

Dimensionnement des systèmes PV

EXERCICE 1 : Analyse de Faisabilité Basée sur le Mois le Plus Défavorable

Prendre conscience de l'importance des données du "pire mois" pour une conception fiable.

Données :

vous disposez de l'irradiation solaire journalière ($\text{Wh/m}^2/\text{j}$) pour un site donné :

Juin: 8544

Décembre: 3901

Avril: 7771

Un client demande un système pour alimenter une charge quotidienne de 8500 Wh. Un stagiaire a calculé le nombre de panneaux en se basant sur la moyenne annuelle d'irradiation (en utilisant $6000 \text{ Wh/m}^2/\text{j}$) et a proposé un système de 1500 Wc.

1. Calculez la puissance crête nécessaire (P_c) en vous basant sur le mois de juin. Le système fonctionnerait-il en décembre ?
2. Calculez la puissance crête nécessaire en vous basant sur le mois de décembre et en utilisant le coefficient de pertes globales $K=0,6$.
3. Pourquoi la méthode du stagiaire (moyenne annuelle) est-elle une erreur grave pour un système autonome ? Quelles seraient les conséquences pratiques de cette erreur ?

EXERCICE 2 : Vérification des Calculs Numériques du Cas d'Étude (Avec Batteries)

Appliquer les formules fondamentales et valider l'exactitude des résultats du cours.

Données :

Besoin journalier : $E_c=9130 \text{ Wh/j}$

Tension du système: 48 V

Panneau solaire : 350 Wc, $V_{mpp} \approx 35V$, $I_{mpp} \approx 10A$

Irradiation décembre : $3,9 \text{ kWh/m}^2/\text{j}$

Coefficient K : 0,6

1. Recalculez l'énergie à produire E_p et la puissance crête P_c . Les résultats de 15217 Wh et 3902 Wc sont-ils corrects ?
2. Proposez un câblage électrique (Strings) pour les 12 panneaux afin d'obtenir une tension système de 48V . (Rappel : Tension MPP du panneau $\sim 35\text{V}$).
3. Calculez le courant de charge maximal délivré par le régulateur vers les batteries sous 48V . (Utilisez $P_{c,réelle} = 12 \times 350$).
4. Vérifiez le calcul du nombre de batteries (20 unités de $200\text{Ah}/12\text{V}$). Que se passerait-il si on utilisait une profondeur de décharge maximale $\text{DOD} = 80\%$ au lieu de 60% ?

EXERCICE 3 : Système de Pompage Solaire Direct (Sans Batteries)

Appliquer le concept de "puissance instantanée sous faible ensoleillement".

Données :

Une pompe à eau triphasée 400V AC , puissance 4 kW , doit fonctionner uniquement aux heures de pointe solaire (5 heures consécutives). L'ensoleillement minimal en décembre est de 400 W/m^2 durant ces heures.

Rendement de conversion (MPPT + Variateur VFD) : $0,85$

Panneau solaire : 450 Wc ($V_{mpp}=41\text{V}$, $I_{mpp}=11\text{A}$)

1. Calculez la puissance fournie par un panneau sous un éclairement de 400 W/m^2 .
2. Calculez la puissance DC nécessaire en amont du variateur (VFD) pour alimenter la pompe de 4kW AC .
3. Calculez le nombre total de panneaux (N) nécessaires pour garantir le fonctionnement de la pompe sous 400 W/m^2 .
4. Concevez les chaînes de panneaux (Strings) sachant que la tension d'entrée du variateur est de 600V DC .
Combien de panneaux en série et combien de chaînes en parallèle ?

EXERCICE 4 : Simulation du Comportement des Batteries sur 3 Jours avec Ensoleillement Variable

Comprendre la dynamique de charge/décharge des batteries à partir de données réelles sur plusieurs jours consécutifs et évaluer la robustesse du dimensionnement.

On conserve le même système que précédemment (4200 Wc , $48\text{V} / 1000\text{Ah}$) et le même profil de charge ($12,7\text{ kWh/j}$). Ensoleillement de trois jours consécutifs de décembre (jours 1, 2, 3) comme suit (données fictives mais cohérentes avec le tableau) :

<i>Jour</i>	<i>Irradiation journalière (kWh/m²)</i>	<i>Remarque</i>
1	3,9 (journée claire)	comme dans le tableau original
2	1,8 (journée partiellement nuageuse)	production plus faible
3	0,5 (journée très pluvieuse)	production quasi nulle

1. Calculez l'énergie journalière produite (E_{PV}) pour chaque jour à l'aide de la relation approchée :

$$E_{PV} = P_c \times E_{ns} \times \eta_{global}$$

2. En supposant que la batterie commence le premier jour avec un SOC de 90 %, calculez l'état de charge (SOC) à la fin de chaque journée.
3. Le système parvient-il à alimenter la charge pendant ces trois jours ? Si une décharge profonde survient (SOC < 30 %), quel jour a-t-elle lieu ?
4. **Proposition d'amélioration** : Si l'on souhaite éviter que le SOC ne descende sous les 30 % le troisième jour, quel serait le nombre de panneaux supplémentaires à installer ?

EXERCICE 5 : Optimisation de la Stratégie de Fonctionnement à l'aide d'un Modèle Prédictif

Utiliser un modèle simple de prévision de la production solaire pour prendre des décisions intelligentes de gestion de charge (Smart Load Management) dans un système sans batterie.

Une pompe d'irrigation de 5,5 kW (AC) est reliée à un champ solaire de 10 kWc sans batterie. Vous disposez des prévisions horaires du rayonnement pour le lendemain (données météo) :

<i>Heure</i>	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
<i>G (W/m²)</i>	120	350	600	850	900	750	450	200	50

Rendement global de conversion (DC/AC) = 0,85. Seuil de fonctionnement de la pompe : la puissance solaire doit dépasser 5,5 kW pour lancer la pompe, sinon celle-ci s'arrête automatiquement.

1. Calculez la puissance électrique produite (P_{AC}) pour chaque heure.
2. Déterminez les heures pendant lesquelles la pompe peut fonctionner en continu sans interruption.
3. Si vous devez irriguer un volume d'eau précis nécessitant 4 heures de fonctionnement, quel est le planning optimal ? Est-ce réalisable ?
4. Proposez une modification de conception (par exemple ajout d'un petit banc de condensateurs ou d'un volant d'inertie) pour faire fonctionner la pompe pendant le passage d'un nuage de 5 minutes.