



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**



UNIVERSITE L'ARBI BEN M'HIDI OUM EI BOUAGHI
INSTITUT DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT RESEAUX ET TELECOMMUNICATIONS

2^{ème} Année Master " Systèmes Réseaux & Télécommunications "

Année Universitaire 2025/2026

Réseaux énergétiques intelligents

Examen (Durée 1h 30min)

Questions de cours (06 pts)

1. Expliquez le système photovoltaïque Autonome? (02)
2. Quel est le rôle d'un régulateurs MPPT ? Expliquez ? (02)
3. Expliquez les mots suivant des batteries : **La durée de vie**, **Etat de charge (SOC : State of charge)**, **la profondeur de décharge (DoD : Depth of Discharge)**, **une batterie « 54 Ah - C100 »**, **cycle** ? (02)

Exercice 1 (05 pts)

On dispose d'une batterie au plomb fournissant une tension de 24 V et possédant une masse de 3 kg. Elle a une énergie massique de 900 J.kg⁻¹ (900 joules par kilogramme).

1. Quelle est la réserve énergétique de la batterie en Joules ? (01)
2. Quelle est la capacité de la batterie en A.h puis en C ? (01)
3. Quelle est l'autonomie de la batterie lorsqu'elle alimente une résistance R de 1 kΩ ? (01)
4. Quelle doit être la résistance de la charge pour avoir une autonomie de 4 h ? (01)
5. Quelle est l'autonomie de la batterie lorsqu'elle alimente une charge consommant un courant de 60 mA ?(01)

Exercice 2 (09pts)

I. Soit le tableau suivant :

- 1.Définir chaque paramètre du panneau solaire 60W-17.2V. (02)
- 2.Tracer les courbes de $I=f(V)$ et $P=f(V)$, et représenter sur les courbes les paramètres du panneau solaire 60W-17.2V (01)
3. Dessiner le schéma électrique de cellule solaire ? (01)
4. Nous voudrions alimenter une charge de 500 W et un courant de 10 A:
 a. Combien de panneaux solaires montés en série et/ou en parallèle pour alimenter cette charge ? (01)
 b. tracer le schéma par une charge résistive ? (05)

Parameters	60W-17.2V
I_{sc} (A)	4.2
V_{oc} (V)	21.6
I_{mp} (A)	3.48
V_{mp} (V)	17.2
N_{cell}	36
I_{ph}	4.2628
I_0	$2.6836e-10$
a	1.0018
R_{sh}	31.0659
R_s	0.4648

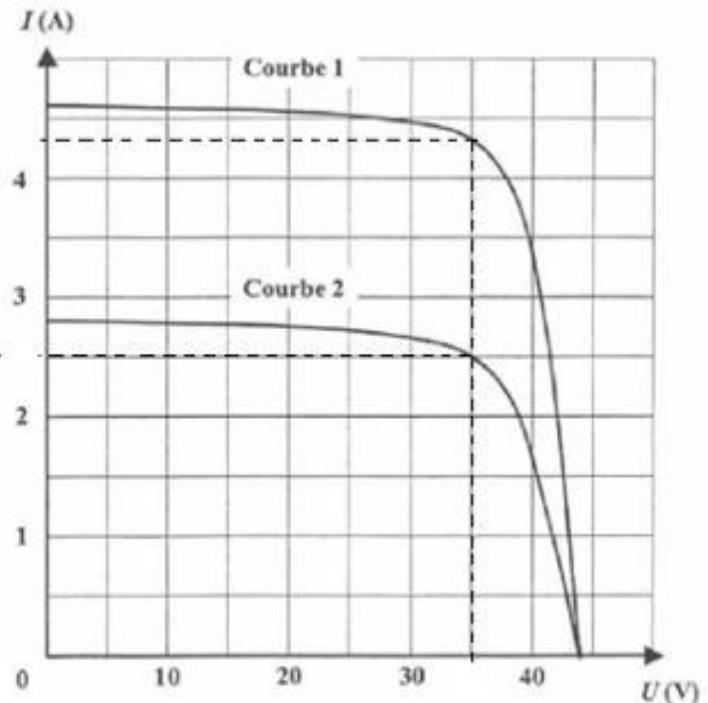
II. Les caractéristiques I-V d'un panneau solaire, pour deux ensoleillements différents sont représentées sur la figure suivante:

A-Etude dans le cas d'un ensoleillement optimal (courbe 1):

- 1) Déterminer la valeur de la tension à vide 'circuit-ouvert' du panneau ? (0.5)
- 2) Déterminer l'intensité du courant de court-circuit du panneau ? (0.5)
- 3) Déterminer la puissance électrique fournie par le panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V: (0.5)
- 4) En déduire l'énergie électrique produite en 10 heures d'ensoleillement (0.5)

B- Etude dans le cas d'un ensoleillement plus faible (courbe 2):

1. Déterminer la puissance électrique fournie par ce panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V (0.25)
2. Pour disposer de puissance suffisante pour alimenter une maison, il faut associer plusieurs panneaux. Quelle est l'intérêt d'une association en série et en parallèle? (0.5)
3. La puissance maximale délivrée par chaque panneau vaut 150 W. L'installation doit pouvoir fournir une puissance égale à 2100W.
 - a) Combien de panneaux faut-il utiliser ? (0.25)
 - b) La tension de fonctionnement nominal d'un panneau à puissance maximale est égale à 35 V. L'installation doit délivrer une tension de 70 V. Comment associer ces panneaux ? répondre par un schéma ? (01)



Questions de cours

1. Expliquez le système photovoltaïque Autonome?

Le premier des 2 types de systèmes photovoltaïques est le **système solaire autonome**, ou **système en îlot**, c'est un type d'installation photovoltaïque qui n'est pas connecté au réseau électrique national, mais qui est connecté à un système autonome de stockage d'énergie – **batteries électriques** – qui stockent l'électricité produite par l'installation et la restituent aux utilisateurs au moment où ils en ont besoin **Voir Figure**.

Les éléments typiques d'un système autonome sont les suivants :

- champ photovoltaïque ;
- Convertisseur DC-DC et DC-AC (boost +onduleur)
- accumulateur ;
- régulateur de charge
- utilisateur.



2. le rôle d'u régulateurs MPPT

Un régulateur MPPT est un convertisseur électronique DC/DC qui **optimise** en permanence les paramètres électriques de fonctionnement entre les 3 systèmes suivants :

- Le système photovoltaïque (constitue de un ou plusieurs panneaux solaires)
- Le dispositif batterie (compose d'une ou plusieurs batteries)
- Les applications utilisant l'énergie (moteur, pompe, éclairage, réfrigérateur, ...etc.)

2.1 Explication

Optimisation

- La majorité des panneaux solaires sont conçus pour produire, en théorie, un courant ayant une tension nominale de 12 Volts. En réalité la plupart de ces panneaux peuvent produire un courant dont la tension varie entre 16 Volts à 36 Volts.
- Le problème réside dans le fait qu'une batterie fonctionne généralement avec une tension nominale de 12 Volts. Plus précisément entre 10,5 Volts et 12,7 Volts en fonction de son état de charge. Une batterie, lorsqu'elle est en charge, a besoin de 13,2 Volts à 14,2 Volts pour pouvoir se recharger complètement.
- Ces valeurs sont sensiblement différentes des valeurs nominales produites par la plupart des panneaux solaires photovoltaïques.

Exemple pratique

- Considérons un panneau qui produit 60 Watts sous une intensité 3,48 Ampères et une tension de 17,2 Volts, La puissance délivrée sera $P = U.I = 3,48 \times 17,2 = 60$ Watts Or, la batterie se charge sous une tension de 12 Volts et absorbe une puissance $P = 3,48 \times 12 = 42$ Watts... et non 60 Watts.
- Les 18 Watts manquants ne sont pas partis dans la nature. Ils n'ont tout simplement pas été produits par le panneau. En effet, le panneau et la batterie ne se sont pas cales de façon « intelligente » de manière à fonctionner correctement ensemble (configuration optimale).

2. Expliquez les mots suivant des batteries : La durée de vie, Etat de charge (SOC : State of charge), la profondeur de décharge (DoD : Depth of Discharge), une batterie « 54 Ah - C100 », cycle ?

La durée de vie : La durée de vie d'une batterie (nb de charge/décharge) dépend de la profondeur de décharge récurrente qu'elle atteint.

Plus la profondeur de décharge finale est importante, moins longue sera la durée de vie d'une batterie. Pour chaque utilisation il faut trouver le bon compromis entre la profondeur de décharge acceptable, le besoin en énergie et la durée de vie.

Etat de charge (SOC : State of charge) : Une autre manière pour situer où en est une batterie est d'indiquer l'état de charge ou "state of charge", SOC en anglais.

Ce terme est universellement utilisé. Le SOC est une indication sur le niveau de charge d'une batterie. L'indication est donnée en pourcentage. C'est ce qu'affiche, par exemple, un moniteur de batterie.

Il est important de comprendre que l'Etat de charge de la batterie est l'opposé de la profondeur de décharge. Donc, faites bien attention de ne pas confondre la DoD et le SOC.

Une DoD de 35% correspond à un SOC de 65%.

La profondeur de décharge (DoD : Depth of Discharge) : Vous avez noté que la durée de vie d'une batterie est exprimée en nombre de cycles. Cette valeur est toujours accompagnée de la condition de la profondeur de décharge. Qu'est ce que cela signifie ?

La Profondeur de décharge est et indique le stade de décharge de la batterie.

Si la batterie est pleine, elle est à 0% de décharge.

Si la batterie est un peu déchargée, cela pourrait être, par exemple, 20% de profondeur de décharge.

Si la batterie est vide, c'est 100% de profondeur de décharge.

Nous parlons de « profondeur de Décharge ou en anglais, "Depth of Discharge" ou DoD.

Une batterie « 54 Ah - C100 » : une batterie « 54 Ah - C100 », cela signifie qu'elle a une capacité Q = 54 Ah pour une courant potentiellement de 0,54 A (54Ah/100) pendant 100 heures

Cycle : Une charge et une décharge constituent un cycle. En solaire, un cycle s'entend par 24 heures.

Exercice 1 (05 pts)

On dispose d'une batterie au plomb fournissant une tension de 24 V et possédant une masse de 3 kg. Elle a une énergie massique de 900 J.kg⁻¹ (900 joules par kilogramme).

1. **Quelle est la réserve énergétique de la batterie en Joules ?**

$$3 \times 900 = 2700 \text{ J}$$

2. **Quelle est la capacité de la batterie en A.h puis en C ?**

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \text{ donc } E(\text{wh}) = 2700 / 3600 = 0.75 \text{ wh}$$

$$\text{On a } Q = E/U = 0.75 / 24 = 31.5 \text{ mA.h}$$

$$Q = 31.5 \text{ mA.h} \times 3600 = 112.5 \text{ C}$$

3. **Quelle est l'autonomie de la batterie lorsqu'elle alimente une résistance R de 1 kΩ ?**

$$24 / 1 = 24 \text{ mA donc autonomie est } 31 / 24 = 1.29 \text{ h} = 1.29 \times 60 \times 60 = 4650 \text{ s} = 1 \text{ h et 17 min}$$

4. **Quelle doit être la résistance de la charge pour avoir une autonomie de 4 h ?**

$$I = \text{capacité} / \text{autonomie} = 0.031 / 4 = 0.00775 \text{ donc } R = 24 / 0.00775 = 3.1 \text{ k}\Omega$$

5. **Quelle est l'autonomie de la batterie lorsqu'elle alimente une charge consommant un courant de 60 mA ?**

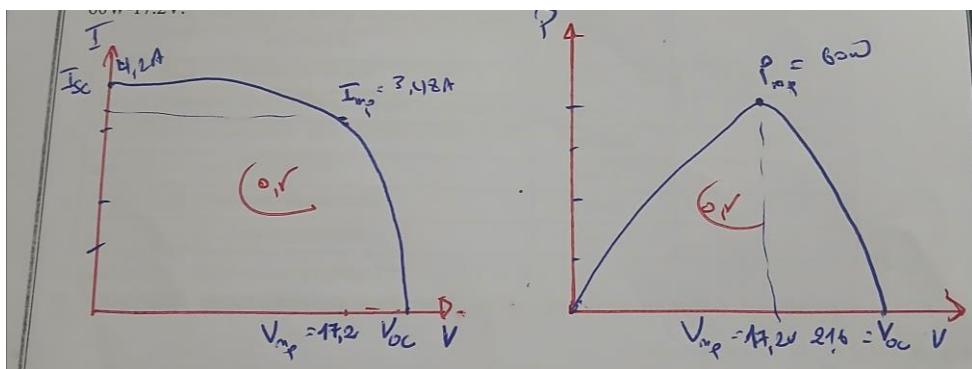
$$\text{Autonomie} = 31 / 60 = 0.5 \text{ h} = 30 \text{ min}$$

Exercice 2 (09pts)

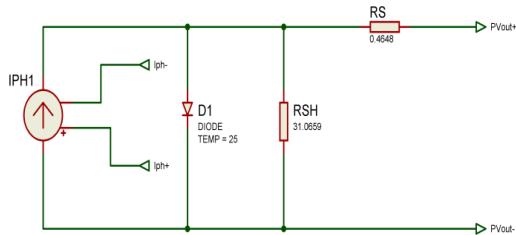
I. Soit le tableau suivant :

1. Définir chaque paramètre du panneau solaire 60W-17.2V. Voir le tableau ci-dessous

2. Tracer les courbes de $I=f(V)$ et $P=f(V)$, et représenter sur les courbes les paramètres du panneau solaire 60W-17.2V.



3. Dessiner le schéma électrique de cellule solaire ?



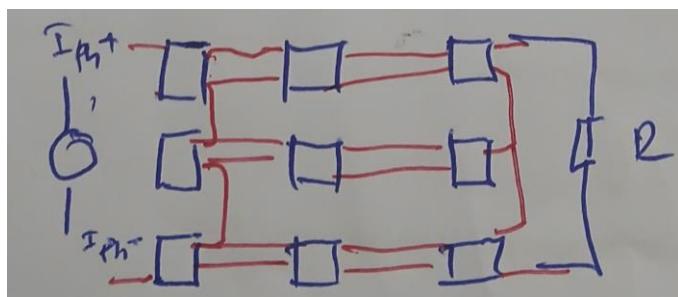
4. Nous voudrions alimenter une charge de 500 W et un courant de 10 A :

a. Combien de panneaux solaires montés en série et/ou en parallèle pour alimenter cette charge ?

Trois en parallèle et trois en série

Donc neuf panneaux solaire

b. tracer le schéma par une charge résistive ?



Parameters	60W-17.2V	Explication
I_{sc} (A)	4.2	Currant en circuit fermé
V_{oc} (V)	21.6	Tension en circuit ouvert
I_{mp} (A)	3.48	Curant dans la valeur optimal ou la puissance de panneau est maximale
V_{mp} (V)	17.2	tension dans la valeur optimal ou la puissance de panneau est maximale
N_{cell}	36	Nombre de cellule
I_{ph}	4.2628	L'éclairement de panneau solaire qui représente 100W/m ²
I_0	2.6836e-10	
a	1.0018	
R_{sh}	31.0659	Résistance en parallèle
R_s	0.4648	Résistance en sérié

II. Les caractéristiques I-V d'un panneau solaire, pour deux ensoleillements différents sont représentées sur la figure suivante:

A-Etude dans le cas d'un ensoleillement optimal (courbe 1):

1) Déterminer la valeur de la tension à vide 'circuit-ouvert' du panneau ?

$$V_{OC}=44V$$

2) Déterminer l'intensité du courant de court-circuit du panneau ?

$$I_{sc}=4.6A$$

3) Déterminer la puissance électrique fournie par le panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V:

On a selon le graphe I_{mp} dans 35V

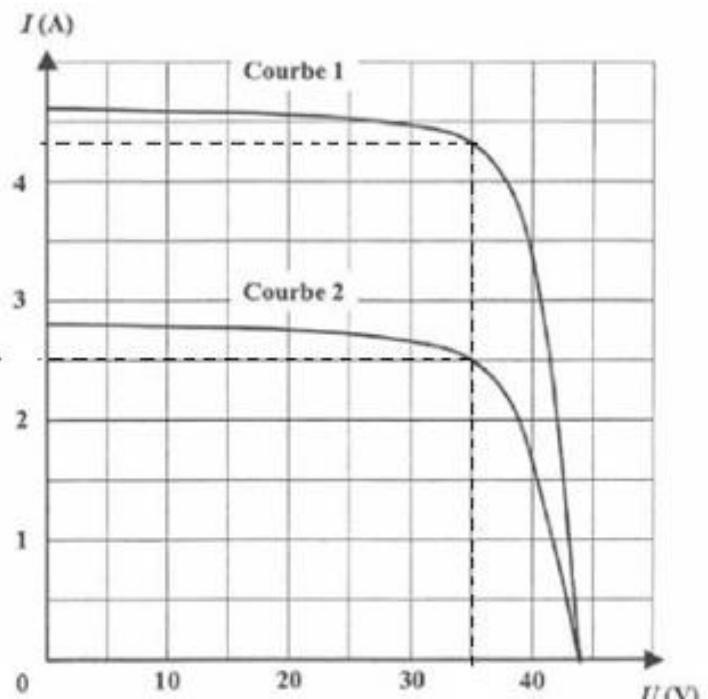
$$I_{mp}=4.3A$$

$$P=V*I=35*4.3=150.5W$$

4) En déduire l'énergie électrique produite en 10 heures d'ensoleillement

$$E=P*t=150.5*10=1505Wh$$

B- Etude dans le cas d'un ensoleillement plus faible (courbe 2):



- 4. Déterminer la puissance électrique fournie par ce panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V**

On'a dans $V=35V$ le courant est $I=2.5A$

$$P=V*I=35*2.5=87.5W$$

- 5. Pour disposer de puissance suffisante pour alimenter une maison, il faut associer plusieurs panneaux.**

Quelle est l'intérêt d'une association en série et en parallèle?

Association en série pour augmenter la tension

Association en parallèle pour augmenter le courant

- 6. . La puissance maximale délivrée par chaque panneau vaut 150 W. L'installation doit pouvoir fournir une puissance égale à 2100W.**

- a) **Combien de panneaux faut-il utiliser ?**

On'a $2100/150=14$ panneaux solaire

- b) **La tension de fonctionnement nominal d'un panneau à puissance maximale est égale à 35 V. L'installation doit délivrer une tension de 70 V. Comment associer ces panneaux ? répondre par un schéma ?.**

