

EXAMEN : Systèmes de conversion de l'énergie PV et éolienne

EXERCICE 1 (5 points) :

1. Calculez l'énergie (en eV) d'un photon de longueur d'onde $\lambda=600$ nm.
2. Un photon de longueur d'onde $\lambda=900$ nm peut-il générer de l'électricité dans une pérovskite dont le gap est $E_g=1,55$ eV ? Justifiez en une phrase.
3. Le coefficient d'absorption du silicium est $\alpha=10^4$ cm⁻¹. Calculez la profondeur de pénétration δ en micromètres (μ m).
4. Énoncez deux conditions essentielles qu'un matériau semi-conducteur doit remplir pour convertir la lumière en électricité dans une cellule photovoltaïque.
5. Dans une cellule solaire, un photon de 2,5 eV arrive sur du silicium ($E_g=1,12$ eV). Un courant est produit, mais la tension de la cellule n'est que d'environ 0,7 V.
En deux lignes : où va l'énergie excédentaire ? Pourquoi ne se transforme-t-elle pas en tension électrique?

EXERCICE 2 (5 points) :

Données communes à tout l'exercice :

- Besoin journalier des charges: $E_c=9\ 130$ Wh/j
- Tension du système : 48 V DC
- Panneau utilisé : 350 Wc, $V_{mpp}\approx 35$ V, $I_{mpp}\approx 10$ A
- Irradiation journalière minimale (décembre) : 3,9 kWh/m²/j
- Coefficient de pertes globales : $K=0,6$
- Batterie : 48 V / 1 000 Ah (C20), profondeur de décharge maximale DOD=60%
- Consommation journalière du système final (avec pertes) : 12,7 kWh/j

1. Calculez la puissance crête P_c (en Wc) nécessaire pour couvrir le besoin journalier en décembre.
2. Calculez le nombre de jours complets d'autonomie qu'offre le parc batteries sans apport solaire, en limitant la décharge au DOD maximal autorisé.
3. On souhaite réaliser un banc 48 V / 1 000 Ah avec des batteries unitaires de 12 V / 200 Ah. Combien de batteries sont nécessaires et comment doivent-elles être câblées (nombre en série, nombre en parallèle) ?
4. Proposez un câblage (nombre de panneaux en série par string et nombre de strings en parallèle) pour un champ de 12 panneaux (350 Wc, $V_{mpp}\approx 35$ V) connecté à un régulateur MPPT chargeant la batterie 48 V, Le régulateur MPPT accepte une tension d'entrée de 90 à 120 VDC. Justifiez en une phrase.

5. Expliquez pourquoi, dans un système photovoltaïque autonome avec batteries, il est indispensable de dimensionner la puissance crête en se basant sur l'irradiation du mois le plus défavorable (décembre) plutôt que sur la moyenne annuelle. Quelle conséquence pratique un sous-dimensionnement aurait-il sur la durée de vie des batteries ?

EXERCICE 3 (5 points) :

Données :

- Masse volumique de l'air : $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
1. Une éolienne possède un rotor de diamètre 80 m . La vitesse du vent est $V = 8 \text{ m/s}$. Calculez la puissance totale disponible dans le vent (en MW).
 2. Sur un second site (*site B*), la vitesse moyenne du vent est de 10 m/s pour le même rotor de 80 m de diamètre. Calculez combien de fois la puissance disponible sur le site *B* est supérieure à celle du site *A* (8 m/s).
 3. Le coefficient de performance de l'éolienne précédente (diamètre 80 m , vent 8 m/s) est $C_p = 0,48$. Calculez la puissance mécanique maximale que le rotor peut extraire du vent (en MW).
 4. Une mesure de vent à 10 m de hauteur donne $V_1 = 6 \text{ m/s}$. L'exposant de cisaillement pour un terrain agricole ouvert est $\alpha = 0,19$. Calculez la vitesse du vent estimée à 100 m de hauteur.
 5. Expliquez en quelques phrases pourquoi une éolienne ne peut pas extraire 100 % de l'énergie cinétique du vent. Citez la limite physique correspondante, sa valeur maximale, et mentionnez au moins une autre source de perte dans la chaîne de conversion.

EXERCICE 4 (5 points) : Questions de cours

1. Quel est le phénomène physique sur lequel repose la cellule solaire ?
2. Quel est l'effet de l'accumulation de poussière sur les panneaux sur la production électrique ?
3. Que représente pratiquement la résistance R_p ou R_{sh} dans les modèles de cellule ?
4. Comment l'augmentation de l'irradiance (G) influence-t-elle le courant de court-circuit ?
5. Indiquez la fonction principale du régulateur de charge solaire.
6. Pourquoi n'est-il pas recommandé de décharger les batteries au plomb jusqu'à 100 % de leur capacité ?
7. Quelle est la source primaire de l'énergie éolienne ?
8. Quelle est la cause principale de la formation du vent à la surface de la Terre ?
9. Quel est le principal avantage de l'éolien en mer (offshore) par rapport à l'éolien terrestre ?
10. Quelle est la fonction du multiplicateur (boîte de vitesses) dans une éolienne ?

Bon courage