

Chapitre 02 : CONCEPTION D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME

Introduction

La conception et le dimensionnement d'un champ photovoltaïque précis est en réalité un processus relativement complexe car il y a de nombreux paramètres à prendre en considération, une certaine dose d'impondérable (la météorologie), et surtout de multiples interactions entre les choix. Par exemple, la consommation du régulateur de charge, de l'onduleur, de la batterie, doivent être ajoutée à celle des récepteurs pour définir la consommation totale du système. Or, le choix de ces paramètres dépend de la taille du champ photovoltaïque, lui-même déterminé par la consommation... Donc la conception d'un système photovoltaïque est le résultat d'une optimisation réalisée par itérations.

Les étapes ci-dessous nous présentent de façon détaillée la démarche à suivre pour concevoir un système photovoltaïque autonome.

- Etape 1 : Détermination des besoins de l'utilisateur : tension, puissance des appareils et durées d'utilisation.
- Etape 2 : Evaluation du gisement solaire local
- Etape 3 : Qualité d'une installation photovoltaïque autonome
- Etape 4 : Production de l'installation
- Etape 5 : Dimensionnement du GPV
- Etape 6 : Dimensionnement du stockage
- Etape 7 : Choix du régulateur et de l'onduleur

II-1 Evaluation des besoins

II-1-1 La définition du besoin électrique

La définition du besoin électrique est un travail préalable important impactant le dimensionnement du champ photovoltaïque et du parc de batteries. Une sous-estimation du besoin électrique provoquera des défauts de fonctionnement (coupure électrique, vieillissement prématuré des batteries), alors que sa surévaluation aura pour effet d'augmenter considérablement le coût de l'installation.

Cette partie dresse un inventaire des appareils consommateurs d'électricité, et fournit une méthode de calcul des besoins électriques [19].

II-1-2 La tension des récepteurs

L'énergie photovoltaïque étant en courant continu, l'idéal est que les appareils à alimenter fonctionnent aussi en continu. Plus le champ photovoltaïque est puissant, plus il faudra choisir une tension élevée pour éviter les ampérages trop forts, il n'est donc pas toujours facile de la choisir à priori [19].

II-1-3 Les besoins de l'application en énergie

Evaluer sérieusement nos besoins en énergie permettent que l'on dispose d'un système bien adapté, sachant que toute exigence supplémentaire se traduira par une augmentation de la puissance à mettre en œuvre : plus de panneaux, plus de batterie.

La puissance « P » est une donnée instantanée par contre l'énergie « E_{besoin} » c'est le produit de la puissance par le temps « t » : $E_{\text{besoin}} = P \cdot t$

Relation qui permet de calculer les besoins journaliers en énergie de nos applications.

En effet, comme un système photovoltaïque fournit son énergie le jour, il est naturel de prendre la période de 24h comme unité de temps. On notera E_{besoin} **l'énergie électrique consommée** en 24h par l'application, en Wh/j. on l'appelle consommation journalière.

Pour calculer la consommation totale de nos applications, on calcule l'énergie électrique consommée en 24h par chaque appareil ou chaque fonction électrique et on les additionne :

$$E_{\text{besoin}} = P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + P_3 \cdot t_3 + \dots$$

Lorsque tous les appareils fonctionnent à la même tension, la consommation journalière peut également se chiffrer en ampère heure « Ah », unité plus pratique pour les systèmes liés à une batterie [19].

II-1-4-Inventaire des appareils électriques

Il convient dans un premier temps d'effectuer un inventaire des équipements consommateurs d'électricité. Ceux-ci sont divers et variés. Nous proposons un inventaire non-exhaustif.

Eclairage

L'éclairage est incontournable dans un bâtiment. Au-delà de son aspect décoratif et esthétique, l'éclairage permet à l'utilisateur de bénéficier des conditions de luminosité qu'il estime nécessaire à son activité.

Aujourd'hui, la quasi-totalité des systèmes d'éclairage fonctionnent grâce à l'électricité. L'énergie lumineuse est produite par l'intermédiaire d'un système nommé ampoule. Cette ampoule est fixée à un luminaire. L'ampoule mais également le luminaire participe à la performance énergétique de l'éclairage.

Type d'ampoule	Puissance (w)
Lampe à incandescence à filament	Varie généralement de 30 W à 100 W.
Ampoule à incandescence halogène	Varie généralement de 5 W à 100 W pour l'éclairage intérieur et jusqu'à 2 000 W pour l'éclairage extérieur.
Ampoule fluorescente compacte	Varie généralement de 1 W à 50 W pour l'éclairage intérieur
Tubes fluorescents	Varie généralement de 10 W à 60 W
Ampoules & Tubes LED	Varie généralement de 3 W à 30 W

Tableau II-1 différents types d'éclairage [19]

Les équipements électrique

Appareil électrique	Puissance électrique	
Réfrigérateur	Réfrigérateur de classe A+++ Durée du cycle marche : 5 min Durée du cycle arrêt : 15 min cycle de marche : 100 W	Réfrigérateur standard Durée du cycle marche : 5 min Durée du cycle arrêt : 15 minutes cycle de marche : 300 W
Télévision	Télévision allumée : 110 W Télévision en mode veille : 1 W	
Machine à laver	Machine à laver d'une capacité de 5 kg : 2 000 W Machine à laver d'une capacité de 10 kg : 3 000 W	
Téléphone	Téléphone portable en charge : 5 W	

Tableau II-2 les équipements électriques [19]

II-1-5 Calculs des besoins électriques :

Calculer les besoins électriques consiste à calculer l'énergie électrique journalière consommée par les usagers. Ainsi, les besoins électriques s'exprimeront en Wh/jour (ou kWh/jour).

La méthodologie est la suivante :

- D'abord, il convient d'identifier l'ensemble des appareils électriques qui seront alimentés par l'installation photovoltaïque autonome. Pour chacun de ces appareils, la puissance nominale de fonctionnement doit être identifiée. Pour cela, on pourra s'appuyer sur des mesures directement sur site, ou bien les indications inscrites sur les

fiches techniques/signalétiques des appareils. En dernier recours, si aucune information n'est disponible, on pourra effectuer une approximation de la puissance électrique de l'appareil en s'inspirant de l'inventaire réalisé précédemment.

- Ensuite, une estimation de la durée d'utilisation journalière devra être effectuée. En ce sens, il est primordial de connaître les habitudes des usagers (car ce sont bien eux qui utilisent, à leur guise, les appareils consommateurs d'énergie).
- Le produit de la puissance électrique (en W) par le temps d'utilisation (en h) indiquera l'énergie journalière consommée (en Wh) par l'appareil considéré. Dans le domaine de l'électricité, il est d'usage d'utiliser le W et le Wh comme unités de mesure respectivement de la puissance et de l'énergie électriques.
- Enfin, la somme des énergies journalières calculées donnera une évaluation globale des besoins électriques du village.

II-2 Energie solaire récupérable

II-2-1 Evaluation du gisement solaire local :

Les cellules photovoltaïques exploitent une ressource : l'énergie solaire. Il s'agit d'une ressource renouvelable et très abondante, à l'inverse des énergies fossiles et fissiles. Elle est largement suffisante pour subvenir à l'ensemble des besoins énergétique de l'Humanité (figure (II-1)), à condition d'être en mesure de pouvoir l'exploiter avec des rendements et des coûts supportables.

Avant de s'intéresser aux rendements de conversion (rayonnement solaire → électricité) des cellules photovoltaïques, il convient de savoir évaluer le gisement solaire local.

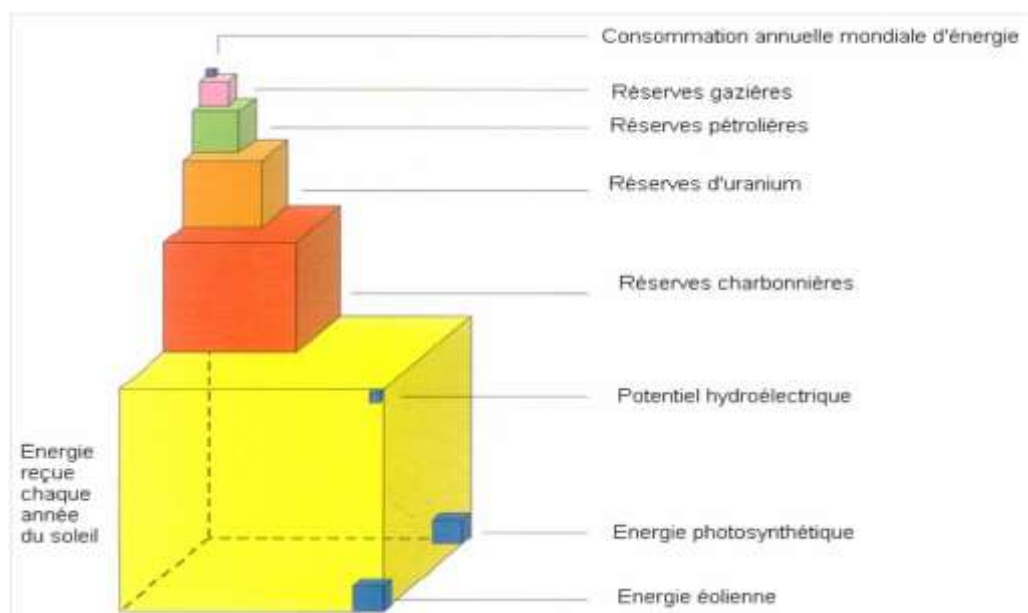


Figure (II-1) : Potentiel de l'énergie solaire par rapport aux autres énergies [19]

II-2-2 Influence de la localisation sur le gisement solaire :

La ressource solaire est partout présente mais inégalement répartie. On constate une variation dans un facteur de 1 à 3.5 dans les zones peuplées par l'Homme.

Le 1er paramètre est la latitude, c'est-à-dire la distance par rapport à l'équateur. L'irradiation solaire diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche des pôles (ou qu'on s'éloigne de l'équateur).

La nébulosité du site est également une variable. On remarquera en ce sens que les zones arides à très faibles nébulosité sont les plus soumises aux fortes irradiations solaires (désert d'Atacama au Chili, désert du Sahara en Afrique) voir Figure (II-2).

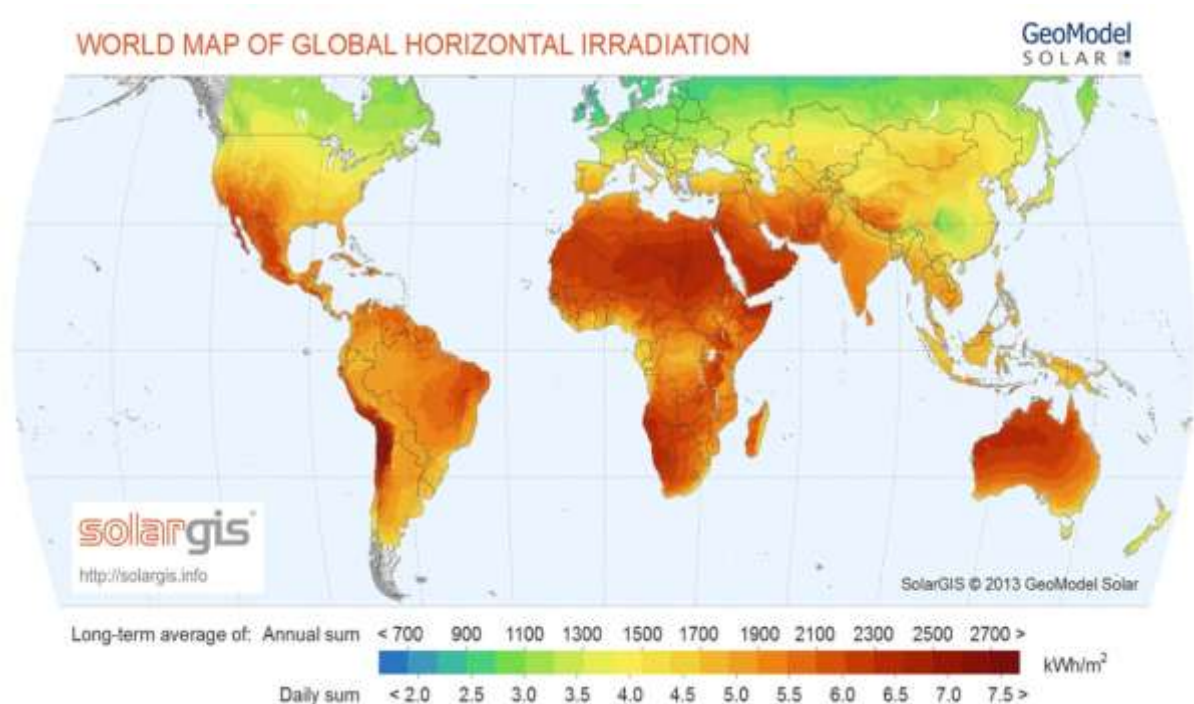


Figure (II-2) : Carte mondiale de l'irradiation solaire globale (annuelle et journalière moyenne) [19]

II-2-3 Coefficient Air-Masse :

Le soleil émet continuellement une énergie radiative considérable dans toutes les directions du système solaire. Une moyenne de $1\,367\text{ W/m}^2$ de cette énergie atteint le bord externe de l'atmosphère terrestre. Celle-ci absorbe et reflète une partie de ce rayonnement solaire de telle sorte que l'énergie reçue au niveau de la surface de la mer (altitude 0 m), par ciel clair et quand le soleil est au zénith, vaut $1\,000\text{ W/m}^2$. Cette situation a été définie par la communauté scientifique comme une situation de référence décrite par l'indicateur Air-Masse, notée AM 1. Le coefficient Air-Masse évalue la masse atmosphérique traversé par le rayonnement solaire [19].

Lorsqu'on s'écarte de cette configuration de référence (en prenant de l'altitude, lorsque le soleil n'est plus au zénith ou bien lorsque l'atmosphère est polluée), le coefficient Air-Masse évolue plus ou moins. On parle alors de coefficient AM "X". Le nombre "X" indique que le parcours du rayonnement solaire est X fois supérieure au parcours de référence (AM1), et sera donc plus ou moins filtré voir la Figure (II-3) [19].

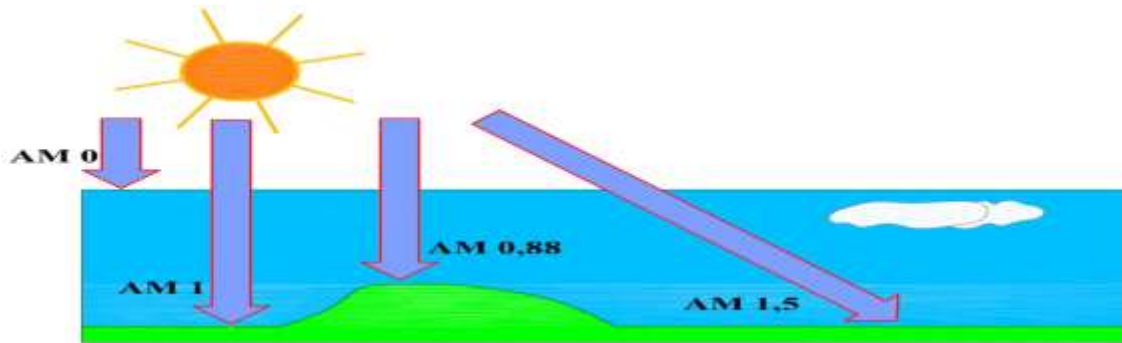


Figure (II-3) : Le nombre d'air masse AM [19]

II-3- Paramètres qualitatifs d'une installation photovoltaïque autonome

Le rendement d'une installation photovoltaïque exprime la part d'énergie restituée par l'installation, sous forme électrique, par rapport à la quantité d'énergie solaire reçue par les modules de l'installation. Ainsi, ce rendement s'écrit aussi : $\eta = \frac{\text{Puissance électrique fournie}}{\text{Puissance solaire reçue}}$.

L'ordre de grandeur du rendement d'une installation photovoltaïque est de 10 % environ (avec des modules en technologie cristalline). Cela signifie que 10 % de l'énergie solaire reçue par les modules photovoltaïques sont effectivement convertie en énergie électrique.

Les 90 % restants sont perdues principalement sous forme de chaleur ou de réflexion lumineuse (au niveau des modules). Un rendement de 10 % est certes faible mais cela représente une grosse quantité d'énergie compte-tenu de l'abondance de l'énergie radiative fournie par le soleil [19].

Les cellules photovoltaïques contribuent très majoritairement à tirer vers le bas le rendement globale d'une installation photovoltaïque. En effet, le rendement d'une cellule seul est de l'ordre de 13 % (technologie cristalline, voir Propriétés électriques des modules photovoltaïques). De façon concomitante, toutes les parties constitutives d'une installation photovoltaïque (batteries, régulateurs, onduleurs, connectiques, câbles, dispositifs de coupure et sectionnement, raccordement) provoquent des pertes supplémentaires de puissance non-négligeables. Ces pertes font diminuer le rendement global d'une installation photovoltaïque, ainsi qu'illustré sur la figure ci-dessous figure (II-4) :



Figure (II-4) : Rendement global & Différentes pertes au sein d'une installation photovoltaïque autonome [19]

II-3-1 Rendement des modules photovoltaïques :

Les modules sont constitués de cellules photovoltaïques. Ce sont les cellules photovoltaïques qui convertissent l'énergie radiative solaire en énergie électrique. Cette conversion est effectuée avec un rendement qui est compris entre 5 % et 25 % suivant la technologie Tableau II-3.

TECHNOLOGIE DES CELLULES PV	RENDEMENT
Silicium monocristallin avec connexion en face arrière	20%
Silicium monocristallin	Entre 14 % et 19 %
Silicium poly cristallin	Entre 10 % et 15 %
Silicium amorphe	Entre 5 % et 10 %

Tableau II-3 Théorique des cellules photovoltaïques [19]

Un module étant constitué de plusieurs cellules connectées en série (ou plus rarement en parallèle), le rendement des modules se trouve quelque peu dégradé de 2 à 3 points par rapport au rendement des cellules.

II-3-2 Pertes par échauffement des câbles :

L'électricité produite par les modules photovoltaïques doit être transportée jusqu'au point de distribution. Ce transport s'effectue, par l'intermédiaire de câbles, avec des pertes d'énergie voir la Figure (II-5).

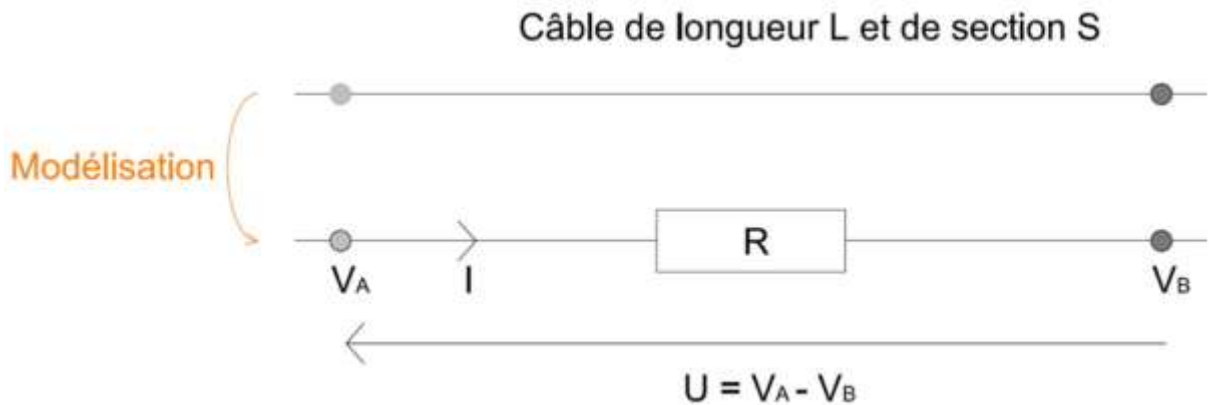


Figure (II-5) : Modélisation électrique d'un câble [19]

II-3-3 Rendement du régulateur :

Les régulateurs photovoltaïques étant constitués de composants électroniques (transistors, diodes, bobines, condensateurs, etc.), une partie de la puissance électrique les transitant est donc dissipée sous la forme de chaleur.

La fonction de régulation s'effectue donc avec un certain rendement. Ce rendement dépend de la technologie du régulateur :

Technologie du régulateur	Rendement moyen
Tout-ou-rien	Entre 97 % et 100 %
MLI	Entre 95 % et 98 %
MLI+MPPT	Entre 90 % et 95 %, mais la fonction MPPT permet d'améliorer le rendement du champ photovoltaïque

Tableau II-4 Rendement moyen d'un régulateur photovoltaïque [19]

Notons que les rendements indiqués dans le tableau ci-dessus sont des rendements moyens. En pratique, le rendement dépend du taux de charge du régulateur, ainsi qu'illustré sur la courbe de rendement ci-dessous Figure (II-6) :

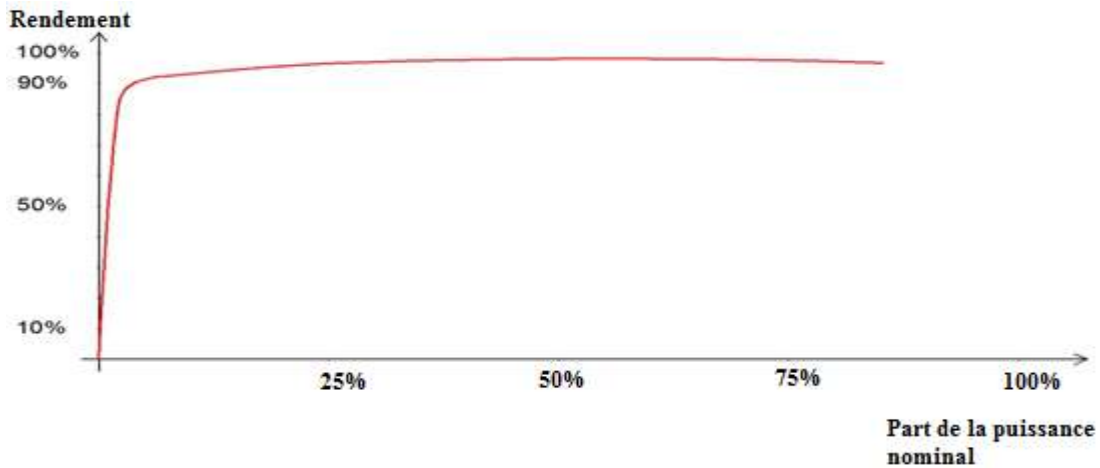


Figure (II-6) : Courbe de rendement d'un régulateur MLI avec fonction MPPT [19]

Remarque : nous avons présenté 3 technologies courantes de régulateur présents sur le marché. D'autres techniques de régulation existent que nous n'avons pas exposé dans ce cours.

II-3-4 Pertes par absence du MPPT

Les régulateurs classiques (technologie MLI) ne disposent pas de système de recherche de point de puissance maximum du champ photovoltaïque (MPPT). De ce fait, celui-ci ne travaille pas à son point de puissance maximum, par conséquent, une perte de puissance de l'ordre de 10% à 20% est constaté par rapport aux installations munies de MPPT [19].

II-3-5 Rendement des batteries acide-plomb

Les batteries acide-plomb, plusieurs phénomènes électrochimiques dégradent le rendement des batteries. Nous citerons :

- L'efficacité de la recharge, à savoir le rapport entre la capacité restituée et la capacité chargée (appelée également rendement faradique),
- Le phénomène lié à la loi de Peukert,
- L'autodécharge des batteries,

Finalement, les batteries présentent un rendement énergétique de l'ordre de 85%.

II-3-6 Rendement de l'onduleur

L'onduleur effectue la conversion CC/CA grâce à des composants électriques qui chauffent (diodes, condensateurs, etc.). Une partie de la puissance continue en entrée de l'onduleur est donc dissipée sous forme de chaleur.

On définit alors le rendement de l'onduleur comme le rapport de la puissance de sortie (alternative) sur la puissance d'entrée (continue) : $\eta = (\text{Puissance alternative}) / (\text{Puissance continue})$.

Nous retiendrons que le rendement moyen d'un onduleur est de l'ordre de 95 % [19].

II-3-7 Autres pertes dans une installation photovoltaïque

D'autres pertes diverses peuvent faire baisser la performance de l'installation photovoltaïque.

Il s'agit typiquement de :

- De la disparité inévitable entre les cellules d'un module (théoriquement, toutes les cellules d'un module doivent être semblable électriquement).
- De la tolérance en puissance des modules (la puissance crête annoncée sur les fiches techniques des modules est donnée à $\pm 3\%$, en général). Cette caractéristique des modules est un élément qualitatif important de l'installation [19].

II-3-8 Le ratio de performance PR pour une installation photovoltaïque autonome

Nous avons énuméré précédemment l'ensemble des pertes électriques intrinsèques d'une installation photovoltaïque. Un coefficient, nommé ratio de performance et noté PR (Performance ratio) permet de quantifier les pertes intrinsèques de l'installation électrique. Le ratio de performance est donc un nombre entre 0 et 1 (ou 0 et 100%). Plus il est proche de 1 (ou de 100%), plus l'installation est performante d'un point de vue électrique.

Toute installation photovoltaïque étant unique, le ratio de performance est spécifique à chaque installation. Néanmoins, il est possible de dégager un ordre de grandeur de la valeur du ratio de performance PR, car :

- Le coefficient de température de la puissance $K_T(P)$ est semblable d'un module à un autre (ordre de grandeur : $-0.4 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$).
- La chute de tension dans les câbles est limitée à 3%.
- Le rendement du régulateur est semblable d'un régulateur à un autre (ordre de grandeur : 97%).
- Le rendement des batteries est environ de 85%
- Le rendement de l'onduleur est semblable d'un onduleur à un autre (ordre de grandeur : 95%).
- Les autres pertes diverses sont semblables d'une installation à une autre (ordre de grandeur : 2 %).

Les seuls paramètres vraiment variables sont le mode d'intégration et la présence ou non d'un dispositif MPPT. Ainsi, nous pouvons dresser un tableau général Tableau II-5 récapitulatif de la valeur du ratio de performance ratio :

		Modules très peu ventilés	Modules peu ventilés	Modules ventilés	Modules bien ventilés
Ratio de performance PR	Absence du MPPT	0.55	0.60	0.65	0.70
	Présence du MPPT	0.60	0.65	0.70	0.75

Tableau II-5 Valeur du Ratio de Performance PR en fonction de la ventilation des modules [19]

II-4- Production électrique d'une installation photovoltaïque autonome

L'évaluation du gisement solaire et la quantification des diverses pertes vont nous permettre à présent de calculer le productible d'une installation photovoltaïque autonome. Précisons que la production électrique ainsi produite est physiquement ajustée à la consommation des récepteurs électriques. Par exemple, l'absence de consommation (de la part de ces appareils) induit également une absence totale de production de la part du champ photovoltaïque, et ce malgré un niveau d'éclairement potentiellement important. Ainsi, dans cette partie, nous parlerons bien du potentiel de production électrique de l'installation.

II-4-1-Calcul du productible électrique de l'installation photovoltaïque autonome

a-Formule analytique :

Il existe une formule analytique simple permettant d'estimer la production électrique d'une installation photovoltaïque.

$$E_t = \frac{H_{gt}}{\bar{G}} \times P_{\check{g}} \times PR \quad \text{eq(II-1)}$$

E_t : énergie consommée ramenée au GVP (Wh/j)

H_{gt} : l'irradiation journalière mensuelle moyenne sur le place de GPV (Wh/m²/j).

$\bar{G}$: 1000 w/m².

$P_{\check{g}}$: la puissance crête de GPV au STC.

b- Calcul avec logiciel

Le calcul précédent est une estimation rapide et ne remplace pas la simulation dynamique avec logiciel. Il existe des logiciels de simulation permettant de calculer avec précision la production électrique d'une installation photovoltaïque, notamment en prenant en compte les ombrages proches et lointains. Nous pouvons citer par exemple :

- PV-SYST, développé par l'université de Genève.

II-4-2 Effets des ombrages sur une installation photovoltaïque :

Pour fonctionner de manière optimale, une installation solaire photovoltaïque doit être soumise au moins d'ombrage possible. Cependant, certaines contraintes liées au lieu d'installation (présence de montagne, d'arbres, cheminée, poteau électrique...) ne peuvent être évitées.

On appelle masque tout obstacle cachant les modules photovoltaïques de la lumière du soleil. On distingue les masques proches et les masques lointains. Ces deux notions sont définies par la suite.

1-Masques

a-Masques lointains

Le masque lointain représente l'ensemble des obstacles dont l'angle avec lequel on l'observe ne varie pas lorsque l'observateur se déplace de quelques mètres. Cela peut être une colline, une montagne, un bâtiment lointain. Il s'agit de l'horizon lointain. Par exemple, sur la photo ci-dessous, les deux petites collines représentent un masque lointain : elles risquent de provoquer de l'ombre à l'installation photovoltaïque au lever et au coucher du soleil.



Figure (II-7) : Exemple de masque lointains

b-Masques proches

Le masque proche représente l'ensemble des obstacles dont l'angle avec lequel on l'observe varie lorsque l'observateur se déplace de quelques mètres.

c-Relevé de masques

Un relevé de masques permet de déterminer les heures de la journée et la période de l'année pendant lesquelles une zone du champ photovoltaïque est à l'ombre. Il convient de réaliser un relevé de masque pour les masques lointains et un autre pour les masques proches. Apprendre à réaliser un relevé de masques

2-Diodes by-pass

Les modules photovoltaïques sont munis de diodes by-pass. Celles-ci se trouvent dans le boîtier de connexion à l'arrière des modules :



Figure (II-8) : Diodes by-pass

Le rôle des diodes by-pass est double :

- Protéger les cellules contre le phénomène de point chaud (hot spot)
- Améliorer la performance des modules soumis à l'ombrage

3-Phénomène courant retour

Le phénomène de courant retour se produit lorsque deux modules différents (ou chaînes de modules différentes) sont connectés en parallèle. Deux effets notables peuvent se produire :

- Perte de puissance.
- Endommagement du module.

II-5- Dimensionnement d'un GPV d'une installation photovoltaïque autonome

Dans une installation photovoltaïque autonome, la seule source d'énergie disponible provient du champ photovoltaïque. Rappelons, en ce sens, que le parc de batteries ne doit pas être considéré comme une source d'énergie, car il ne fait que stocker une partie de l'énergie produite par le champ photovoltaïque.

On a :

$$PR = \frac{E_{\text{besoin}}}{\frac{H_{gt}}{G} \times P_g^*} \quad \text{eq(II-2)}$$

$$P_g^* = \frac{E_{\text{besoin}}}{\frac{H_{gt}}{G} \times PR} \quad \text{eq(II-3)}$$

E_{besoin} : énergie consommée ramenée au GVP (Wh/j)

H_{gt} : l'irradiation journalière mensuelle moyenne sur le place de GPV (Wh/m²/j).

G : 1000 w/m².

P_g^* : la puissance crête de GPV au STC.

Le nombre total des modules

On peut calculer le nombre total des modules PV à installer (on se base sur la puissance nominale du module P_m)

On a :

$$P_g^* = N_M \times P_m^* \quad \text{eq(II-4)}$$

N_t : nombre totale des modules PV.

$$N_M = \frac{E_{\text{besoin}}}{\frac{H_{gt}}{G} \times P_m^* \times PR} \quad \text{eq(II-5)}$$

Calcul de nombre de modules en série et parallèle

On a

$$N_{ms} = \frac{V_{dc}}{V_{mi}} \quad \text{eq(II-6)}$$

V_{dc} : tension dc nominal du système

$$N_{mp} = \frac{N_M}{N_{ms}} \quad \text{eq(II-7)}$$

II-6- Dimensionnement du stockage

La détermination du parc batterie est réalisée à partir de la prise en compte d'un certain nombre de jours d'autonomie à assurer à production nulle. Ce nombre de jours varie suivant les applications et la situation géographique.

Il est de plus possible d'apporter les corrections suivantes :

- Correction due à la profondeur de décharge limitée entre 50 % et 75 % selon le constructeur.
- Correction due au rendement énergétique de la batterie (~ 80 %).

-La capacité du stockage (Wh) est égale à :

$$C(w) = \frac{E_{\text{besoin}} * N_{\text{aut}}}{DOD_{\text{MAX}}} \quad \text{eq(II-8)}$$

-Capacité en Ah (ampère heure) :

$$C(\text{Ah}) = \frac{E_{\text{besoin}} * N_{\text{aut}}}{DOD_{\text{MAX}} * V_N} \quad \text{eq(II-9)}$$

II-6-1- Calcul de nombre d'éléments en série :

Nombre d'éléments en série est égal à :

$$N_{\text{bs}} = V_{\text{dc}} / V_e \quad \text{eq(II-10)}$$

V_e : Tension de l'élément batterie (V), donnée par le constructeur.

V_{dc} : tension dc nominal du système.

II-6-2-Calcul de nombre de branches en parallèle

Nombre de branches d'éléments en parallèle est égal à :

$$N_{\text{bp}} = C_{\text{Ah}} / C_e \quad \text{eq(II-11)}$$

C_e : Capacité d'un élément batterie (Ah), donnée par le constructeur.

Le nombre total d'éléments batterie est décrit par la relation suivante :

$$N_e = N_{\text{es}} \times N_{\text{bp}} \quad \text{eq(II-12)}$$

II-7- Choix du régulateur et de l'onduleur dans le cadre d'une installation PV autonome

II-7-1-Choix du régulateur

Le régulateur photovoltaïque, pièce centrale de l'installation, doit être compatible avec les autres éléments (champ photovoltaïque et parc de batteries).

1-le courant débité par le champ photovoltaïque

Ne doit pas dépasser une certaine limite imposée par le régulateur. Cette contrainte va déterminer le nombre maximal de modules en série. Coté champ photovoltaïque, on pourra considérer que la valeur $I_{cc} \times 1.25$ est inférieure au courant nominal du régulateur.

2-la tension fournie par le champ photovoltaïque

Doit être limitée afin de ne pas endommager le régulateur en cas de déconnection des batteries. Cette contrainte va déterminer le nombre de chaînes photovoltaïque en parallèle. On considère que la tension valeur $U_{oc} \times k$ reste inférieure à la tension maximale admissible du régulateur (k étant le coefficient en température de la tension du champ photovoltaïque).

-Identifier les paramètres de dimensionnement sur la fiche technique

Afin de pouvoir dimensionner le régulateur photovoltaïque, conformément aux 3 paramètres exposés précédemment, il convient de connaître ses propriétés électriques. Aussi, est-il important d'avoir accès à la fiche technique du régulateur (fournie par le fabricant). A titre d'exemple, nous présentons ci-dessous la fiche technique du régulateur Tristar de la marque Morningstar Corporation. Nous constatons que les 3 paramètres essentiels au dimensionnement sont présents [19].

Caractéristiques électriques			
• Courant nominal solaire, de charge ou de dérivation :	TriStar-45	45 A	→ Paramètre ①. Indique le courant maximal admissible côté Champ photovoltaïque. Dans ce cas, ce courant est limité à 45 A.
	TriStar-60	60 A	
• Tension du circuit		12-48 V	→ Paramètre ③. Indique quelle doit être la tension du parc de batteries. Dans ce cas, ce régulateur est adapté pour la charge des parc de batteries de 12 V à 48 V.
• Précision en	12/24 V :	$\leq 0,1 \% \pm 50 \text{ mV}$	
	en 48 V :	$\leq 0,1 \% \pm 100 \text{ mV}$	
• Tension minimale de fonctionnement		9 V	
• Tension solaire max. (Voc)		125 V	→ Paramètre ②. Indique quelle doit être la tension du parc de batteries. Dans ce cas, la tension à vide majorée $U_{oc} \times k$ du champ photovoltaïque doit être inférieure à 125 V.
• Consommation :	Régulateur	< 20 mA	
	Compteur	7,5 mA	

Figure (II-9) : Exemple de fiche technique d'un régulateur - Identification des 3 paramètres de dimensionnement du régulateur

II-7-2 Choix de l'onduleur

Pour choisir un onduleur on doit se référer aux paramètres suivants :

1) La puissance nominale (P_{AC}) :

Elle est largement inférieure à P_{AC} , (il est conseillé de surdimensionner l'onduleur pour s'assurer qu'il fonctionne à ses rendements élevés).

2) Tension nominale d'entrée (V_{DC})

C'est la tension de la batterie plus une certaine marge (en recevoir de la variation de la tension de batterie).

3) Tension nominale de sortie V_{AC} : c'est la tension efficace.

4) Fréquence de fonctionnement (HTZ) = 50 HTZ

5) Rendement : c'est la courbe donnant le rendement en fonction du taux de charge [19].

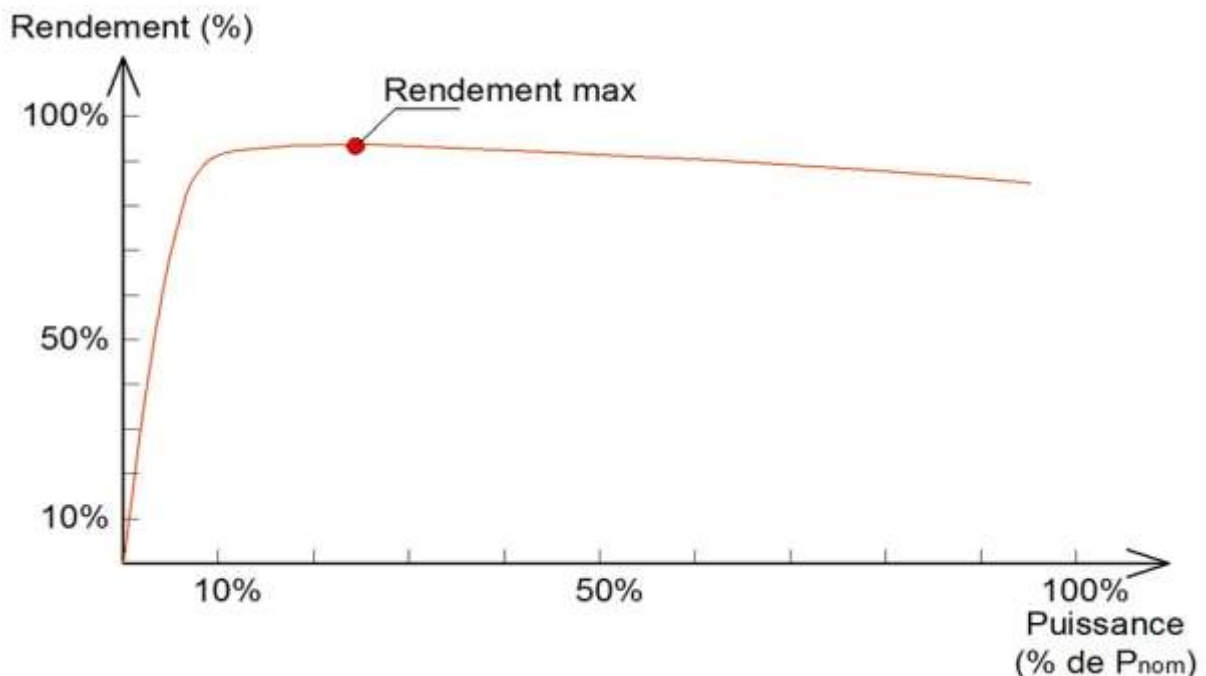


Figure (II-10) Rendement d'onduleur photovoltaïque en fonction du taux de charge

II-8- Conclusion :

Ce chapitre présente une technique de dimensionnement des installations photovoltaïques autonomes et comment calculer les besoins énergétiques avec d'autres paramètres.