

Spécialité EE	Energie photovoltaïque	STI2D
Dimensionnement d'une installation photovoltaïque en site isolé		

Partie 1 cours :

1.1°) Citer les **3 types** d'installations photovoltaïque existantes.

.....

1.2°) Donner les **3 conditions** standard de qualification de la **norme STC**.

.....

1.3°) À partir du tableau des caractéristiques du panneau solaire **SP75 DT1**, **indiquer** la valeur de la tension V, du courant I et de la puissance P au point de fonctionnement de puissance maximum (MPP : maximum power point) pour les conditions STC.

V = I = P =

Reporter sur le document réponse **DR1 ce point de fonctionnement**.

1.4°) Quels sont les constituants d'une installation **raccordé au réseau**. A quoi servent-ils ?

.....

1.5°) Pourquoi dans un panneau photovoltaïque associe t on les cellules en série ?

.....

1.6° Pourquoi dans un panneau photovoltaïque associe t on les cellules en parallèle ?

.....

1.7°) Quels sont les paramètres qui ont une incidence sur la production d'énergie photovoltaïque ?

-
-
-
-
-

1.8°) Citer au moins 3 technologies de panneaux photovoltaïque ?

-
-
-

Partie 2 étude :

Dimensionnement en site isolé d'une tour guet contre les incendies de forêts.

2.1°) **Préciser** la valeur de l'irradiance E (puissance solaire reçue par unité de surface) pour les conditions STC.

Déterminer la puissance solaire reçue par un panneau.

En déduire le rendement η de ce panneau pour les conditions STC.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2.2°) **Compléter** sur le document **DR1**, le tableau en indiquant la puissance et l'énergie consommée de chacun des récepteurs. **/ 3 pts**

Sachant que la tension en sortie du régulateur est de 12 V, **déterminer** la valeur du courant Is absorbé et l'énergie total consommée lorsque tous les consommateurs en sortie du régulateur fonctionnent.

2.3°) A l'aide des documents **DT1** et **DT2 et DT4**, calculer le nombre de panneaux photovoltaïque et batteries.

Besoin journalier : **271,7 W** pendant une moyenne de 4,16 h / jour **/ 6 pts**

Gisement solaire en gironde : $E_{sol} = 4 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ Autonomie : **3 jours** sans soleil

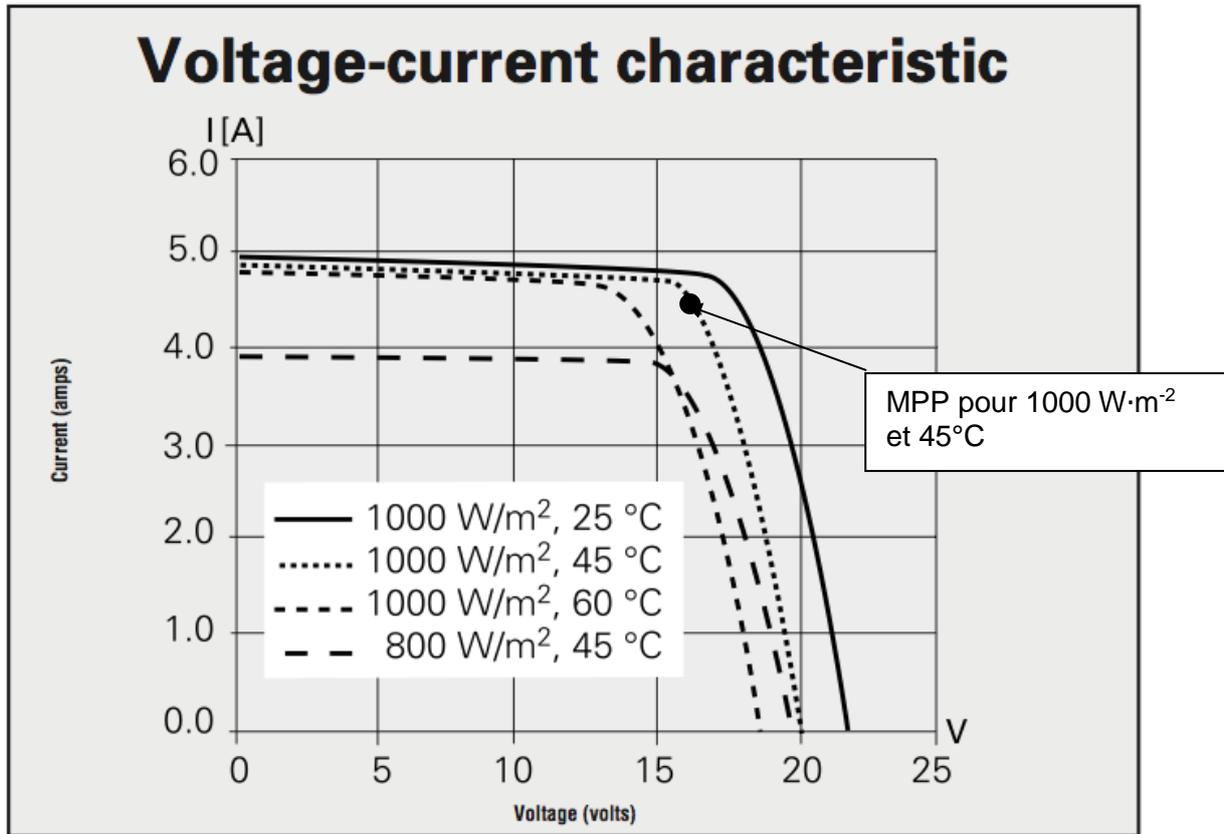
Compléter le DR 2.

2.4°) A l'aide des documents **DT3** et **DT4** choisir le régulateur et indiquer sa référence. **/ 1 Pt**

.....
.....

Point de fonctionnement du panneau solaire

Question 1.3°)



Question 2.2°)

Récepteur	NB	P en W	P total en W	Heures par jour	Wh·jour ⁻¹
Eclairage					
Cabine	1	11	.....	8	.....
Périphérie cabine	4	5	.....	0,5	.....
Seuils escalier	12	5	.....	0,5	.....
Equipements					
PC 240 V	1	100	.....	0,5	.....
Onduleur	1	2,7	.....	24	.....
Autres récepteurs					
Radio (en émission)	1	48	.....	4	.....
Radio (en veille)	1	6	.....	20	.....
Réfrigérateur	1	40 (-40 %)	.....	24	.....
Total		X	.....	X	.....
Valeur du courant I_s absorbé = A					

Question 2.3°)

Caractéristiques du panneau d'après documentation : $V_{mpp} = \dots\dots\dots$, intensité à puissance max $I_{mpp} = \dots\dots\dots$, **coefficient de perte 0,8**.

Pour la suite $I_{mpp} = I_{p_{max}}$

Energie nécessaire par jour en Watt.heure :

$E_{Wh} = \dots\dots\dots$

Equivalence en Ah sous **12V** :

$E_{i_{total}} = \dots\dots\dots$

Un seul panneau est capable de délivrer $\dots\dots\dots$ A à sa puissance maximale.

Un panneau devra donc délivrer :

$E_{i_{panneau}} = \dots\dots\dots$

Il faudra donc $\dots\dots\dots$ panneaux car :

$N_{panneaux} = \dots\dots\dots$

Pour délivrer le courant souhaité mais sous une tension de **12V** il faudra donc en réalité :

$\dots\dots\dots$ panneaux qui seront câblés de la façon suivante :

Compléter et représenter le câblage ci-dessous :



Batterie : $R_T = 0,7$ et $P_D = 0,9$

$C = \dots\dots\dots$

Soit une capacité totale de $\dots\dots\dots$ ce qui se traduit avec des batteries de $\dots\dots\dots$ Ah **12V** par un nombre de batteries égal à :

$N_{batteries} = \dots\dots\dots$

Pour délivrer le courant souhaité, mais sous une tension de **12V** il faudra donc en réalité :

$\dots\dots\dots$ batteries qui seront câblés de la façon suivante :

Compléter et représenter le câblage ci-dessous :





Caractéristiques du module solaire SP75 de SIEMENS en configuration 12 V	
Tension de référence du panneau	12 V
P_{max} Puissance maximum dans les conditions STC (Standard Test Conditions)	75 W
IMPP Courant au point de fonctionnement de puissance maximum (MPP : Maximum Power Point)	4,4 A
VMPP Tension au point de fonctionnement de puissance maximum (MPP : Maximum Power Point)	17,6 V
ISC Courant de court-circuit (SC Short Circuit)	4,8 A
V_{oc} Tension en circuit ouvert (OC Open Circuit)	21,7 V
Température normale de fonctionnement des cellules	45 °C
Hauteur du panneau	1200 mm
Largeur du panneau	533 mm



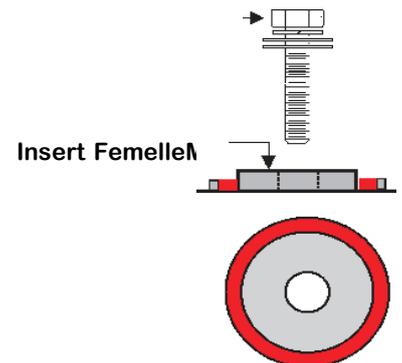
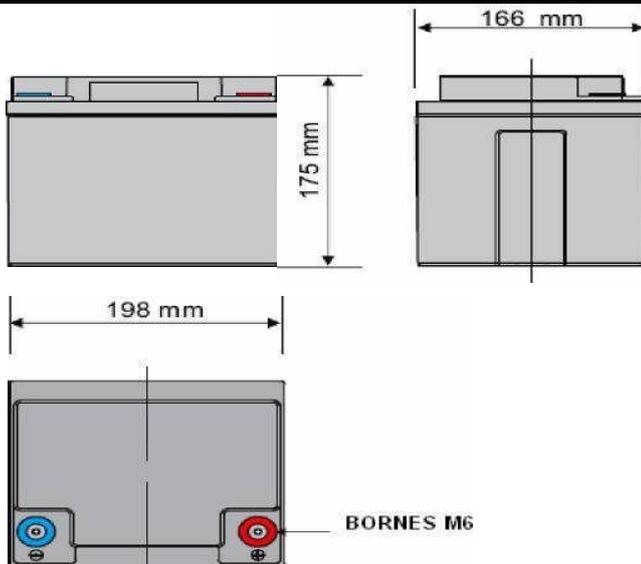
GL 12- 45



BATTERIE ETANCHE VRLA GEL - TECHNOLOGY

CARACTERISTIQUES MECANIQUES PHYSICAL SPECIFICATIONS

TENSION NOMINALE / NOMINAL VOLTAGE		12 V
CAPACITE / NOMINAL CAPACITY (20HR)		42 Ah
DIMENSIONS	Longueur / <i>Length</i>	197 mm
	Largeur / <i>Width</i>	168 mm
	Hauteur / <i>Total Height (with terminal)</i>	170 mm
MASSE / WEIGHT		15 Kg
Densité de l'électrolyte		1,28
Bac et COUVERCLE		ABS
POIGNEES DE TRANSPORT		OUI / YES
TYPE DE BORNE / STANDARD TERMINAL		Insert femelle M6 / Female insert M6
COUPLE DE SERRAGE / CLAMPING TORQUE		6 Nm



CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES ELECTRICAL SPECIFICATIONS

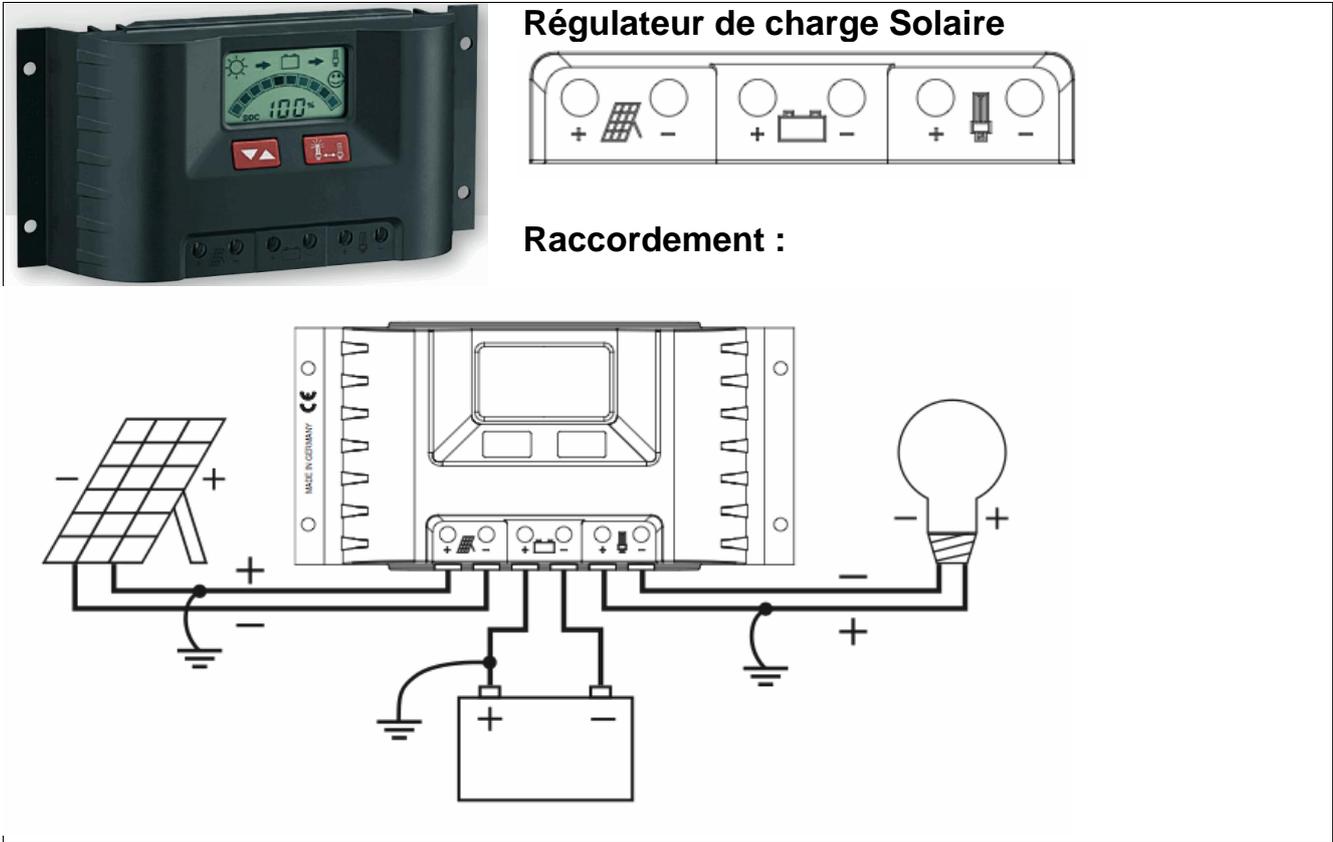
CAPACITE / RATED CAPACITY <i>1,75 V/élément - 1,75 V/cell</i>	100 Hour rate	46,5 Ah
	20 hour rate	42,0 Ah
	5 hour rate	32,5 Ah
INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA CAPACITE / CAPACITY AFFECTED BY TEMPERATURE	40°C (104°F)	109%
	20°C (68°F)	100%
	0°C (32°F)	78%
Resistance Interne/ Internal Resistance	6milliohms (25°C, 77°F) batterie chargée - Fully charged battery	
INTENSITE Max / CCA - 18°C	260 Amp	
INTENSITE Max / CCA - 0°C	350 Amp	
Courant de Court-circuit	1 700 A	
AUTODECHARGE - Self discharge	Moins de 0,1% par mois à 20°C	
T° d'utilisations	-15°C à +50°C	
Courant Max de charge / Max charging current		0,25 C20
Tension de charge / Charging voltage	Floating	2,27 V/elt à 20°C
	Cyclage	2,40 V/elt à 20°C

CERTIFICATIONS

UL: BS6290 Part4 - EUROBAT - I EC 60896-21/22-2004

TRANSPORTS

N° ONU 2800 Non soumis réglementation transport matières dangereuses- IATA - IMDG Disposition A67



Régulateur de charge Solaire

Raccordement :

Caractéristiques communes de la gamme	
Tension de service	12 V ou 24 V reconnaissance automatique
Zone de tension 12 V	6,9 V – 17,2 V
Zone de tension 24 V	17,3 V – 43 V
Températures de service tolérées	-10 °C à +50 °C
Températures de service tolérées	-20 °C à +80 °C
Autoconsommation mA	12,5 mA
PWM-Fréquence de modulation d'impulsions en largeur	30 Hz
Tension d'entrée maximale	< 47 V
Tension de batterie minimale	6,9 V

TABLEAU DE CHOIX DES REGULATEURS DE LA GAMME

Modèle	Courant en A			
	PR1010	PR1515	PR2020	PR3030
Courant maximal de panneau à température constante de 25 °C	10	15	20	30

Dimensionnement d'un système photovoltaïque en site isolé

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque suit une démarche par étapes que l'on peut résumer comme suit :

- E1 : Détermination des besoins de l'utilisateur : tension, puissance des appareils et durée d'utilisation ;**
- E2 : Chiffrage de l'énergie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation géographique ;**
- E3 : Définition des modules photovoltaïque : tension de fonctionnement, technologie, puissance totale à installer**
- E4 : Définition de la capacité de la batterie et choix de la technologie ;**
- E5 : Choix d'un régulateur ;**
- E6 : Plan de câblage ;**

Etape 1 : Évaluation des besoins

L'énergie est le produit de la puissance par le temps $E=P \times t$.

Comme un système photovoltaïque fournit son énergie le jour, il est naturel de prendre la période de 24 heures comme unité de temps. Pratiquement, on peut se servir du tableau suivant :

Appareil	Nombre	Tension	Puissance	Durée d'utilisation/jour	Consommation journalière
----------	--------	---------	-----------	--------------------------	--------------------------

La consommation journalière peut également se chiffrer en Ah, de préférence lorsque tous les appareils fonctionnent sous la même tension.

Etape2 : Energie solaire récupérable

La position des modules photovoltaïque par rapport au soleil influe directement sur leur production énergétique. Il est très important de bien les placer pour utiliser au maximum leurs possibilités. On appelle orientation le point cardinal vers lequel est tournée la face active du panneau (Sud, Nord, Sud-Ouest...). Quant à l'inclinaison, elle indique l'angle que fait le panneau avec le plan horizontal, elle se compte en degrés.

L'orientation d'un module photovoltaïque obéit à une règle très simple : vers l'équateur ? Ce qui donne :

- Orientation vers le Sud dans l'hémisphère Nord.
- Orientation vers le Nord dans l'hémisphère Sud.

En ce qui concerne l'inclinaison ; pour des applications qui consomment une énergie quasi-constante tout au long de l'année, il faut optimiser la production pour la période la moins ensoleillée (l'hiver). Les panneaux doivent donc pouvoir récupérer l'énergie d'un soleil dont la hauteur est faible. Il en résulte qu'en Europe par exemple, pour une utilisation annuelle, l'inclinaison idéale est environ égale à la latitude du lieu + 10° (pour une orientation sud).

Etape 3 : Définition des modules photovoltaïques

Production électrique d'un module en une journée

Un module photovoltaïque se caractérise avant tout par sa puissance crête P_c (W), puissance dans les conditions **STC** , si le module est exposé dans ces conditions STC, il va produire à un instant donné une puissance électrique égale à cette puissance crête, et si cela dure N heures, il aura produit pendant ce laps de temps une énergie électrique $E_{elec} = N \times P_c$.

Mais le rayonnement n'est pas constant pendant une journée d'ensoleillement, donc on ne peut pas appliquer strictement cette loi. Encore un calcul erroné couramment répandu : le panneau produit 50 Wc , donc pendant une journée qui dure 10h, il produira 500Wh ! C'est oublié que le rayonnement au cours de cette journée est loin d'être égal à 1000 W/m² en permanence ! Rappelons en effet qu'à cette valeur normalisée de 1000 W/m² correspond un rayonnement solaire intense.

Afin de calculer ce que produit un module photovoltaïque pendant une journée d'ensoleillement caractérisée par un facteur d'ensoleillement en Wh/m².jour, on va assimiler cette énergie solaire au produit du rayonnement instantané 1000 Wh/m² par un certain nombre d'heure que l'on appelle nombre d'heures équivalentes :

$$E_{sol} = N_{eq} * 1000$$

Donc, pour obtenir la production du module photovoltaïque pendant une journée, on va multiplier la puissance crête du panneau par le nombre d'heures équivalente de cette journée :

$$E_{elec} = N_{eq} * P_c$$

E_{elec} : Energie électrique produite dans la journée (Wh/jour)

N_{eq} : Nombre d'heures équivalentes (h/jour)

P_c : Puissance crête (W)

$$D'où E_{sol} = E_{elec} / P_c$$

Mais le calcul qu'on vient de faire n'est vrai que pour un panneau isolé, dans des conditions idéales. Il ne tient pas compte des pertes inévitables d'un système complet dans les conditions réelles. Il convient d'ajouter un coefficient de pertes C_p celui-ci varie entre 0,65 et 0,9 selon les cas.

Le calcul pratique de la production d'un module photovoltaïque devient donc en termes de courant :

$$E_{elec} = E_{sol} * I_m * C_p = (E_{elec} / P_c) * I_m * C_p = (E_{elec} / U) * C_p$$

E_{elec} : Energie électrique produite dans la journée (Ah/jour)

E_{sol} : Ensoleillement journalier (kWh/m² .jour)

I_m : Courant à la puissance maximale STC du module (A)

C_p : Coefficient de pertes en courant.

U : tension nominale du panneau

Exemple de calcul :

• **Station de 650W :**

• Un site qui demande une puissance de **650 W** , aura un besoin journalier (24h) en énergie (Wh) égale à :

$$E = 650 * 24 = 15600 \text{ Wh}$$

• En termes d'Ah, la consommation devient (sachant qu'on travaille sous 48V):

$$C = 15600 / 48 = 325 \text{ Ah}$$

• Pour calculer la charge électrique produite par un panneau solaire pendant une journée on aura besoin de l'ensoleillement et du coefficient de pertes ; on suppose que l'ensoleillement le plus défavorable au Maroc est de 4.129 kWh/m² .jour, et que le coefficient de perte est de 0.95 :

$$E_{elec} = 4,129 * 7,39 * 0,95 = 28,99 \text{ Ah}$$

Il nous faudra donc un nombre de panneaux solaires **en parallèle** (puisque c'est l'Ah) égale à $N = E(325/28,99) + 1$, soit un nombre de panneaux solaires de **N=12**.

Or, Chaque panneau solaire délivre une tension de 12V, on aura donc besoin de quatre panneaux pour chaque série pour atteindre la tension de 48V : le total des panneaux solaires est donc : $4 * 12 = 48$ **panneaux solaires**

Etape 4 : Dimensionnement de la capacité de la batterie

La capacité nominale d'une batterie est donnée généralement pour une décharge en 20h (notée C 20) à la température de 25°C .

La capacité nécessaire pour un fonctionnement de N_{ja} jours et un besoin électrique journalier de B_j est de :

$$C_u = N_{ja} * B_j$$

Cette capacité utile n'est pas la capacité nominale C 20 , mais la capacité réellement disponible sur le terrain à tout moment. Pour calculer la capacité nominale en fonction de cette capacité souhaitée, on doit donc tenir compte de la température et/ou de la profondeur de décharge utilisée.

Profondeur de décharge (P_D) :

Une batterie ne doit pas être déchargée en dessous d'un certain seuil, sinon on risque de l'endommager.

Une batterie pleine à 70% est à une profondeur de décharge de 30% ($P_D = 0,3$) .

En pratique, en absence de problème de basses températures, et pour un usage normal, on appliquera un coefficient $P_D = 0.7$ à 0.8 selon les modèles de batteries :

plutôt 0.7 pour les batteries qui supportent un faible nombre de cycles

plutôt 0.8 pour les batteries à fort nombre de cycles.

Si la batterie doit cycler davantage, on pourra diminuer P_D pour disposer d'une durée de vie supérieure. Au contraire, si la batterie a très peu de probabilité de se décharger on pourra prendre $P_D = 0.9$ et même 1.

Effet de la température (R T) :

Les changements de température affectent les capacités de la batterie : les réactions chimiques de charge et de décharge de l'accumulateur sont ralenties par le froid, ce qui a pour effet faire baisser la capacité de la batterie.

Pour tenir compte à la fois des phénomènes de température et de profondeur de décharge maximale, on calcule la capacité nominale comme suit :

$$C_{20} = \frac{C_u}{(R_T * P_D)} = \frac{(N_{ja} * B_j)}{(R_T * P_D)}$$

C_{20} : Capacité nominale (Ah)

N_{ja} : Nombre de jours d'autonomie sans apport solaire (jours)

B_j : Besoin journalier (Ah/jour)

R_T : Coefficient réducteur de la température.

P_D : Profondeur de décharge maximale autorisée.

Exemple de calcul :

• **Station de 650W :**

• Un site qui demande une puissance de **650 W** , aura un besoin journalier (24h) en énergie (Wh) égale à :

$$E = 650 * 24 = \mathbf{15600 \text{ Wh}}$$

• En termes d'Ah, la consommation devient (sachant qu'on travaille sous 48V):

$$C = 15600 / 48 = \mathbf{325 \text{ Ah}}$$

Donc, la capacité batterie en tenant compte du coefficient réducteur de la température et de la profondeur de décharge maximale autorisée, pour une autonomie de **7 jours** est :

$$C_{20} = \frac{(325 * 7)}{(0.8 * 0.9)} = \mathbf{3159.722 \text{ Ah}}$$

• Si on travaille avec des batteries de **350 Ah** :

*Il nous faudra donc un nombre de batteries **en parallèle** (puisque c'est l'Ah) égale à $N = 3159.722 / 350 = \mathbf{9}$ batteries de **48V en parallèle. Soit 9 branches parallèles de 4 batteries de 12V en série.***

Etape 5 : Choix du régulateur

Le choix du régulateur se fait en fonction de 3 critères :

- La tension de service d'entrée
- La tension **maximale** que peuvent fournir l'ensemble des panneaux photovoltaïques.
- Le courant **maximal** que peuvent fournir l'ensemble des panneaux photovoltaïques.