce calcul est fonction de la puissance hydraulique et est inversement proportionnel au rendement du groupe motopompe. Elle est donnée par :

$$P_{elec} = Ph / \eta$$

Equation 9 : La puissance de l'arbre de la pompe

Où: P_{elec} : Puissance nécessaire pour faire fonctionner la pompe exprimée en wat

η : Le rendement du groupe motopompe en % .

○ Détermination de l'énergie solaire disponible

La méthode de dimensionnement utilisée est basée sur les calculs des valeurs moyennes journalières mensuelles de l'irradiation solaire disponible et de l'énergie hydraulique nécessaire. On estime l'énergie récupérable pour une période critique d'un mois, appelé le mois le plus défavorable. Ce mois correspond au mois ayant une irradiation mensuelle la plus faible de l'année (Décembre pour Marrakech, l'irradiation égale à 99 kWh /m²)

Tableau 2 : les Différentes irradiations solaire à Marrakech

Mois	GHI KWh/ m ²	Temp°C
Janvier	109	11.3
Février	124	12.6
Mars	169	15.7
Avril	193	17.4

Mai	216	20.8
Juin	225	25.1
Juillet	226	28.3
Aout	208	28.3
Septembre	173	23.9
Octobre	143	20.9
Novembre	110	15.5
Décembre	99	12.4
Annuel	1996	19.4

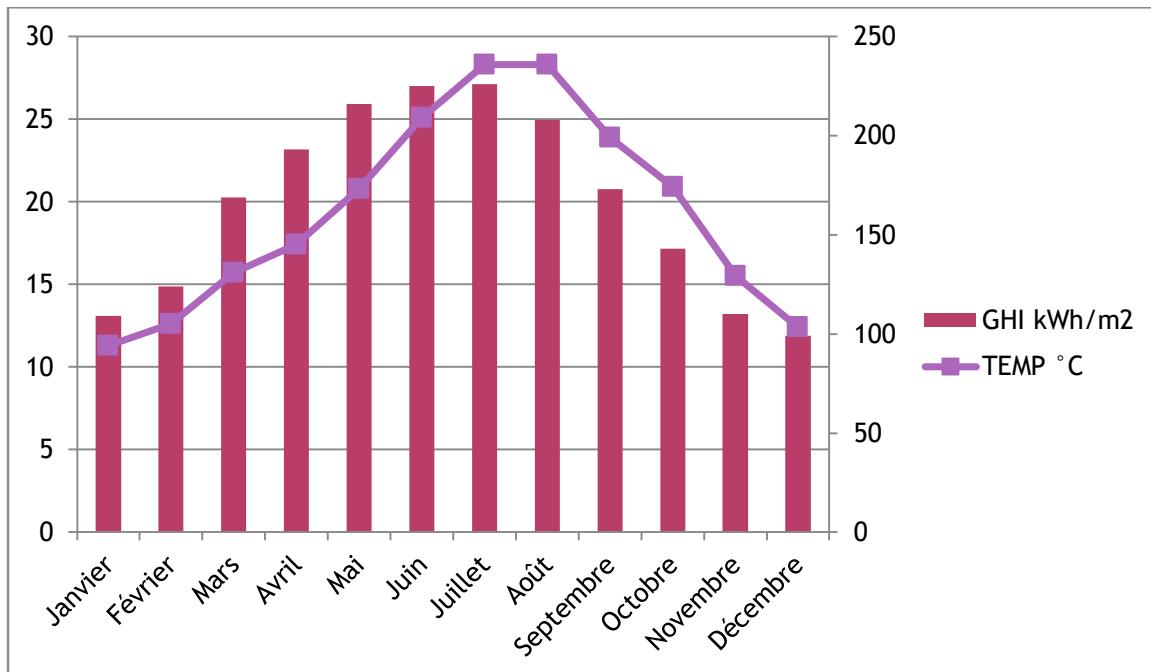


Figure 20 :Courbe représente les donnée climatique mensuelles de Marrakech 2019 d'après la source masen .

Tableau 3 : indications

Paramètre	Acronyme	Unité
Température moyenne	Temp	°C
irradiation Horizontale Globale	GHI	kWh/m ²

○ Dimensionnement de la pompe :

Le revendeur a plusieurs pompes disponibles. Sur la documentation de chaque pompe (à demander au revendeur), il y a un graphique HMT / Débit (m^3/h) sur lequel est représenté la courbe de performance de la pompe (ou courbe caractéristique).

On regarde donc la courbe d'une des pompes et on reporte dessus la HMT calculée précédemment ainsi que le débit souhaité. Pour que la pompe soit conforme, il faut que ce point soit situé en dessous de la courbe de puissance.

Si en revanche le point se situe au-dessus de la courbe, donc les performances de la pompe sont trop faibles par rapport aux caractéristiques de l'installation et de vos besoins.

+ La classification des pompes peut se faire selon différents critères :

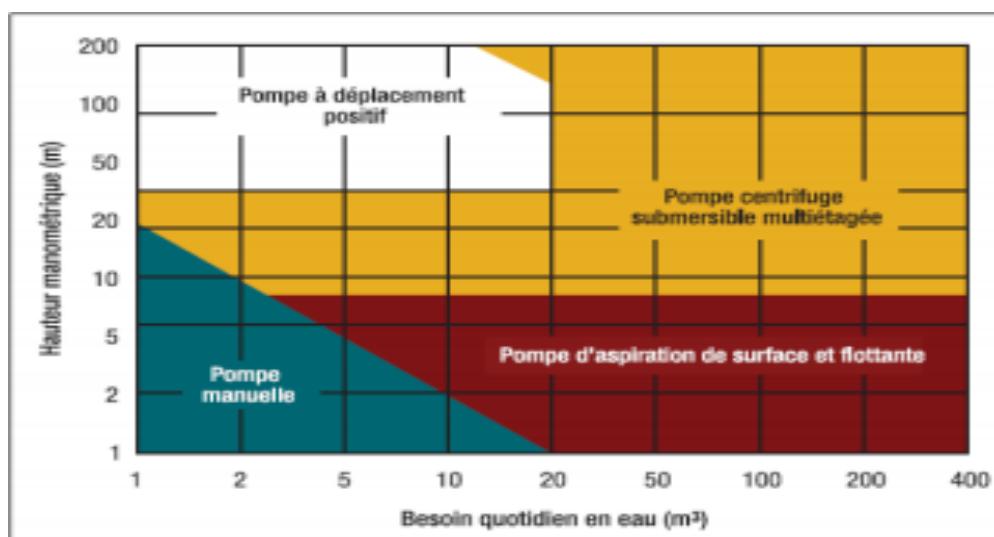


Figure 21 : les cas d'utilisation des types de pompes

Dans le cas où on a la Hauteur géométrique moyenne est 230m et le besoin en eau est entre $23\ m^3/\text{jour}$ et $42\ m^3/\text{jour}$ alors le type de pompe utiliser c'est une **pompe centrifuge immergé**.

En résumé nous pouvons dire que les pompes centrifuges sont généralement utilisées pour les puits profonds et les débits importants. Les pompes à déplacement positif sont par contre utilisées pour les débits faibles.

○ Dimensionnement du réservoir d'eau :

Le dimensionnement du réservoir repose sur un certain nombre de facteurs qu'il faudra avoir évalués au préalable :

Vu que la pompe fonctionne au fil du soleil, le réservoir doit pouvoir stocker l'eau nécessaire pour la journée, ou au moins pouvoir stocker l'eau fournie par la pompe

lorsqu'elle n'est pas sollicitée ; Le réservoir doit permettre une certaine autonomie durant les journées peu ensoleillées ;

Réservoir:

$$V=10m^3 \quad H=2m \quad R=1,26m$$

Conclusion

Dans ce chapitre on a cité les différentes étapes de dimensionnement d'une station de pompage solaire qui vont être appliquée dans le chapitre quatre qui traite le cas de notre projet.

I. Le tableau électrique d'une station de pompage solaire

○ Présentation et rôle du tableau électrique

Il a la forme d'un coffret ou une armoire électrique qui sert d'habitat aux différents modules qui le composent : disjoncteurs, interrupteurs différentiels, compteur électrique, parafoudre, etc.

Il en existe de différentes tailles, à choisir selon l'encombrement totale des équipements plus un pourcentage de réserves (généralement 20%).

Son rôle est de réunir au même endroit tous les circuits électriques de l'habitation (circuits simples, circuits spécialisés et circuits domotiques) et de les protéger contre les surtensions, les courts circuits et les incendies d'origine électrique.

Il transmet le courant fort à tous les équipements du logement (luminaires, prises de courant, appareils, chauffage...) et permet de les sectionner indépendamment si besoin.

De plus, il protège les occupants de tous risques d'électrocution (s'il est conforme à la norme et sécurisé).

○ les équipements et les compositions nécessaires d'un tableau électrique pour une station de pompage

Cet équipement est destiné à la commande de forage.

⊕ Composition:

↳ Le Disjoncteur Magnétothermique

Un disjoncteur est un appareil de connexion électrique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles du court circuit ou de la surcharge.

Le disjoncteur assure la protection des canalisations selon 2 principes:

- Thermique
- Magnétique

1 Principe thermique

Une lame bimétallique (bilame) est parcourue par le courant. Le bilame est calibré de telle manière qu'avec un courant nominal I_n , elle ne subisse aucune déformation. Par contre si des surcharges sont provoquées par les récepteurs, en fonction du temps, le bilame va se déformer et entraîner l'ouverture du contact .

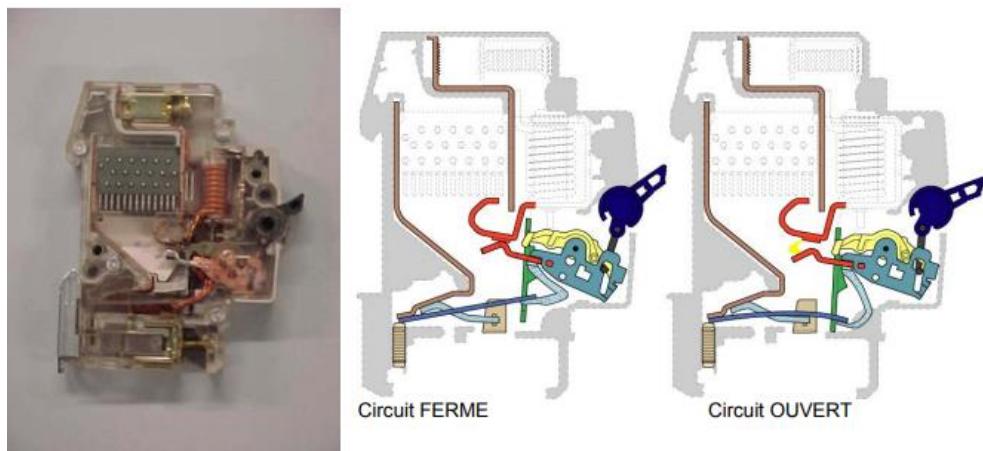


Figure 22 : principe d'un disjoncteur thermique

2 Principe magnétique

En service normal, le courant nominal circulant dans la bobine, n'a pas assez d'influence magnétique (induction magnétique) pour pouvoir attirer l'armature mobile fixée sur le contact mobile. Le circuit est fermé.

Si un défaut apparaît dans le circuit aval du disjoncteur de canalisation, l'impédance du circuit diminue et le courant augmente jusqu'à atteindre la valeur du courant de court-circuit.

Dès cet instant, le courant de court-circuit provoque une violente aimantation de l'armature mobile. Cela a comme conséquence d'ouvrir le circuit aval du disjoncteur en 0,1sec au maximum.

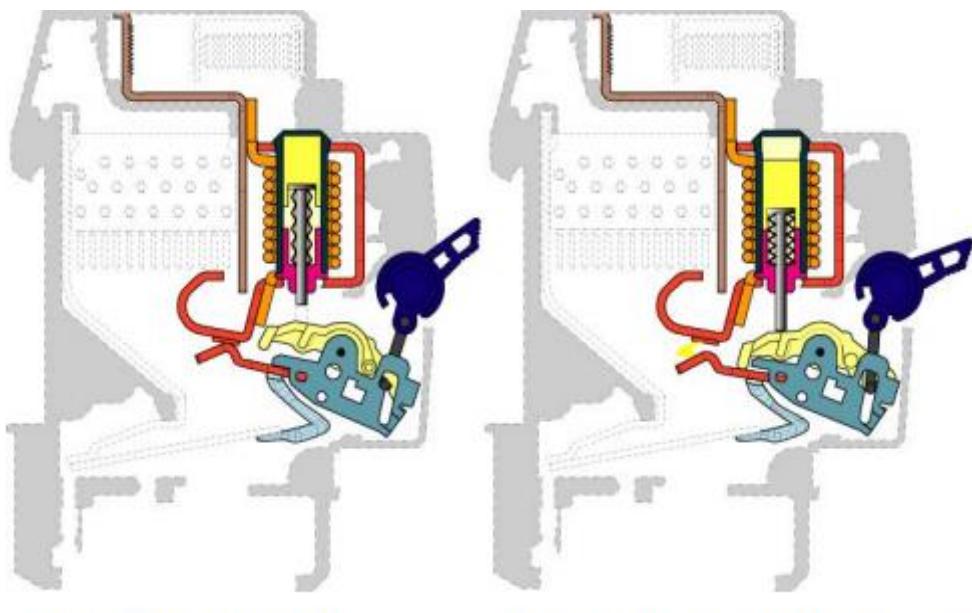


Figure 23 : principes d'un disjoncteur magnétique

↳ **Un relais de phase :**

Destiné pour la protection contre la baisse de tension, la surtension, manque et inversion de phases.



Figure 24: Relai de phase

↳ **Un relais de niveau**

Les relais de contrôle de niveau sont des régulateurs pour liquides conducteurs qui permettent de maintenir les liquides à l'intérieur des limites fixées entre un niveau maximum et un niveau minimum et assurent la protection des pompes immergées contre le fonctionnement à sec.



Figure 25 : Relai de niveau

↳ **Un relais ampère métrique contre la sous charge**

Le relais ampère-métrique détecte et surveille les courants alternatifs sinusoïdaux dans une plage de fréquence de 45 à 65 hz.

↳ **Un contacteur pour la partie puissance**

Les contacteurs sont utilisés afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance et en général des consommateurs de fortes puissances. Ils possèdent un pouvoir de coupure (Pdc) important. Une partie de ses contacts peut être utilisée pour commander des éléments de puissance (Moteur, chauffage, circuit de puissance, etc...).



Figure 26 : Contacteur de puissance

↳ **les jeux de barres, câbles, fils**

un jeu de barres désigne un conducteur de cuivre ou d'aluminium qui conduit de l'électricité dans un tableau électrique, à l'intérieur de l'appareillage électrique ou dans un poste électrique.



Figure 27 : Les jeux de barres

↳ **les fusibles :**

Le fusible ou coupe-circuit à fusible est un dispositif de sécurité conçu pour couper le courant électrique lors d'une surcharge ou d'un court-circuit (voir *ici* notre article sur le rôle du fusible).

Le composant principal de ce dispositif est un petit isolant enveloppant un fil conducteur qui fond quand il est traversé par un courant d'intensité supérieure au calibre supporté. Ainsi, il permet d'ouvrir le circuit électrique pendant une période de surintensité et prévient les incendies ainsi que la destruction de l'ensemble du système. Le fusible garantit l'intégrité du circuit d'alimentation.



Figure 28 : Les fusibles

↳ **Bornier de raccordement & répartiteur électrique**

Le répartiteur électrique vous permet de distribuer facilement vos câbles dans votre coffret. Il peut se positionner directement sur le rail ou bien être intégré en tête de votre tableau. La borne de raccordement électrique assure la continuité électrique et facilite le câblage de votre coffret.



Figure 29 : Bornier de raccordement & répartiteur électrique

↳ **Pour la commande :**

- Un bouton poussoir marche
- Un bouton poussoir arrêt
- Un sélecteur de choix : manuel / arrêt / automatique.
- Un bouton poussoir effacement défaut



Figure 30 : Les boutons poussoir

⊕ Pour la signalisation :

- Un voyant vert en service.
- Un voyant orange pour défaut.
- Un voyant rouge niveau bas et niveau haut.rigue

○ Dimensionnement des sections de câbles et choix de dispositifs de protection basse tension

⊕ Introduction

La détermination des sections des câbles doit être capable de véhiculer le courant maximal d'emploi ainsi que ses pointes transitoires normales sans une génération des chutes de tension supérieures aux valeurs tolérables. Un surdimensionnement des canalisations engendrera des problèmes de cout et de poids, tandis qu'un sous dimensionnement peut engendrer des échauffements dû à la résistance des câbles et causer la dégradation des équipements alimentés.

La détermination des sections des conducteurs repose fondamentalement sur les cinq conditions suivantes

- Limitation du courant admissible dans les conducteurs;
- Protection contre les surcharges
- Protection contre les court-circuit;
- Protection contre les contacts indirects;
- Limitation de la chute de tension;

⊕ Méthodologie de calcul de section de câble :

Calcul de la section minimale

Avant d'entamer l'ensemble des étapes de dimensionnement des câbles BT, nous définissons les courants suivants :

Ib : le courant qui correspond à la puissance apparente des récepteurs au niveau des circuits terminaux ou la puissance d'utilisation en tenant compte de coefficient d'utilisation et de simultanéité au niveau du circuit de distribution.

In : Calibre du disjoncteur ou du fusible de protection il est remplacé par le courant de réglage *Ir* dans le cas d'un disjoncteur conventionnel réglable.

I_z : Est le courant maximal que la canalisation peut véhiculer en permanence sans affecter sa durée de vie.

I_{z'}: Courant admissible équivalent dans la canalisation en fonction de l'influence extérieure.

PDC : Pouvoir de coupure du dispositif de protection.

Choix de dispositifs de protection :

Pour la détermination de la protection, il y a plusieurs critères mis en jeu à savoir :

- La puissance consommée pour la protection contre les surcharges
- Le pouvoir de coupure pour la protection contre les courts-circuits
- Le calibre de l'appareillage de protection
- Le prix de l'appareillage

La protection de circuit de l'installation sera assurée par des disjoncteurs

Le choix de dispositif de protection :

les régimes de neutres

L'utilisation de l'énergie électrique présente des risques tant pour les personnes que pour les matériels.

Pour des raisons de sécurité, ces masses sont reliées par un conducteur de protection lui-même relié à une prise de terre.

La distribution de l'énergie électrique, en courant alternatif triphasé avec neutre permet, selon les types d'installation, des combinaisons neutre-masse, qui optimisent la protection.

Classification des régimes de neutre

Le comité Electrotechnique international (CEI) a classé officiellement trois normes.

1. Régime TT

Le neutre de la source d'énergie est mis à la terre, et la masse de l'installation électrique est mise à son tour à la terre, c'est le cas le plus simple.

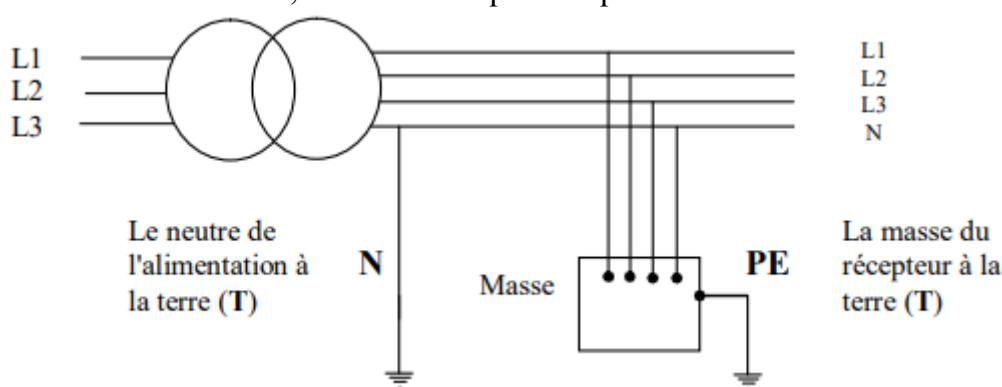


figure 31: régime TT

2. Régime IT

Le neutre de la source de tension est isolé ou relié à la terre par une forte impédance, les masses d'installation sont reliées à la terre comme l'indique la figure suivante.

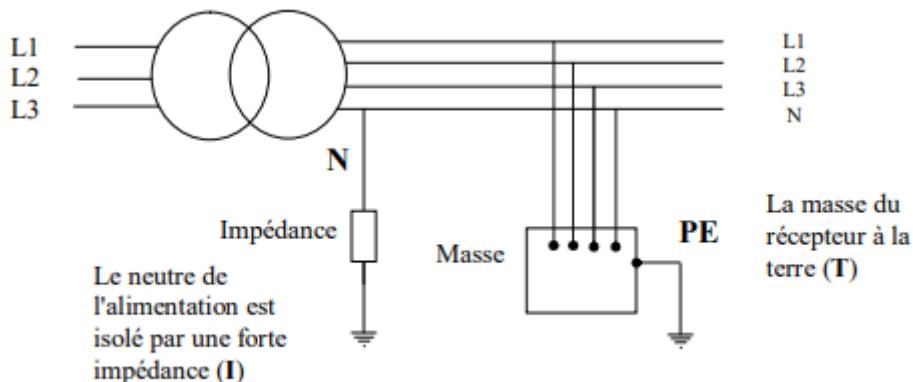


figure 32 : Régime IT

3. Régime TN

Dans ce régime le neutre est mis à la terre et les masses sont reliées au neutre par un conducteur de protection. Deux cas qui se présentent :

3.1. Régime TNC

Le conducteur de protection de PE et le conducteur N de l'alimentation peuvent être confondus en un seul conducteur PEN.

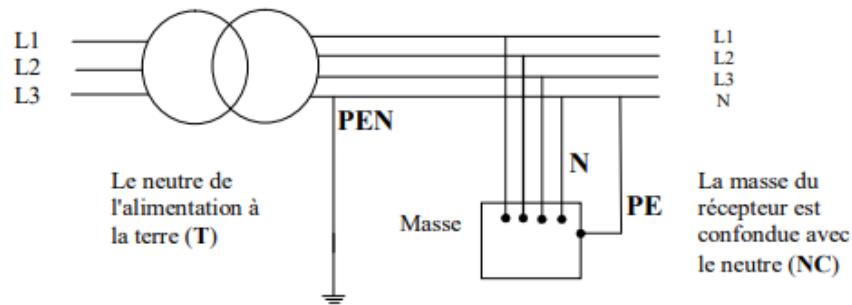


figure 33 : régime TNC

3.2. Régime TNS

Le conducteur de protection PE et le conducteur N du côté de l'alimentation peuvent être séparés

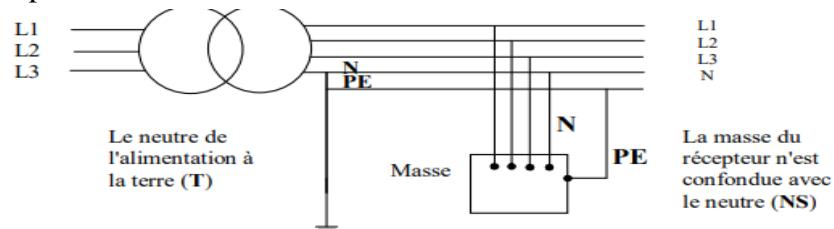


figure 34 : régime TNS

Chapitre 4 : Etude de cas

○ Introduction

Ce projet consiste l'installation d'un système de pompage à base de l'énergie solaire sera lancé dans les environs de Marrakech. Le système qui sera installé pompera l'eau tirée d'un puits .Ce projet vise à mettre en application l'énergie solaire photovoltaïque et soutiendra le développement rural intégré .Il s'agit de faire la conception, le dimensionnement et la réalisation d'une station de pompage photovoltaïque.

Donnée du projet :

On souhaite installer une pompe immergée avec :

Un besoin d'eau entre **23 m³\h** et **42 m³\h**

Une profondeur entre **180m** et **270m**.

I. Dimensionnement hydraulique

○ Evaluation de besoin d'eau

Dans notre cas d'étude on a pris une durée de 12 heures à partir de 6h matin jusqu'à 18h. La pompe va être remplie de 6h à 7h, La pompe va démarrer à partir de 7h.

Ce qui signifie que la pompe va travailler approximativement pendant 11 heures, alors pour avoir remplir notre réservoir de **10 m³ 4 fois par jour au cas de besoin maximale**, il nous faut une durée de **3h15 minutes** après chaque remplissage du réservoir.

De 7h à 10h15min : Pompage de l'eau pour arriver au besoin de 20m³.

10h15 à 13h30min : Pompage de l'eau pour arriver au besoin de 30m³.

Jusqu'au là on a pu garantir le moyen de notre besoin d'eau.

13h30 à 16h45min : pompage de l'eau pour arriver au besoin de 40m³.

Maintenant nous avons assuré le maximum de notre besoin d'eau.

16h45 à 18h : notre dernier pompage d'eau pour avoir les 10m³ pour la journée suivante.

Choix de débit :

Pour le choix de débit on aura besoin d'étudier deux cas :

1 er cas : Pour assurer juste la moyenne **32,5m³**.

D'après ce qu'on a fait précédemment, on va arriver à la moyenne pendant une durée de 7h, alors :

$$Q_1 = \frac{32.5}{7} = 4,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_1 = 1.28 \text{ l/s}$$

2 ème cas : Pour assurer le besoin maximum de 42 m^3 .

D'après ce qu'on a fait précédemment, on va arriver au maximum pendant une durée de 11h, alors :

$$Q_2 = \frac{42}{11} = 3.64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_1 = 1.01 \text{ l/s}$$

Pour le deuxième cas le réservoir va être remplie par la pompe **4 fois par jours** pour assurer le maximum et pour que le réservoir reste toute la nuit remplie.

Le débit qu'on va choisir c'est : $Q = Q_2 = 3.64 \text{ m}^3/\text{h} = 1,01 \text{ l/s}$.

○ Calcul de la vitesse d'écoulement

Appliquons la relation de la vitesse d'écoulement:

$$V = \frac{Q}{S} \text{ avec } S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

Equation 10 : La vitesse de l'écoulement d'un fluide

Avec

D:diamètre de conduite nominale qui est 50 mm(DN50).

Q : le débit calculé dans la partie précédente

S : la section

Application numérique : $V = 0,514 \text{ m/s}$

○ Calculs des pertes de charge :

⊕ Les pertes de charges linéaires:

On a la relation suivante :

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot d \cdot g} [2]$$

On Calcul de nombre de Reynold

$$R_e = \frac{\rho V_c D_c}{\mu} = \frac{V_c D_c}{\nu} \quad [3]$$

Avec:

$V_c = 0,53 \text{ m/s}$; $D_c = 50 \text{ mm}$; $\mu = 10^{-3} \text{ Pa.s}$; $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$; $\nu = 1,007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
d'après des estimation qu'on a déjà fait pour la conduite qui va être divisé en 4 tronçons:
 $AB = 225 \text{ m}$, $BC = 3 \text{ m}$, $CD = 5 \text{ m}$, $DE = 0,5 \text{ m}$, $EF = 0,2 \text{ m}$.

$L = 233,7 \text{ m}$

Utilisation du logiciel Catia pour dessiner une synoptique approximative de la conduite

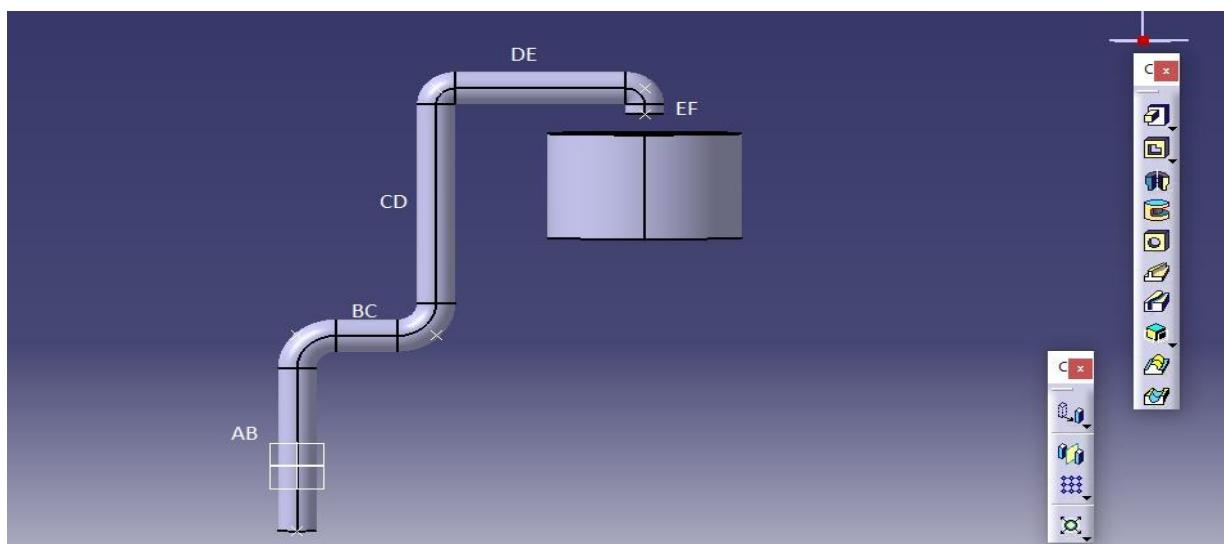


Figure 35 : la conduite de l'installation photovoltaïque

Application numérique : $R_e = 26500$

Donc on est dans un régime d'écoulement turbulent lisse alors d'après la formule de Blasius:

$$\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25} = 0,025$$

Alors

$$J_r = 1,67 \text{ m}$$

✚ Pertes de charge singulière:

Expression littéraire :

$$J_s = \frac{K * V^2}{2g} \quad [7]$$

✚ Perte due aux coude de la conduite:

Pour les coude utilisés pour notre cas d'étude sont arrondi de rayon de courbure 50 mm et d'un angle $\theta = 90^\circ$

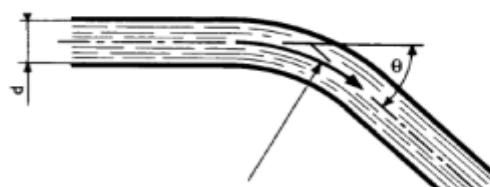


Figure 36 : coude de la conduite

Pour le calcul du coefficient en se base sur la relation suivante de Weisbach:

$$K_s = \frac{\theta}{90} (0.131 + 1.847 * (\frac{R_c}{R})^{\frac{7}{2}})$$

Equation 11:calcul de coefficient de weisbach

Avec $D_c = R$

Application numérique :

$$K = 0,294$$

D'où on peut déduire que les pertes de charge due de un seul coude est:

$$J_{s1} = 4,02 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Pour les 4 coudes:

$$J_{s1} = 0,017 \text{ m}$$

Perte de charges due au clapet:

Parmi les caractéristique principale du clapet sont : le diamètre de siège d et l'angle α :

$$d = 0,73 \times D_c$$

Avec

D_c : diamètre de la conduite qui est 50 mm.

α :angle de déviation pour notre cas est a peut prêtt 30° .

AN:

$$d = 36,5 \text{ mm}$$

Tableau 4 :choix de coefficient k du pertes due aux clapet

α	20	30	40	50	60	70	75
k	1,7	3,2	6,6	14	30	62	90

D'après ce tableau on a $K = 3,2$

Résumé

- Perte de charge due au clapet anti retour $J_{s2} = 0,045 \text{ m}$
- Perte de charge singulière totale: $J_s = J_{s1} + J_{s2} = 0,0628 \text{ m}$
- Calcul des pertes de charges totales:

$$J = J_s + J_r = 1,73 \text{ m}$$

○ Calcul de la HMT

La Hauteur Manométrique Totale est calculée suivant l'équation suivante :

$$\text{HMT} = \text{Ha} + \text{Hs} + \text{Pc} [1]$$

On a la moyenne da la hauteur géométrique est : 230m et $\text{Pc} = 1,73 \text{ m}$

Alors la HMT est de l'ordre de :

$$\text{HMT} = 231,73 \text{ m}$$

Données concernant le pompage et choix de la pompe :

On doit fournir les informations concernant le pompage, lesquelles doivent être prises sur le terrain ou estimées à partir d'informations existantes et serviront de critère pour le choix d'équipement de pompage principalement.

D'après les résultats obtenus concernant :

- Un débit de l'ordre de **3.81m³\h**
- **HMT=231.73m**

En utilisant **le catalogue de Grundfos** pour les pompes immergées on a trouvé le graphe suivant :

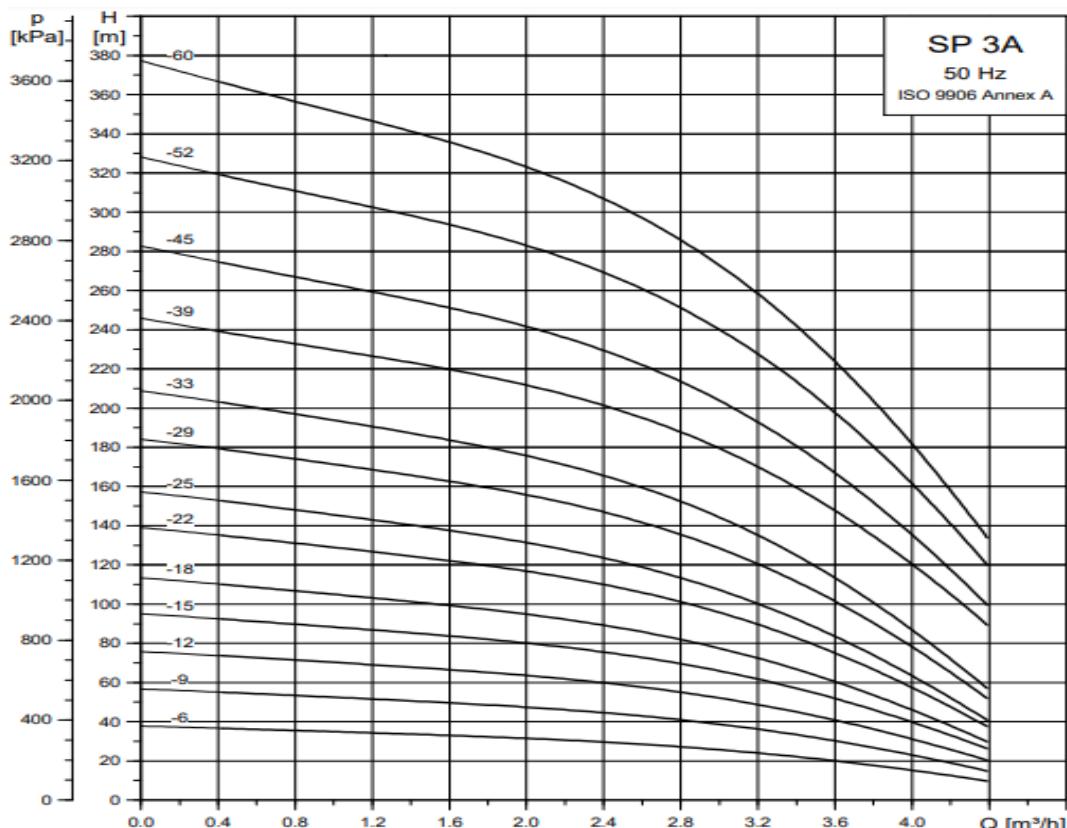


Figure 37 : Graphe des pompes immergées

Alors le type de pompe qu'on va utiliser est : **SP 5A-52 - 05171K52**

Avec les caractéristiques techniques d'une pompe, il est souvent donné sa « courbe hydraulique », c'est elle qui nous indique tout ;

La courbe hydraulique d'une pompe immergée, par exemple, nous indique son point d'utilisation idéal !

Le point d'utilisation idéal est le résultat d'un débit nécessaire en m³/h (ou en l/s) et de la hauteur manométrique totale (HMT). C'est le bon rapport débit pression.

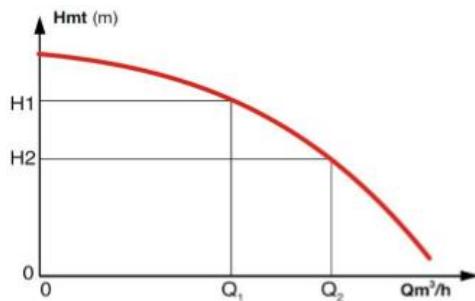


figure38 : La courbe hydraulique

Ce point est dite idéal puisque à ce point la pompe fonctionne à la plage de son rendement maximal La courbe hydraulique est normalement disponible pour chaque pompe. Elle est capitale pour connaître les performances de la pompe.

Pour l'utiliser, il faut reporter la HMT utile et le débit nécessaire sur la courbe fournie.

Si le croisement des deux valeurs se trouve au-dessus de la courbe, les performances de la pompe seront beaucoup trop faibles par rapport à vos besoins. A contrario, si le croisement des deux se situe en dessous de la courbe, la pompe sera adaptée à nos besoins. On choisit donc la courbe juste supérieure au point de croisement des deux valeurs.

Tableau 5 : Caractéristiques de la pompe SP 5A-52 - 05171K52

Liquide pompé:	Eau
Débit nominal:	5 m ³ /h
Type moteur:	MS4000
Puissance nominale - P2:	5.5 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	5.5 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Courant nominal:	13.0-13.0-13.4 A

Cos phi - facteur de puissance:	0.85-0.81-0.76
Vitesse nominale:	2850-2860-2870 mn-1
Méthode de démarrage:	direct
Index de Rendement Minimum, MEI \geq :	0.50

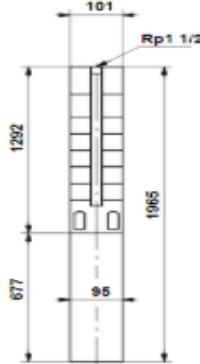


Figure 39 : la pompe SP 5A-52 - 05171K52

○ Calculs des puissances

⊕ Calcul de la puissance hydraulique nécessaire :

On utilise l'équation [8] : $P_h = g * \rho * Q * HMT$

Où

$HMT = 280\text{m}$

$Q = 1.05 \text{ l/s}$

ρ : densité de l'eau (1000 kg/m^3)

g : accélération de la pesanteur ($9,81\text{N/Kg}$)

Application numérique :

$$\mathbf{P_h = 2.88\text{kW}}$$

Pour des raisons de sécurité on ajoute une marge de puissance de **15%**.

$$\mathbf{Pu = Ph * 1.15}$$

$$\mathbf{Pu = 3.3\text{kw}}$$

⊕ La puissance de l'arbre de la pompe :

On exploite l'équation [9] : $Pel = Ph / \eta$

Où: Pel : Puissance nécessaire pour faire fonctionner la pompe exprimée en wat

$\eta = 50\%$

Application numérique :

$$\mathbf{Pel = 6.6\text{KW}}$$

II. Dimensionnement Electrique

1. Etude concernant les panneaux photovoltaïques

o Calcul de la puissance électrique

Pour le calcul de la puissance active on utilisant la relation suivante

$$P = \sqrt{3}U*I*\cos(\varphi)$$

Equation 12 : La puissance active

D'après la fiche technique de la pompe $U=400V$, $I=13A$, $\cos(\varphi)=0.81$

Application numérique

$$P = 7.3\text{KW}$$

o Calcul de la puissance crête

Le calcul de la puissance crête est défini par l'équation suivante :

$$P_c = \frac{P \times HF}{HE}$$

Equation13 : La puissance crête

Avec :

- P_c : Puissance crête.
- HF : Heure de fonctionnement qui est égale à 11h.
- HE : Heure d'ensoleillement qui vaut 10h/j.

Application numérique :

$$P_c = 8.03\text{KWc}$$

o Choix de fournisseurs des panneaux photovoltaïques

Plusieurs Critères ont été retenus afin de sélectionner le fournisseur des panneaux qui répond le mieux à nos attentes :

- ✓ **La garantie de performance (Coeff. D'importance :2)** : Les fabricants de panneaux solaires s'engagent à ce que leurs produits aient une performance donnée, sur une période donnée. Cela revient en somme à garantir un certain rendement la première année, avec une perte de rendement annuelle sur les années suivantes.
- ✓ **La durée de vie (Coeff. D'importance :3)** : Les fabricants des panneaux solaires indiquent la durée de vie de leurs produits.
- ✓ **La garantie Produit (Coeff. D'importance : 2)** : Le fabricant s'engage à prendre en charge la garantie (la garantie peut éventuellement couvrir la réparation et ou le changement).
- ✓ **La rentabilité (Coeff. D'importance : 3)** Pour la production souhaitée les fabricants proposent des offres incluant le prix unitaire d'un

panneau, qui va servir de base pour le calcul de l'investissement.

- ✓ **La tolérance en Puissance (Coeff. D'importance :2)** Il s'agit de l'écart maximal autorisé par rapport à la puissance nominale du panneau PV.

Afin de mieux visualiser les critères de choix de notre fournisseur des panneaux PV nous allons utiliser la méthode « Vote Pondéré multi critère ».

Tableau 6: Vote pondérée multicritère.

Fournisseur	Durée de vie	Garantie-Produit	Garantie-Performance	Prix (DH)	Tolérance en puissance	Note final
Coeff	3	2	2	3	2	
Wysips Cameleon	3	1	2	3	3	30
Onxy solar	2	1	3	2	2	24
RSI Solar	2	1	2	1	2	19
Suntech	2	2	2	1	3	23

Tableau 7 : La fiche technique du panneau choisi

Puissance Nominale P_{MP}(wc)	100
Technologie	CiGS
Tension à la puissance max $V_{MP}(V)$	44,9
Courant à puissance max $I_{MP}(A)$	2,4
Tension en circuit ouvert $V_C(V)$	59,2
Courant de court-circuit $I_{sc}(A)$	2,68
Tension maximale du système $V_{sy}(V)$	1500
Courant Inverse $I_R(A)$	10
Longueur	1,5825
Largeur	0,6595
Surface	1,043

↳ Nombre de panneaux nécessaires

Pour avoir une estimation du nombre de panneaux que nous devrons installer, nous allons diviser la puissance crête nette par la puissance d'un panneau.

$$\frac{8.03 \times 10^3}{100} = 80 \text{ Panneaux}$$

↳ Surface nécessaire

Puisque nous avons installé 80 panneaux chacun dispose d'une surface de 1,043m², nous aurons besoin d'une surface qui vaut **83.75 m²**.

○ Choix de l'onduleur

↳ Choix du constructeur de l'onduleur :

Nous avons consulté le catalogue de la société SMA et nous avons choisi **Onduleur SMA SMC 9000TL**

✚ Conception précise de l'installation

Dimensionner avec précision de grandes et moyennes installations solaires n'a jamais été aussi simple. Les onduleurs Sunny Mini Central de 9 à 11 kW vous offrent un nombre quasiment illimité de possibilités.

La combinaison d'un rendement élevé et d'un prix au watt bas vous permet de bénéficier d'un temps d'amortissement court. La structure décentralisée de l'installation permet en outre de réduire les coûts de maintenance. Les onduleurs Sunny Mini Central de SMA : une technologie de pointe rentable à chaque rayon de soleil.

✚ Performant

Rendement maximal de 98 % Recherche du point de puissance maximale optimisée grâce à la régulation MPP OptiTrac Gestion active de la température OptiCool Sans transformateur avec topologie H5 Surveillance des fusibles de string

Tableau 8 : Caractéristique du l'onduleur

Données techniques	9000 TL
Entrée (DC)	
Puissance DC max. (quand cos φ = 1)	9300 W
Tension DC max.	700 V
Plage de tension photovoltaïque MPPT	333 V - 500 V
Courant d'entrée max.	28 A
Nombre de trackers Mpp	1
Nombre max. de strings (parallèle)	5
Sortie (AC)	

Puissance AC nominale	9000 W / 9000 W
Courant de sortie max.	40 A
Tension nominale AC / plage	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
Fréquence du réseau AC (autoréglable) / plage	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz
Facteur de déphasage réglable ($\cos \phi$)	0,8 inductif ... 0,8 capacitif
Raccordement AC / Power balancing	monophasé / ●
Rendement	
Rendement max. / Euro-eta	98 % / 97,6 %

○ L'architecture du champ photovoltaïque

Les caractéristiques de l'onduleur imposent la configuration du champ PV selon les critères de compatibilités suivantes :

IV. Compatibilité en tension :

Un onduleur est caractérisé par une tension d'entrée maximale admissible U_{max} . Si la tension délivrée par les modules est supérieure à U_{max} , l'onduleur sera irrémédiablement détruit. Le dépassement de la valeur U_{max} pour la tension d'entrée est, par ailleurs, la seule cause d'endommagement définitif de l'onduleur.

Par ailleurs, comme la tension des modules photovoltaïques s'ajoute lorsqu'on les branche en série, la valeur de U_{max} va donc déterminer le nombre maximum de modules en série. Cela dépendra évidemment de la tension délivrée par les modules photovoltaïques. Dans le calcul de dimensionnement, on considérera que la tension délivrée par un module est sa tension à vide, notée U_{co} .

Le nombre maximum de modules photovoltaïques en série se calcule par la formule simple suivante :

$$\text{Nombre maximale de module en série} = E\left(\frac{U_{max}}{U_{co} * 1.15}\right)$$

Equation 14 : calcul du Nombre maximale de module en série

Avec :

U_{max} : Tension d'entrée maximale admissible par l'onduleur, qui vaut 500V.

U_{co} : Tension à vide d'un panneau, qui vaut 59,2V

Donc le nombre maximal de modules en série à ne pas dépasser est : **10**

- **Plage de tension MPPT**

Cette plage de tension MPPT va donc aussi avoir un impact sur le nombre de modules photovoltaïques en série. En effet, on cherchera

idéalement à obtenir une tension délivrée par le groupe photovoltaïque comprise dans la plage MPPT, et ce quel que soit la température des modules.

Le nombre minimum et le nombre maximum de modules photovoltaïques en série se calculent par la formule simple suivante :

$$\text{Nombre minimal de modules en série} = E\left(\frac{UMPPT_{min}}{Umpp * K1}\right)$$

$$\text{Nombre maximal de modules en série} = E\left(\frac{UMPPT_{max}}{Umpp * K2}\right)$$

Equations 15-16 : calcul de Nombre maximal et minimal de modules en série

k1 étant un coefficient de minoration permettant de calculer la tension MPP à 70°C.

On prend **k1 = 0.85**

k2 un coefficient de majoration permettant de calculer la tension MPP à 20°C.

On prend **k2 = 1.15**.

Dans notre cas, nous avons :

UMPPTmin =333 V ; UMPPTmax = 500 V et UMPP =44,9 V.

Donc **le nombre minimal de modules en séries est 8, le nombre maximal 9.**

V. La compatibilité en courant :

Un onduleur est caractérisé par un courant maximal admissible en entrée. Ce courant d'entrée limite correspond au courant maximal que peut supporter l'onduleur côté DC. Lorsque le courant d'entrée de l'onduleur est supérieur au courant maximal admissible par l'onduleur, celui-ci continue de fonctionner mais fournit au réseau la puissance correspondante à son courant maximal.

Le nombre maximal des chaînes en parallèle se calcule avec la formule suivante :

$$\text{Nombre de chaine en parallélé} = E\left(\frac{Imax}{Imp}\right)$$

Equation 17: calcul de Nombre de chaine en parallélé

Le nombre maximum de chaînes photovoltaïques à mettre en parallèle est donc **11**.

La configuration du champ photovoltaïque :

Le nombre de modules en série est compris entre 6 et 15. Le nombre de chaine en parallèle ne pouvant pas dépasser 11 . Selon la fiche technique de l'onduleur choisi, la puissance maximale admissible est : **Pmax=9.3KW**.

En supposant que nous utilisons 8 chaînes parallèles et en sachant que la puissance crête d'un panneau est de 100Wc, on en déduit le plus grand nombre de module en série pour respecter ce critère :

$$\text{Nombre maximale de modules en série} = \frac{9300}{100*4*2} = 5$$

Or, nous ne pouvons dépasser 9 panneaux pour chaque tracker. Nous

aurons donc 16 chaines de 5 modules, **donc 80 modules pour un onduleur.**
Au tout début de l'étude, nous avons fixé le nombre de panneaux sur la toiture à **80 panneaux.**

Donc le nombre d'onduleurs nécessaires est de :

80/80 = 1 onduleur.

- **Simulation de projet de pompage photovoltaïque sur le logiciel pvsyst**

Pour une étude plus profonde on a exploité le logiciel pvsyst pour s'assurer des calculs faits théoriquement.

Voici le rapport généré d'après de notre étude :

Système de pompage PV: Paramètres de simulation de base

Projet : Nouveau Projet

Site géographique

Ait hadou

Pays Maroc

Situation

Temps défini comme

Latitude 32.49° N

Longitude -7.63° W

Temps légal Fus. horaire TU+1

Altitude 0 m

Albédo 0.20

Données météo:

ait hadou Meteonorm 7.1 (1986-2005), Sat=100% - Synthétique

Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 31/08/20 à 09h59

Paramètres de simulation

Paramètres système de pompage

Type de système

Puits vers réservoir

Caractér. du puits (Diamètre 20 cm)	Prof. du niveau statique	200 m	Baisse de niveau spéci.	0.00 m / m ³ /h
	Prof. de la pompe	208 m	Prof. maxi de pompage	205 m
Réservoir	Volume	10.0 m ³	Diamètre	2.5 m
Alimentation par le haut	Altitude d'injection	5 m	Hauteur (niveau plein)	2 m
Circuit hydraulique	Longueur de tuyaux	234 m	Tuyaux DN50	Dint = 53 mm
	Nombre de coude	4		
Besoins d'eau	Constant sur l'année:	32.50 m ³ /jour		
Pompe	Modèle	6GS55		
	Fabricant	Lowara		
Technologie de la pompe	Centrifuge multi-étages	Pompe immergée (puits)	Moteur	Moteur AC asynchrone, mono
Convertisseur associé ou intégré	Type	MPPT	Plage de tension	100 - 600 V
Conditions de fonctionnement		Pression min.	Pression nom.	Pression max.
		114.0	197.0	268.0 mWater
Débit maximum correspondant		8.10	6.00	3.00 m ³ /h
Puissance requise		4793	5154	4382 W
Orientation plan capteurs	Inclinaison	30°	Azimut	0°

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV

Original PVsyst database

CIS Modèle

1

Cdf-1000E1

Fabricant Hulk Energy Technology

Nombre de modules PV

En série

5 modules

En parallèle

16 chaînes

Nombre total de modules PV

Nbre modules

80

Puissance unitaire

100 Wc

Puissance globale du champ

Nominal (STC)

8.00 kWc

Aux cond. de fonct.

7.53 kWc (50°C)

Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)

U mpp

259 V

I mpp

29 A

Surface totale

Surface modules

64.4 m²

Appareil de contrôle

Modèle

Appareil générique (optimisé selon ce système)

Configuration du système **Onduleur MPPT - AC**

Système de pompage PV: Paramètres de simulation détaillés

Projet : Nouveau Projet

Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système	Type de système	Puits vers réservoir	Besoins d'eau	
Besoins du système	Pression de base	205.0 mCE		32.5 m ³ /jour
Pompe	Modèle / Fabricant	6GS55 / Lowara		
Champ PV	Modèle / Fabricant	CdF-1000E1 / Hulk Energy Technology		
Configuration du système	Nombre de modules	5 S x 16 P	Puissance du champ	8000 Wc
	Stratégie de régulation	Onduleur MPPT - AC		

Contrôle de fonctionnement du système (Appareil générique, param. ajustés selon le système)

Convertisseur de puissance Onduleur MPPT - AC

Conditions de fonctionnement	Tension MPP minimale	100 V	puissance nominale	5200 W
	Tension MPP maximale	600 V	Puissance seuil	52 W
	Tension champ max.	600 V	Efficacité maxi	96.0 %
	Courant d'entrée maxi	22.4 A	Efficacité EURO	94.0 %

Remarques et Caractéristiques techniques

Generic regulator for pumping systems.

For pumping systems with MPPT inverter.

The parameters are pre-setted according to the system (pumps and Array), at the beginning of the simulation.

Unlike exceptions, they are not modifiable by the user.

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (vent)	0.0 W/m ² K / m/s
Gain du au "Light soaking" (CIS/CIGS technology)			Frac. gain	2.0 %
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	139 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.6 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	0.8 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		Param. bo	0.05

Système de pompage PV: Résultats principaux

Projet :

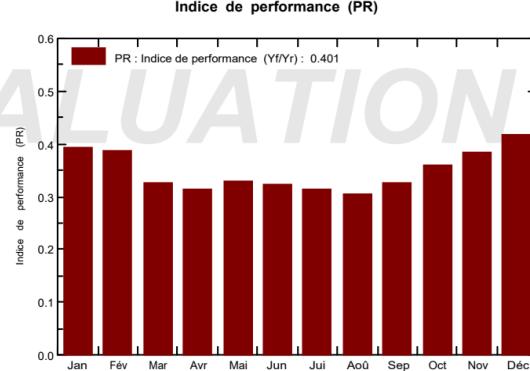
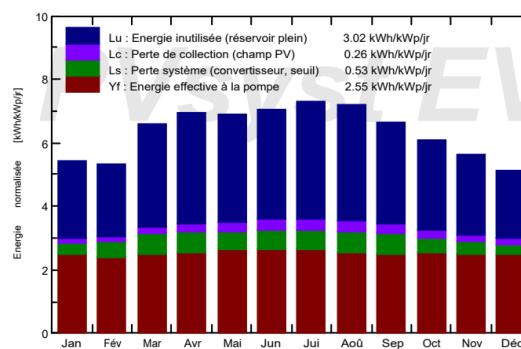
Nouveau ProjetVariante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Principaux paramètres système	Type de système	Puits vers réservoir
Besoins du système	Pression de base	205.0 mCE
Pompe	Modèle / Fabricant	6GS55 / Lowara
Champ PV	Modèle / Fabricant	CdF-1000E1 / Hulk Energy Technology
Configuration du système	Nombre de modules	5 S x 16 P
	Stratégie de régulation	Puissance du champ
		8000 Wc
		Onduleur MPPT - AC

Principaux résultats de la simulation

Production du système	Eau pompée	7877 m³	Spécifique	49 m ³ /kWp/bar
	Besoins d'eau	11863 m ³	Eau manquante	33.6%
	Energie à la pompe	7441 kWh	Spécifique	0.94 kWh/m ³
	Energie PV inutilisée (réservoir plein)	6729 kWh	Fraction inutilisée	39.5 %
	Efficacité système	43.6 %	Efficacité de la pompe	59.8 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 8.00 kWc



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobEff kWh/m ²	EArrMPP kWh	E PmpOp kWh	ETkFull kWh	H Pump mCE	WPumped m ³	W Used m ³	W Miss m ³
Janvier	164.5	1267	617.6	476.1	206.6	641.7	646.1	361.4
Février	146.2	1123	538.5	396.3	206.5	552.5	553.0	357.0
Mars	199.6	1514	624.7	597.5	206.8	679.7	677.8	329.7
Avril	202.3	1531	610.1	617.4	206.8	657.2	657.2	317.8
Mai	206.7	1560	653.0	635.6	206.7	690.2	690.1	317.4
Juin	205.3	1537	639.9	637.6	206.7	670.0	669.6	305.4
Juillet	218.6	1625	662.0	677.1	206.7	698.6	698.6	308.9
Août	217.4	1613	638.4	673.3	206.8	692.1	692.4	315.1
Septembre	193.7	1447	604.3	572.6	206.8	660.4	660.4	314.6
Octobre	183.4	1380	629.1	536.1	206.6	666.2	666.4	341.1
Novembre	164.9	1257	603.9	471.2	206.5	627.8	628.0	347.1
Décembre	155.5	1199	619.5	438.4	206.5	640.7	641.7	365.8
Année	2258.1	17051	7440.9	6729.3	206.7	7877.0	7881.4	3981.1

Légendes: GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
EArrMPP Energie champ, virtuelle au MPP
E PmpOp Energie de fonctionnement pompe
ETkFull Energie inutilisée (réservoir plein)

H Pump Pression totale moyenne à la pompe
WPumped Eau pompée
W Used Eau consommée
W Miss Eau manquante

PVsyst Evaluation mode

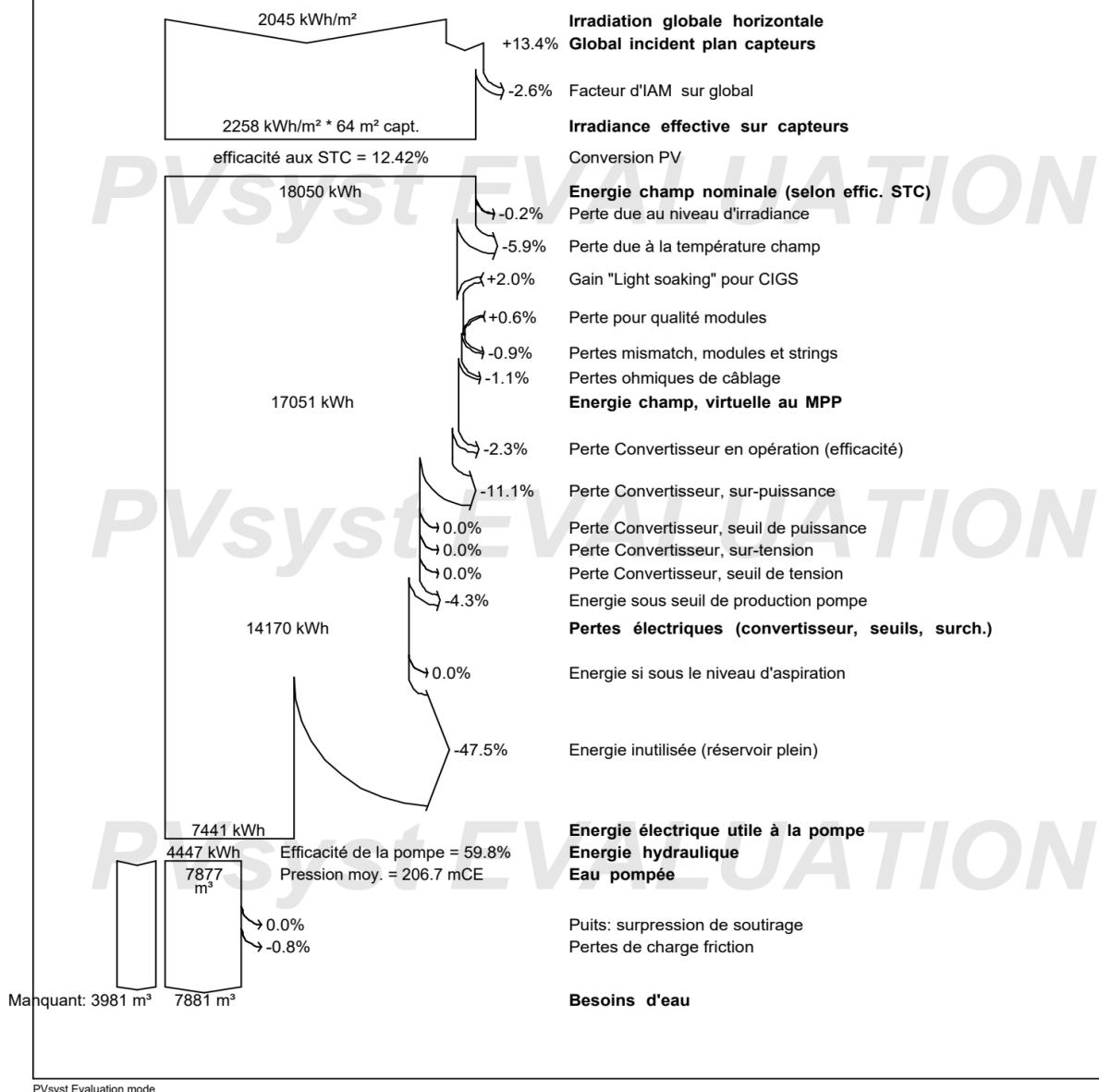
Système de pompage PV: Diagramme des pertes

Projet :

Nouveau ProjetVariante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Principaux paramètres système	Type de système	Puits vers réservoir
Besoins du système	Pression de base	205.0 mCE
Pompe	Modèle / Fabricant	6GS55 / Lowara
Champ PV	Modèle / Fabricant	Cdf-1000E1 / Hulk Energy Technology
Nombre de modules	Nombre de modules	5 S x 16 P
Configuration du système	Stratégie de régulation	Puissance du champ Onduleur MPPT - AC

Diagramme des pertes sur l'année entière



2. Etude concernant le Tableaux électrique

o Protection de l'installation photovoltaïque partie DC

En se référant à la norme UTE C15- 712 -1, nous allons dimensionner les différentes Protections contre les surintensités ainsi que la détermination des sections de câbles.

↳ Calcul du courant de court-circuit maximal d'un module

On a la relation suivante :

$$I_{scmax} = 1,25 \times I_{scSTC}$$

Equation18 : Calcul du courant de court-circuit maximal d'un module

Avec **IscSTC=2.68 A**(d'après le tableau 9)

Application numérique :

$$I_{scmax} = 3,35 A$$

↳ Calcul du courant de court – circuit maximal du générateur PV

On utilise l'équation suivante :

$$I_{scmax-gen} = Nc \times I_{scmax}$$

Equation19 : Calcul du courant de court – circuit maximal du générateur PV

Nc : Est le nombre total de chaînes connectées en parallèle à un même MPPT.

Nous allons calculer le courant de court-circuit maximal issu de chaque MPPT et cela à partir du nombre de chaîne en parallèle.

Prenant **Nc=8**

Application numérique

$$I_{scmax-gen}=26.8A$$

↳ Calcul de la tension maximale aux bornes d'une chaîne

Par exploitation de la formule suivante :

$$U_{comax} = Ns \times k \times U_{coSLT}$$

Equation 20 : Calcul de la tension maximale aux bornes d'une chaîne

Ns : Le nombre de modules en série **Ns=5**.

k : le facteur de correction qui prend en compte l'augmentation de la tension, lorsque la Température diminue **k=1.05**.

UcoSLT : Tension de circuit-ouvert du panneau = **59.2V**

Application numérique

$$U_{comax}=310.8V$$

On a les données suivants d'après le tableau 9 :

Iscmax = 3,35 A

IRM = 10 A.

IscSTC = 2,68 A

- Le nombre maximal de chaines en parallèle sans protection est :

$$N_{cmax} = 1 + \frac{IRM}{IscSTC}$$

Equation 21: calcul du nombre maximal de chaines en parallèle sans protection

Application numérique :

N_{cmax}=5chaines

- Le nombre maximal de chaines en parallèle raccordables à un dispositif de protection est :

$$N_{pmax} = (1 + \frac{IRM}{IscSTC}) / 2, 4 = 2$$

Equation 22: calcul du nombre maximal de chaines en parallèle raccordables à un dispositif de protection

↳ Choix des fusibles

D'après la norme UTE C 15- 712-1 nous avons besoin d'un fusible de calibre 16A .

Tableau 9: Caractéristiques de fusible choisi.

Type	Tension assignée (V)	Calibre (A)	Pouvoir de coupure (A)	Quantité
Fusible g-PV	>310.8	16	≥3,35	20

En consultant le catalogue de **la société SOCOMEC** nous avons trouvé le fusible qui correspond au fusible dimensionné

Tableau 10: Caractéristiques du fusible SOCOMEC.

Référence	Tension assigné (V)	Calibre (A)	Pouvoir de coupure (KA)
Fusible gPV	60PV 0016	1000	16

↳ Section de câble de chaîne PV

Le dimensionnement des câbles est effectué conformément aux règles du guide UTEC15-105 sur la base de câbles à isolation PR, pour des courants maximums susceptibles de les traverser y compris en cas de défaut.

Pour déterminer le courant admissible, les câbles sont dimensionnés en appliquant les facteurs classiques multiplicatifs de correction.

$$Iz' = Ib / (K1 * K2 * K3)$$

Equation23 : le courant admissible

K1 : facteur de correction prenant en compte le mode de pose (= 1 pour câbles mono conducteurs sur chemins de câbles perforés).

K2 : facteur de correction prenant en compte l'influence mutuelle des circuits placés côté à côté.

K3 : facteur de correction prenant en compte la température ambiante et la nature de l'isolant (= 1 si $T_a = 30^\circ\text{C}$; = 0,82 si $T_a = 50^\circ\text{C}$; = 0,71 si $T_a = 60^\circ\text{C}$; = 0,58 si $T_a = 70^\circ\text{C}$).

En tenant compte des différents facteurs de correction :

K1 = 1 Pour Câbles mono conducteurs sur chemin de câble perforés.

K2 = 1 Pour l'influence des câbles jointifs.

K3 = 0,82 Pour une température de 70°C .

Ib : Courant de court-circuit maximal admissible par le module.

Application numérique

$$Iz' = \frac{3.35}{1*1*0.82} = 4.08\text{A}$$

D'après le tableau (Section de câble DC), la section de câble de chaîne correspond au courant admissible juste supérieur à I' .

$$S = 1.5\text{ mm}^2$$

Tableau 11: Section de câble DC

Section mm^2	Intensité en A	
	Type de pose	
	Deux câbles adjacents sur paroi	
1,5		14
2,5		19
4		26
6		33
10		46
16		62
25		82
35		102

⇒ Section du câble principal PV

En tenant compte des différents facteurs de correction :

K1 = 1 Pour Câbles mono conducteurs sur chemin de câbles perforés.

K2= 1 Pour l'influence des câbles jointifs.

K3= 0.82 Pour une température de 50 °C (Température maximale à laquelle ils sont Susceptibles d'être soumis).

$$I_{scmax-tracker} = N_c \times I_{scmax}$$

Equation 24 : calcul de courant max-tracker

Le tableau suivant présente le calcul de la section de câble principale.

Tableau 12 :Calcul de la section de câble principale

Onduleur		
$I_{scmax-tracker}$	26,8	26,8
$I'z$	37.22	37.22
Section de câble principale	10	10

↳ Vérification de la chute de tension

Les différentes liaisons entre les modules PV les plus éloignés et l'onduleur sont réalisées par des câbles unipolaires doubles isolation et de section suffisante de telle sorte que la chute de tension globale soit au maximum de 3%.

$$\Delta V_{total} = \Delta(\text{câble de chaîne}) + \Delta V(\text{câble principale})$$

Équation 25: Chute de tension totale.

La chute de tension en courant continu dans une liaison est donnée par la formule suivante :

$$\frac{\Delta U}{U} (\%) = \frac{p \cdot L}{S} \times \frac{N_p \cdot I_{mpp}}{N_s \cdot U_{mpp}} \times 100$$

Équation 26: Chute de tension en courant continu.

Avec :

- $p = 1.25 \times \rho_0 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. ρ_0 Résistivité des conducteurs à 20 °C = 0,01851 Ω · mm²/m

pour le cuivre et 0,02941 Ω · mm²/m pour l'aluminium.

- **L** : Longueur de câble (+) et (-)
- **$I_{mpp} = 2.4 A$** .
- **$U_{mpp} = 44.9 V$** .
- **N_s** : nombre des modules séries.
- **N_p** : Nombre des chaînes parallèles.
- Portion A : Chaîne PV => Boite de jonction.
- Portion B : Boite de jonction => Régulateur MPPT.

Tableau 13 : Calcul chute de tension DC.

	S	L	I_{mp}	N_p	N_s	U_{mp}	$\frac{\Delta U}{U}$
			p			p	
<i>Portion A</i>	1.5	12	2.4	1	11	44.9	0.089
<i>Portion B</i>	10	50	2.4	8	11	44.9	0.45

Chute de tension totale = $0.089 + 0.045 = 0.54\% < 1$

○ Protection de l'installation PV partie AC

↳ Choix de disjoncteur en sortie de l'onduleur :

En consultant le catalogue de la société Schneider Electric nous avons trouvé le disjoncteur qui correspond au disjoncteur dimensionné.

Tableau14 : Caractéristique de disjoncteur magnétothermique

Fonction de l'appareil	Distribution
Gamme	Acti 9
Nom du produit	Acti 9 iC60
Fonction produit	Disjoncteur miniature
Nom de l'appareil	IC60L
Description des pôles	3P
Nombre de pôles protégés	3
In courant assigné d'emploi	40 A
Type de réseau	CC CA
Type de déclencheur	Thermique-magnétique
Courbe de déclenchement	C
Pouvoir de coupure	15000 A Icn à 400 V CA 50/60 Hz se conformer à EN/CEI 60898-1 70 kA Icu à 12...60 V CA 50/60 Hz se conformer à EN/CEI 60947-2 70 kA Icu à 100...133 V CA 50/60 Hz se conformer à EN/CEI 60947-2 15 kA Icu à 440 V CA 50/60 Hz se conformer à EN/CEI 60947-2 20 kA Icu à 380...415 V CA 50/60 Hz se conformer à EN/CEI 60947-2 36 kA Icu à 220...240 V CA 50/60 Hz se conformer à EN/CEI 60947-2 20 kA Icu à <= 180 V CC se conformer à EN/CEI 60947-2
Catégorie d'emploi	Catégorie A se conformer à EN 60947-2 Catégorie A se conformer à CEI 60947-2
Aptitude au sectionnement	Oui se conformer à EN 60898-1 Oui se conformer à EN 60947-2 Oui se conformer à IEC 60898-1 Oui se conformer à CEI 60947-2
Normes	EN 60947-2 CEI 60947-2 IEC 60898-1 EN 60898-1

Section de câble à la sortie de l'onduleur

Pour déterminer le courant admissible, les câbles sont dimensionnés en appliquant les facteurs classiques multiplicatifs de correction en courant. Pour chaque onduleur nous avons :

En tenant compte des facteurs de correction :

- K1=1 Mode de pose E, Câbles multiconducteurs sur chemin de câble perforé.
- K2 =1.
- K3=0.82 Pour T=50° .

Le courant à la sortie de l'onduleur est 40A :

$$Iz > Iz' = \frac{40}{1*0.82*1} = 48.78 A$$

D'après le tableau 13 la section de câble de chaîne correspond au courant admissible juste supérieur à Iz' .

VI. $Sph = 16mm^2$

↳ Choix de Disjoncteur moteur

En consultant le catalogue de **la société Schneider Electric** nous avons trouvé le disjoncteur moteur convenable à notre installation :

Tableau 15 : caractéristique du disjoncteur moteur

Principales	
Gamme	TeSys
Nom du produit	TeSys GV3
Nom de l'appareil	GV3P
Fonction de l'appareil	Moteur
Type de déclencheur	Thermique-magnétique
Description des pôles	3P
Type de réseau	CA

[In] courant nominal	13 A
thermal protection adjustment range	9...13 A
Courant de déclenchement magnétique	182 A
[Ue] tension assignée d'emploi	690 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Ui] tension assignée d'isolement	690 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Ith] courant thermique conventionnel	13 A se conformer à IEC 60947-4-1

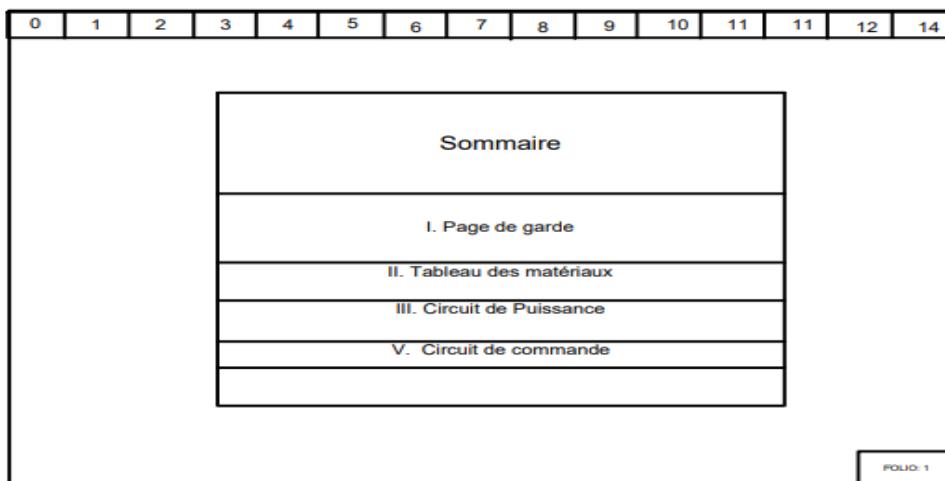
⚡ Choix du Parafoudre

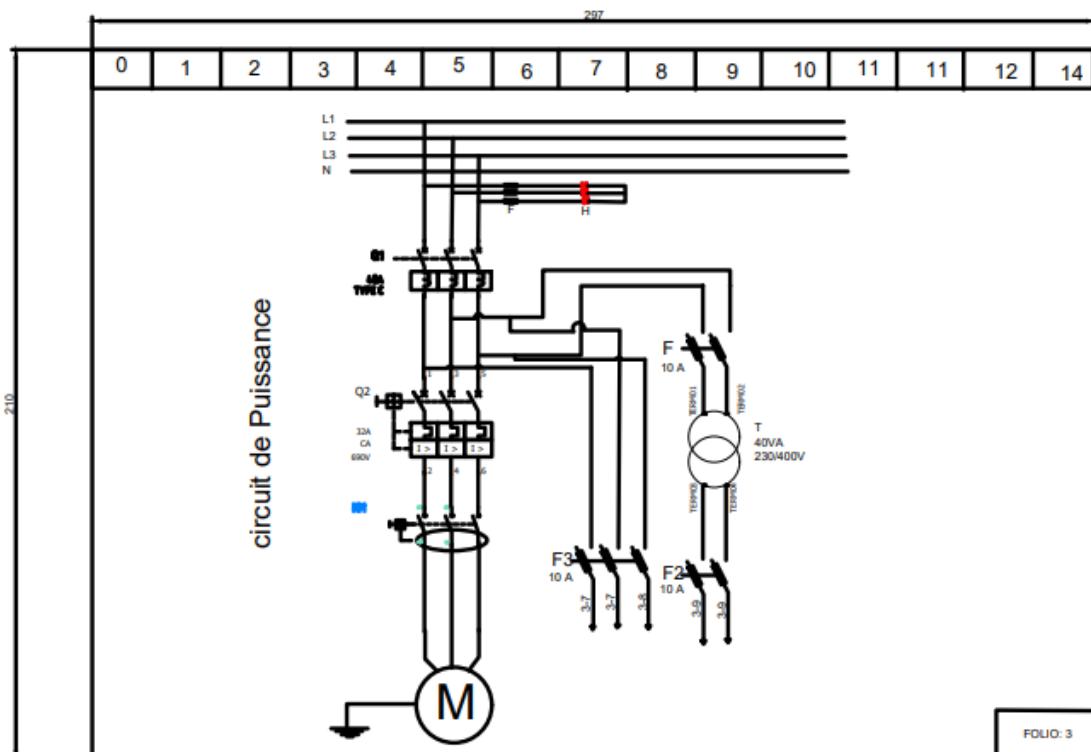
Le parafoudre permet de protéger contre les risques de surtensions éventuelles dans l'installation. Pour prévenir les surtensions dues à la foudre, la protection contre les risques de surtensions induites dans le circuit de la partie à tension alternative de l'installation est important ainsi que la partie à tension continue.

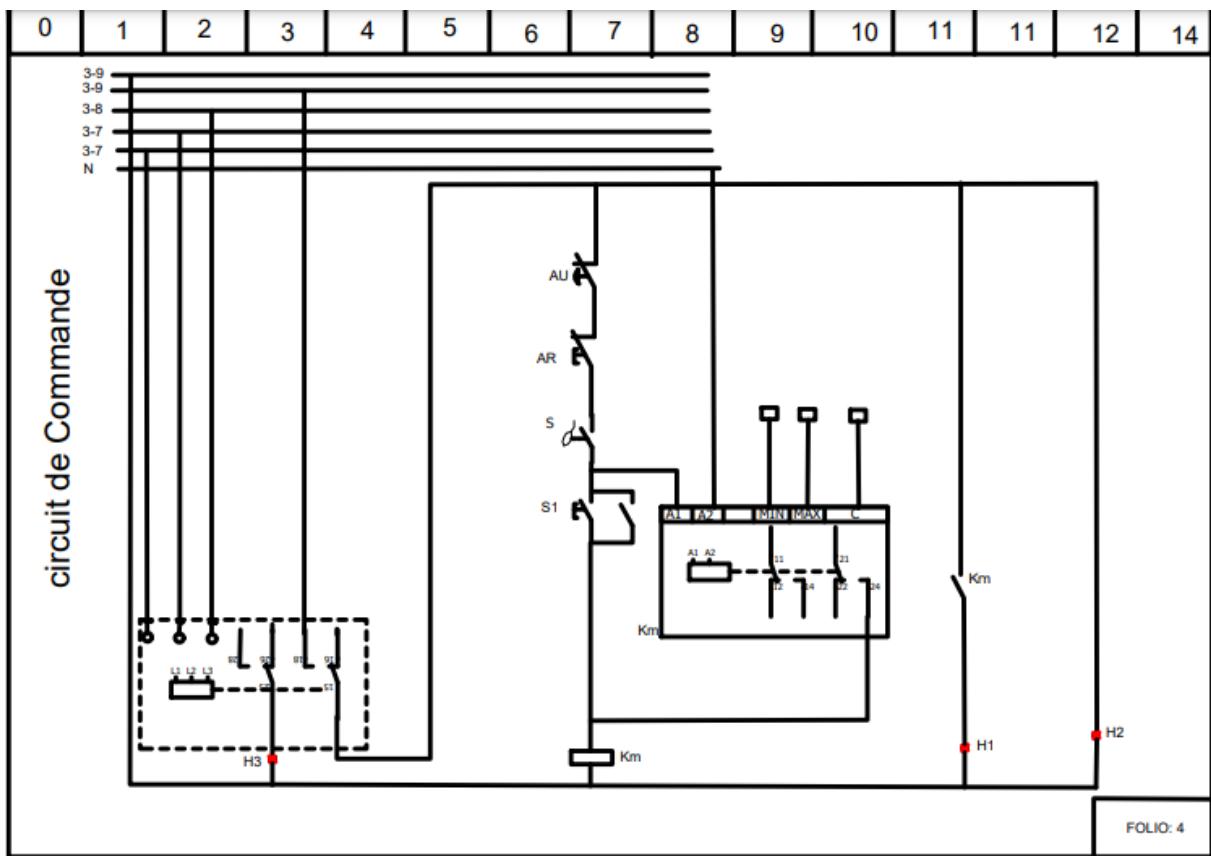
Le parafoudre DC choisi est de type **DS210-24DC** (Voir annexe 4 pour les détails)

○ Schéma de commande et puissance de l'installation

Par exploitation du logiciel Autocad pour dessiner le schéma de puissance et de commande de l'installation qui est en mode de démarrage direct dans un seul sens on a obtenu les résultats suivants :







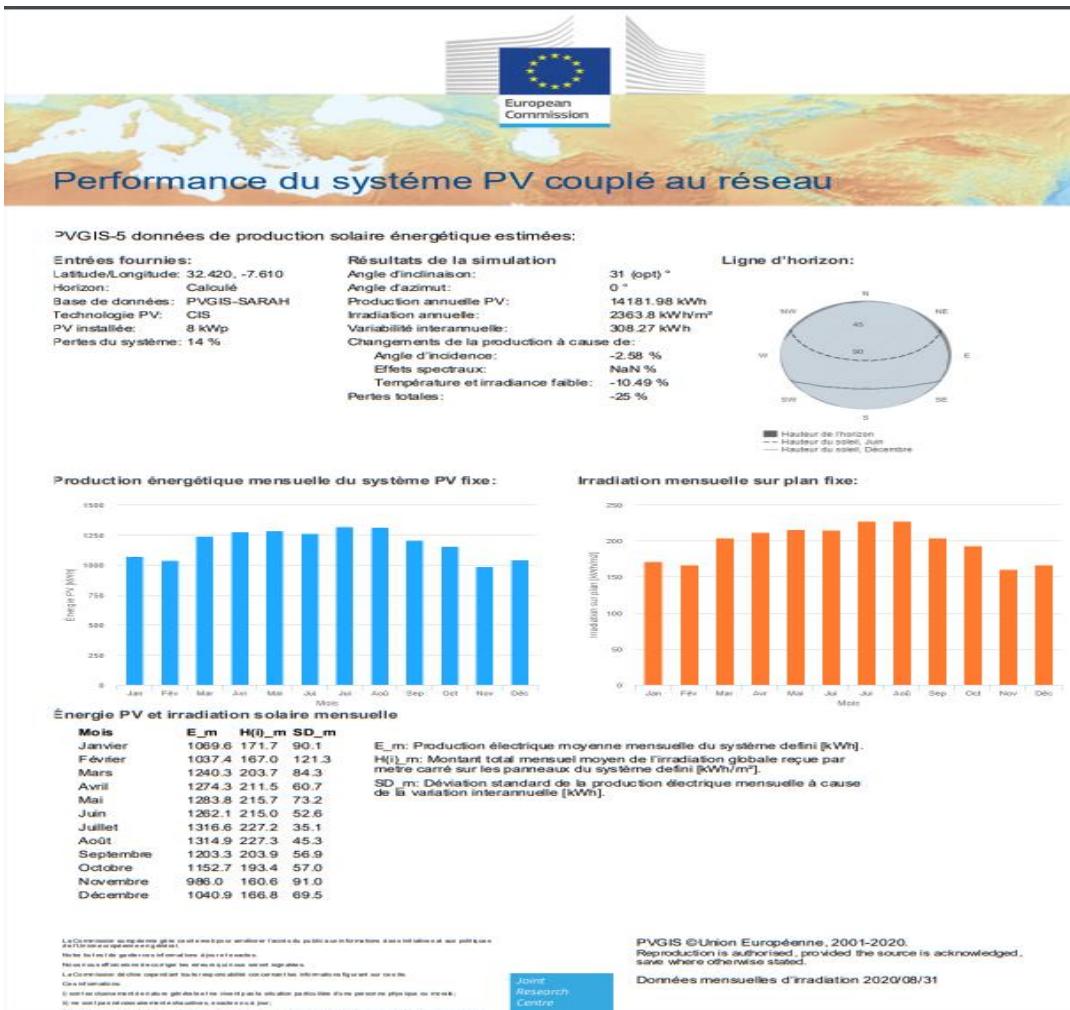
III. Etude financière

- **Introduction**

L'évaluation financière d'un projet est la phase de l'étude qui permet d'analyser si ce projet est fiable, et dans quelles conditions, compte tenu des normes et des contraintes qui lui sont imposées, et à partir des études techniques et commerciales déjà réalisées.

- **Etude financière de l'installation photovoltaïque**

Après le dimensionnement de chaque élément de l'installation, cette partie vient évaluer la performance de l'installation photovoltaïque en déterminant la production mensuelle et annuelle de l'installation, et en effectuant l'analyse financière de l'installation. Évaluation de la production photovoltaïque. On a utilisé la page web pvgis pour faire cette étude mentionnée dans le rapport suivant :



Nous trouverons alors une production annuelle de l'installation égale à **14181.98 kWh**.

○ Evaluation du cout de l'énergie produite

Les tarifs d'électricité moyenne tension sont des tarifs tri horaires, sachant que l'installation PV produit pendant la journée, nous allons déduire le coût de l'énergie produite. Nous supposons que **90 %** de la production coïncide avec la période des heures pleines, et **10%** avec les heures de pointe.

Tableau 16 : Cout de l'énergie produite du PV

Détail de la facturation	Quantité (kwh)	Prix unitaire (MAD) y compris TVA	Prix HT(MAD)
Heures pleines	12763.782	0.97	12380.86
Heures de pointe	1418.198	1.36	1928.74
Consommation totale			14309.6

Nous avons obtenu un cout d'énergie produite qui vaut **14309.6MA**

○ Cout initiale de l'installation

Après la recherche des prix des différents équipements de l'installation nous avons élaboré le bordereau suivant :

Tableau17 : Coûts d'investissement

Produit	Fabricant	Quantité	Prix unitaire MAD	Montant MAD
Panneau PV	wysips cameleon	80	1500	120000
Coffret DC		1	2450	2450
Fusible 10A	SOCAMEC	20	55	1100
Onduleur	SMA	1	46400	46 400
Disjoncteur AC	Schneider Electric	1	1400	1400
Pompe immergé SP-5A-52	Grandfos	1	5000	5000
câbles et divers accessoires				10 000
Construction et divers				40 000
Transport, installation et surveillance matériels				20 000
Total				246 350

Conclusion et perspectives

En guise de conclusion, le stage que nous tiendrons d'effectuer au sein d'ACTEMIUM, une société de VINCI Energies, a été bénéfique et prospère dans la mesure où il nous a permis de confronter le monde du travail, de saisir la notion de l'esprit du groupe et de pouvoir découvrir les différentes facettes d'un travail en groupe qui est l'ingrédient indispensable pour un résultat fructueux. Le travail effectué s'est avéré très enrichissant pour notre expérience professionnelle aussi bien sur le plan technique et managérial que sur l'aspect humain, comme il nous a permis de voir en quoi consistait le travail d'ingénieur d'état au sein d'une structure comme VINCI Energies.

En effet, l'objectif de ce stage s'est reposé primordialement dans l'apprentissage du métier d'ingénieur postier d'une part, et de pouvoir s'adapter face à des nouvelles situations.

Ce projet nous a permis également de découvrir et d'utiliser plusieurs outils informatiques dont : pvsyst, AUTOCAD, pvgis,catia.

Au terme de ce travail, force a été pour nous de constater que la conception d'un système de pompage PV nécessite, une bonne connaissance des principes de fonctionnement des différentes composantes du système. Ainsi, les études menées dans le cadre de ce projet nous ont permis de procéder dans un premier temps au dimensionnement d'un système de pompage PV du coté hydraulique et électrique.

Bibliographie

- https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/tools.html
- https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=ZXKACTI9CHF&p_EnDocType=Catalog&p_File_Name=ZXKACTI9CHF.pdf
- file:///C:/Users/Admin/Downloads/TeSys%20GV2_GV2ME32.pdf
- <https://www.se.com/fr/fr/product/GV2ME32/tesys-gv2me---disj.-moteur---24..32a---3p-3d---d%C3%A9clencheur-magn%C3%A9to-thermique/>
- https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?custid=GBL_fr&productnumber=05171K52
- https://www.socomec.fr/files/live/sites/systemsite/files/SCP/pdf_catalogue/ESP/cat_gpvfuses_es.pdf

Annexes

Annexe1 : la fiche technique de l'onduleur

Données techniques		9000 TL
Entrée (DC)		
Puissance DC max. (quand $\cos \varphi = 1$)	9300 W	
Tension DC max.	700 V	
Plage de tension photovoltaïque MPPT	333 V - 500 V	
Courant d'entrée max.	28 A	
Nombre de trackers Mpp	1	
Nombre max. de strings (parallèle)	5	
Sortie (AC)		
Puissance AC nominale	9000 W / 9000 W	
Courant de sortie max.	40 A	
Tension nominale AC / plage	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	
Fréquence du réseau AC (autoréglable) / plage	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz	
Facteur de déphasage réglable ($\cos \varphi$)	0,8 inductif ... 0,8 capacitif	
Raccordement AC / Power balancing	monophasé / ●	
Rendement		
Rendement max. / Euro-eta	98 % / 97,6 %	
Dispositif de protection		
Protection inversion de polarité DC	●	
Interrupteur sectionneur DC ESS	●	
Résistance aux courts-circuits AC	●	
Surveillance de défaut à la terre	●	
Fusibles string surveillés	○	
Surveillance du réseau (SMA Grid Guard)	●	
Unité de surveillance du courant de défaut	●	
Données générales		
Dimensions L x l x h (mm)	468 / 613 / 242	
Poids	environ 35 kg	
Plage de température de fonctionnement	-25°C ... +60°C	
Emission de bruits (typique)	≤ 42 dB (A)	
Autoconsommation : service (veille) / nuit	0,25 W	
Topologie	Sans transformateur	
Système de refroidissement	OptiCool	
Lieu de montage : intérieur / extérieur	● / ●	
Equipement		
Raccordement DC : MC3 / MC4 / Tyco	○ / ○ / ○	
Raccordement AC : borne filetée	●	
Ecran LCD	●	

Annexe2 : l'installation photovoltaïque



> SPÉCIFICATIONS ÉLECTRIQUES*

Puissance nominale	P_m (W/m ²)	> 100
Tension en circuit ouvert	V_{oc} (V)	59,2
Courant en court-circuit	I_{sc} (A)	2,68 A
Tension en puissance max.	V_m (V)	44,9 V
Courant en puissance max.	I_m (A)	2,4 A

* Données mesurées dans les conditions STC (Standard Test Conditions).

> COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE

Température en fonctionnement nominal	40 °C +- 2°C
Coefficient pour Pmax	-0,39 % / °C
Coefficient pour Voc	-170 mV / °C
Coefficient pour Isc	0 mA / °C

CAMELEON

peut être personnalisé avec une grande variété de designs, de couleurs, de motifs et de textures. Les performances varient en fonction des options.

SERIES CAMELEON

> SPÉCIFICATIONS MÉCANIQUES

Type de cellule photovoltaïque	CiGS
Dimensions +/- 0,5 mm	659 x 1582 mm
Epaisseur +/- 0,5 mm	10,5 mm
Matériau rail de montage	Aluminium
Poids	28 kg
Verre extérieur	Verre imprimé (encre céramique)
Intercalaire	EVA
Cadre	Verre laminé sans cadre - IP 67
Boîte de jonction	Montée à l'arrière du module
Câble	4 mm ² 600 mm +/-100 mm
Options	Verre extérieur (épaisseur, couche de protection)

Garantie fabricant: 10 ans. Garantie de performance: 10 ans à 90% et 25 ans à 80% de la puissance nominale

Annexe 3 : la fiche technique de la pompe SP 5A-52 - 05171K52

Liquide pompé: Eau

Température liquide maximum: 40 °C

T° max. liquide à 0,15 m/sec: 40 °C

Liquid temperature during operation: 20 °C

Masse volumique: 998.2 kg/m³

Technique:

Débit nominal: 5 m³/h

Pression nominale: 213 m

Garniture mécanique pour moteur: SIC/SIC

Certifications sur la plaque signalétique: CE,EAC

Tolérance de courbe: ISO9906:2012 3B

Version moteur: T40

Matériaux:

Pompe: Acier inoxydable

EN 1.4401

AISI 316

Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4401
	AISI 316
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4539
	AISI 904 L
Installation:	
Refoulement pompe:	Rp1 ½
Diamètre moteur:	4 inch
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Puissance nominale - P2:	5.5 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	5.5 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Courant nominal:	13.0-13.0-13.4 A
Intensité démarrage:	480-530-550 %
Cos phi - facteur de puissance:	0.85-0.81-0.76
Vitesse nominale:	2850-2860-2870 mn- 1
Méthode de démarrage:	Direct

Indice de protection (IEC 34-5): IP68

Classe d'isolation (IEC 85): F

Capteur de température intégré: Oui

Autres:

Index de Rendement Minimum, MEI 0.50
≥:

Status ErP: EuP
 Standalone/Prod.

Poids net:	45.5 kg
Poids brut:	65.8 kg
Colisage:	238 m3

Annexe4 : Basse tension

Lettre de sélection	Cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	■ câbles multiconducteurs	0,90
	■ vides de construction et caniveaux	0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

Tableau: Facteur de correction K1 de mode de pose

Lettre de sélection	Disposition des câbles jointifs	Facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
B, C, F	Encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles.		
E, F	Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
	Simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Tableau : Facteur de correction k2 en fonction des nombres des circuits jointifs

Températures ambiantes (°C)	Isolation	Elastomère (caoutchouc)	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PE) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22		1,15
15	1,22	1,17		1,12
20	1,15	1,12		1,08
25	1,07	1,06		1,04
30	1,00	1,00		1,00
35	0,93	0,94		0,96
40	0,82	0,87		0,91
45	0,71	0,79		0,87
50	0,58	0,71		0,82
55	-	0,61		0,76
60	-	0,50		0,71

Facteur : de correction k3 (influence de la température ambiante)

Annexe5 : Parafoudres

Caractéristiques

Référence CTEL	DS210-12DC	DS210-24DC	DS210-48DC	DS210-75DC	DS210-95DC	DS210-110DC	DS210-130DC
Description	Parafoudre pour alimentation continue DC ou PV						
Réseau	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc	75 Vdc	95 Vdc	110 Vdc	130 Vdc
Mode de connexion	+/-/PE	+/-/PE	+/-/PE	+/-/PE	+/-/PE	+/-/PE	+/-/PE
Mode de protection	MC/MC	MC/MC	MC/MC	MC/MC	MC/MC	MC/MC	MC/MC
Tension DC max. de fonctionnement	Uc	15 Vdc	30 Vdc	56 Vdc	85 Vdc	100 Vdc	125 vdc
Tension AC max. de fonctionnement	Uc	10 Vac	15 Vac	40 Vac	60 Vac	75 Vac	95 Vac
Courant résiduel - Courant de fuite à Uc	Ipe	< 0,1 mA	< 0,1 mA				
Courant max de ligne (si connexion série)	IL	20 A	20 A				
Courant de décharge nominal - 15 chocs en onde 8/20µs	In	1 kA	1 kA	2 kA	2 kA	2 kA	2 kA
Courant de décharge maximal tenue max. 8/20 µs	Imax	2 kA	2 kA	6 kA	6 kA	6 kA	6 kA
Niveau de protection MC/MC @ In	Up	85 V	105 V	180 V	250 V	300 V	350 V
Déconnecteurs associés							
Déconnecteur thermique	Interne						
Fusibles (si nécessaires)	Fusible type gG- 10 A						
Caractéristiques mécaniques							
Dimensions	voir schéma						
Raccordement au réseau	par vis : 1.5-10mm ² (conducteurs actifs) et 2.5-25mm ² (terre)						
Indicateur de déconnexion	Extinction témoin vert						
Module de remplacement	DSM210-12DC	DSM210-24DC	DSM210-48DC	DSM210-75DC	DSM210-95DC	DSM210-110DC	DSM210-130DC
Montage	Rail DIN symétrique 35 mm (EN60715)						
Température de fonctionnement	-40/+85°C						
Indice de protection	IP20						
Boîtier	Thermoplastique UL94-V0						
Conformité aux normes	CEI 61643-11 / NF EN 61643-11 / UL1449 ed.4						
Code Article	440201	440301	440401	440601	441001	440901	440602