

TP XXX

Dimensionnement d'un système photovoltaïque

1 – Objectif et description générale de TP

L'objectif de ce TP est de choisir les composants d'une installation photovoltaïque, en vous basant sur le cahier des charges fourni par le client.

Pour cela, on met à disposition :

- le cahier des charges de l'installation, les manuels de conception... ;
- les schémas de l'installation et les documents constructeurs ;
- un ordinateur équipé du logiciel de conception RETSCREEN.

La finalité du TP est de

1. compléter le bilan des puissances et estimer la demande énergétique du site ;
2. calculer à partir du cahier des charges le nombre de panneaux, le nombre de batteries nécessaires ;
3. choisir la section des câbles reliant les panneaux à l'onduleur et ceux reliant l'onduleur à la batterie ;
4. compléter le schéma de l'installation ;
5. estimer le coût matériel de l'installation ;
6. valider votre conception avec le logiciel RETSCREEN.

2 – Mise en situation

Vous devez participer à la conception d'un système de génération électrique hybride destiné à une auberge d'altitude. Dans cette installation et comme l'illustre la figure 1, les récepteurs de faibles puissances sont alimentés par le système photovoltaïque, l'autre partie comprenant les éléments de fortes puissances est alimentée directement par groupe électrogène (G.E.).

L'élément central de l'installation est un onduleur-chargeur qui gère pratiquement tout le transfert de l'énergie électrique, à savoir :

- la charge des batteries à partir des panneaux ou du 230 V généré par le groupe électrogène.
- la conversion de la tension continue de la batterie en 230 V AC destiné aux récepteurs.

- la surveillance de l'état de charge des batteries et éventuellement le démarrage du groupe électrogène.

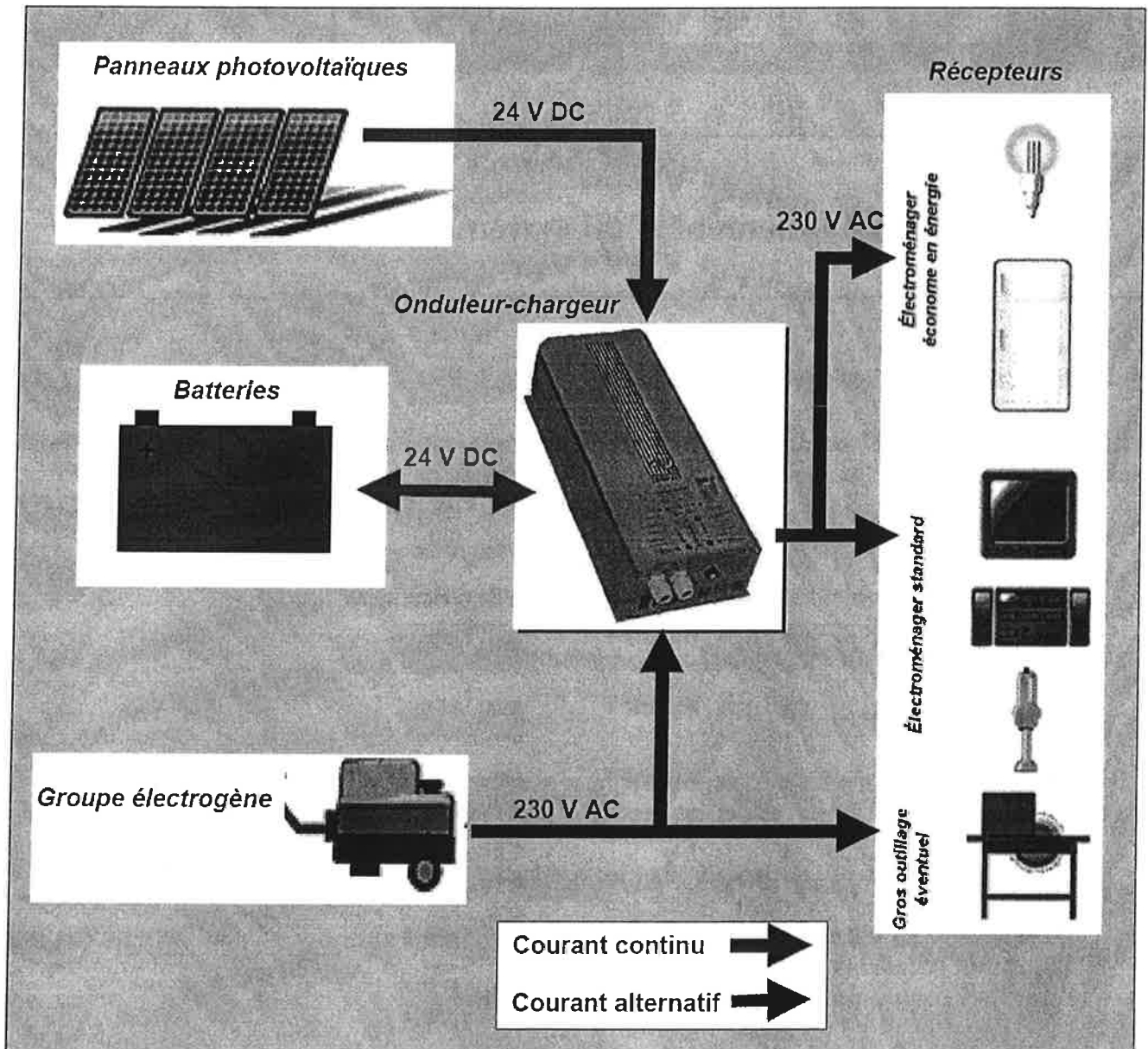


Figure 1 : Description de l'installation

Le bilan des puissances et énergies consommées par l'auberge est dressé par les tableaux qui suivent.



Récepteurs alimentés par onduleur					
Appareils	Nombre	Puissance unitaire	Fréquence ou durée d'utilisation quotidienne	Puissance	Energie
Tubes fluos	2	18 W	Fonctionnement permanent 12h	36 W	432 Wh
Lampes fluo compactes - Extérieur	2	20 W	En soirée 2 h	40 W	80 Wh
Lampes fluo compactes - Salle resto.	2	20 W	Fonctionnement 4h	40 W	160 Wh
2 Lampes fluo compactes - Etage	3	20 W	En soirée 2 h	40 W	80 Wh
1 Lampes fluo compacte - Annexe	1	20 W	Occasionnel 1h/jour	20 W	20 Wh
1 lampes fluo compacte - WC	1	20 W	Occasionnel 2h/jour	20 W	40 Wh
1 lampes fluo compacte - Douche	1	20 W	Occasionnel 1h/jour	20 W	20 Wh
1 lampe fluo compacte - Hall douche	1	20 W	Occasionnel 2h/jour	20 W	20 Wh
Congélateur 1	1	0.75 A / 110 W	Permanent 12h	110 W	1320 Wh
Congélateur 2	1	110 W	Permanent 12 h	110 W	1320 Wh
Congélateur 3	1	90 W	Permanent 12 h	90 W	1080 Wh
Spot fluo resto	1	30 W	Occasionnel 1 h	30 W	30 Wh

Récepteurs alimentés par groupe électrogène 6,5 kVA				
Appareils	Nombre	Puissance unitaire	Fréquence ou durée d'utilisation quotidienne	Puissance totale
Surpresseur	1	800 W	Fonctionnement occasionnel 1 h / j	800 W
Pompe auxiliaire	1	750 W	Fonctionnement occasionnel 1h / j	750 W
Malaxeur	1	2500 W	Fonctionnement occasionnel 1h / j	2500 W
Total				4050 W

Le cahier des charges de l'installation à concevoir est le suivant :

- Site : proche de Grenoble 45° de latitude Nord / Al titude de l'auberge » 1700 m
- Pente de toit : 33° par rapport à l'horizontale / l'orientation des panneaux est plein sud (180°)
- L'utilisateur prévoit d'utiliser le groupe électrogène 1 heure par jour
- Le site est prévu pour fonctionner de début mai à fin septembre.
- L'autonomie doit être de 5 jours en cas de mauvais temps.
- Les batteries seront du type accumulateurs au plomb, stationnaire. (chaque accumulateur génère une tension de 2V)
- L'onduleur sera de type onduleur-chargeur (type Studer Inno Compact); compte tenu de la puissance mise en jeu l'ensemble batteries, panneaux et onduleur fonctionnera en 24 V CC.
- Les panneaux seront du type BP Solar 3125.

3 - Bilan des puissances

Q1 - Calculez la puissance totale et l'énergie totale quotidienne nécessaire à l'installation.

4 - Calculs et choix des éléments du système

Pour vous aider à répondre aux questions suivantes vous vous servirez des fiches de calculs données en annexe.

Q2 - Calculez l'énergie à produire E_p .

Q3 - Calculez la puissance crête P_c du générateur photovoltaïque nécessaire (*On prendra une irradiation moyenne de 5 kWh/m² /jour pour la période estivale de fonctionnement*)

Q4 - A partir de la puissance crête des panneaux BP Solar 3125U déterminer le nombre de panneaux solaires nécessaires à l'installation.

Q5 - Calculer la capacité des accumulateurs nécessaires à ce système ainsi que leur nombre. Pour cela, on rappelle la formule :

$$C = \frac{E_c N}{DU}$$

C : capacité de la batterie en ampère.heure (Ah)

E_c : énergie consommée par jour (Wh/j)

N : nombre de jour d'autonomie

D : décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb)

U : tension de la batterie (V)

5 - Choix des câbles :

C'est sur la partie courant continu de l'installation, décrit par la figure 2, que les intensités sont les plus importantes, c'est donc dans cette partie que se pose le problème des pertes joules et des chutes de tensions dans les câbles.

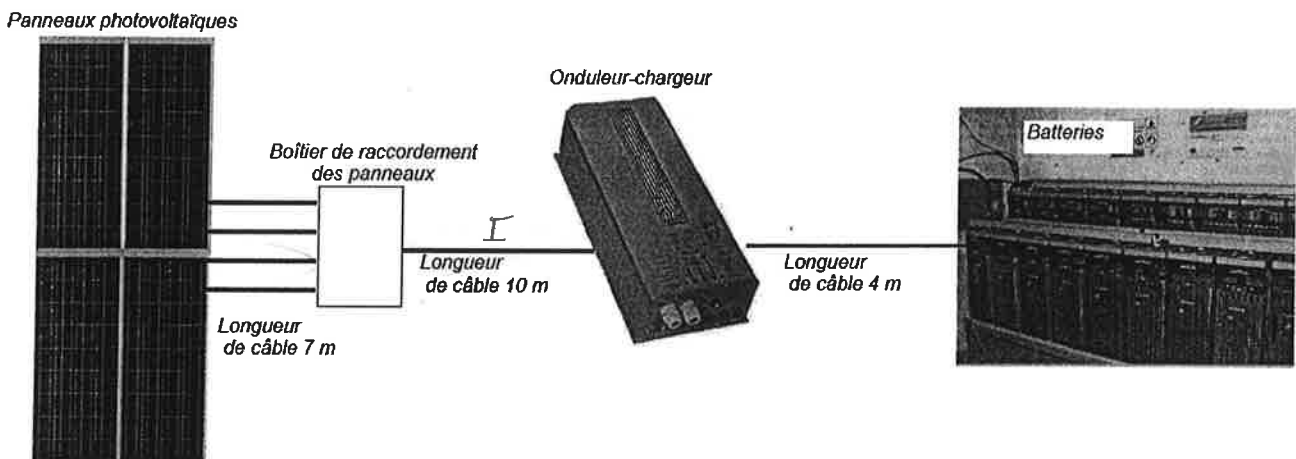


Figure 2 : Partie courant continu de l'installation



Licence PROGEDEE - TP 1
« PROduction et Gestion Durables de l'Energie Electrique »

On demande dans la suite de déterminer les sections des câbles entraînant le moins de chute de tension possible entre les panneaux et l'onduleur-chargeur, mais aussi entre les batteries et l'onduleur-chargeur.

Données complémentaires :

- Chute de tension maximale entre panneaux → boîte de raccordement ; boîte de raccordement → onduleur et batterie → onduleur : $DU = 2\%$
- Puissance nominale de l'onduleur $P_{NOM} = 2300 \text{ W}$
- Conducteurs en cuivre ($r = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}$).

Q6 - Calculez le courant de sortie d'un panneau à sa puissance nominale :

Q7 - Déterminez la section des conducteurs entre les panneaux et le boîtier de raccordement :

Q8 - Calculez le courant circulant entre le boîtier de raccordement et l'onduleur :

Q9 - Déterminez la section des conducteurs entre le boîtier de raccordement et l'onduleur.

Q10 - Calculez le courant circulant entre les batteries et l'onduleur lorsque celui-ci débite sa puissance nominale :

Q11 - Déterminez la section des conducteurs entre le parc batterie et l'onduleur.

6 - Schéma électrique

Q12 - Complétez le schéma électrique de l'installation de la figure 3, et notamment :

- les branchements des panneaux
- le couplage des batteries et raccordement à l'onduleur

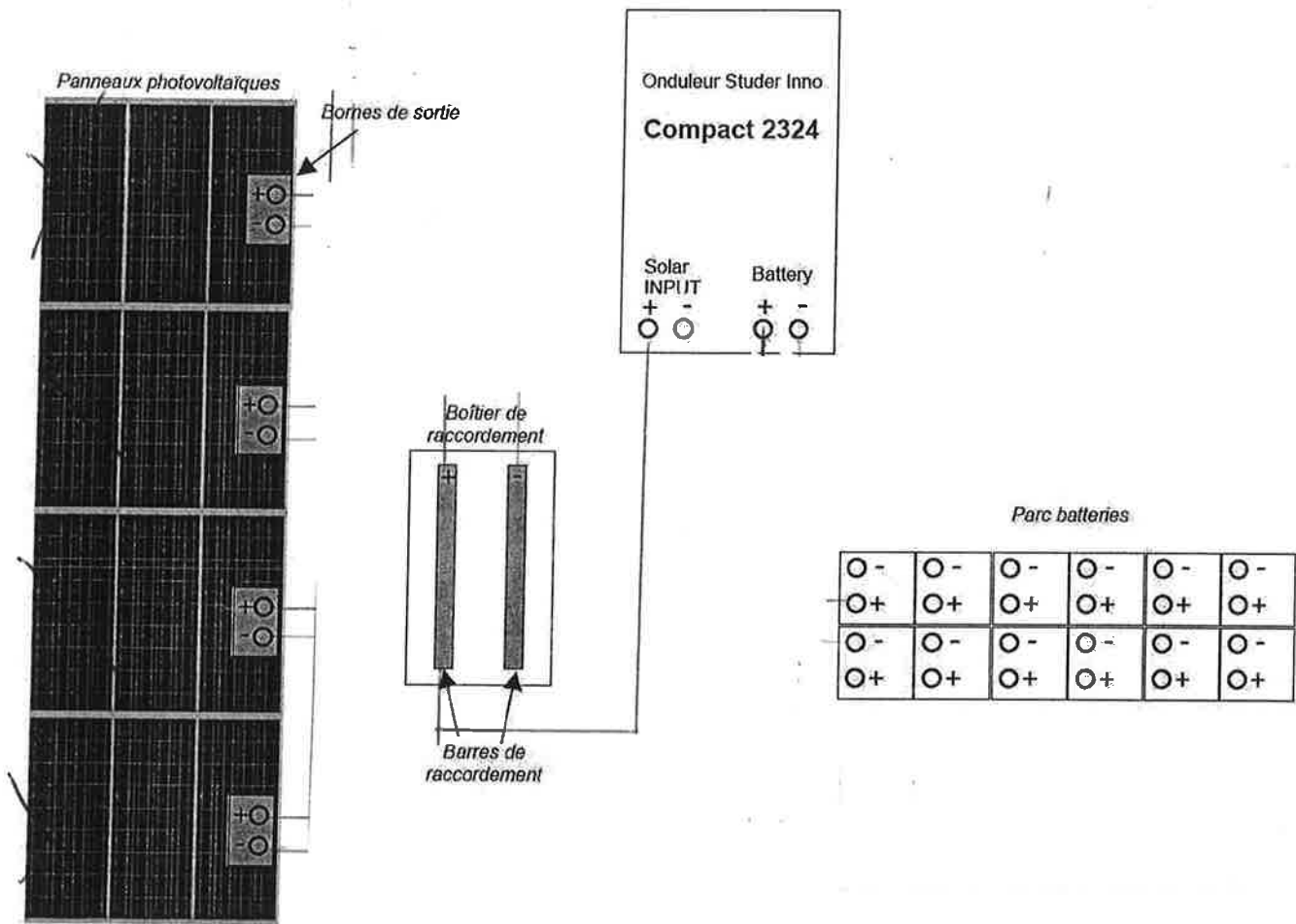


Figure 3 : Schéma électrique de l'installation

7 – Devis estimatif

Q13 - Compléter le devis estimatif des principaux composants de l'installation photovoltaïque en utilisant le tableau suivant. (Consulter les tarifs donnés en annexe)



Licence PROGEDEE - TP 1
« PROduction et Gestion Durables de l'Energie Electrique »



DESIGNATION	NOMBRE	PRIX UNITAIRE HT	SOUS TOTAL HT
PRIX TOTAL (Hors Taxes)			
PRIX TOTAL TTC (TVA 19,6%)			

8 - Validation des choix grâce au logiciel RETScreen

On vous demande de valider votre conception par l'utilisation du logiciel RETScreen en utilisant la procédure décrite ci-dessous.

→ Lancer le logiciel en cliquant sur l'icône RETScreen International

RETScreen® International
 Logiciel d'analyse de projets sur les énergies propres

Modèle pour projets d'installation photovoltaïque

Cliquez ici pour télécharger
 Description et organigramme
 Code de couleur
 Manuel en ligne

Feuilles de calcul
 Modèle énergétique
 Ressource solaire et charge
 Analyse des coûts
 Analyse des gaz à effet de serre
 Sommaire financier

Options
 Données de produits
 Données météorologiques
 Données de coûts
 Options ministérielles
 Analyse de sensibilité

Centre d'aide à la décision
 sur les énergies propres
www.ritscreen.net

Formation et aide
 Forums Internet
 Place d'amateurs
 Etudes de cas
 e-Manuel

Partenaires
 NASA PNUF GEF

Complétez la page
 « ressources solaire »

Complétez les
 données concernant
 le site.

Complétez les
 données concernant
 la ressource solaire
 du site.

Évaluation de la ressource solaire et calcul de la charge RETScreen® - Projet d'installation photovoltaïque

Latitude du site et position du champ PV		Données	Notes/Plage
Station météorologique la plus proche du projet		Grenoble	<i>voir la base de données météorologiques</i>
Latitude du lieu du projet	*N	46,0	-90,0 à 90,0
Système de positionnement du champ PV	-	Fixe	
Inclinaison du champ PV	-	33,0	0,0 à 90,0
Orientaion du champ PV par à l'azimut	-	180	0,0 à 180,0

Données mensuelles					
Mois	Portion d'utilisation du système dans le mois (0 - 1)	Moyenne mensuelle du rayonnement quotidien sur l'horizontale (kWh/m²/j)	Température moyenne mensuelle (°C)	Moyenne du rayonnement quotidien sur le champ PV (kWh/m²/j)	Fraction solaire mensuelle (%)
janvier	1,00	1,29	0,9	2,09	
février	1,00	2,09	1,1	2,96	
mars	1,00	3,16	5,0	3,82	
avril	1,00	4,12	7,8	4,40	
mai	1,00	4,86	12,8	4,76	
juin	1,00	5,28	16,8	5,00	
juillet	1,00	6,01	17,8	6,78	
août	1,00	6,12	17,8	6,21	
septembre	1,00	3,93	14,4	4,60	
octobre	1,00	2,31	9,4	3,08	
novembre	1,00	1,44	3,9	2,23	
décembre	1,00	1,12	1,7	1,86	
		Annuel	Annuel	Période d'utilisation	
Rayonnement solaire sur l'horizontale		kWh/m²	1,24	1,24	
Rayonnement solaire sur la surface inclinée		kWh/m²	1,40	1,40	
Température moyenne		°C	8,9	8,9	

Caractéristiques de la charge

Données

Intro / Modèle énergétique / Ressource solaire et charge / Analyse des coûts / Analyse des GES / Sommaire financier



Licence PROGEDEE - TP 1

« PROduction et Gestion Durables de l'Energie Electrique »

Complétez les données des récepteurs branchés sur le générateur photovoltaïque

Caractéristiques de la charge			Données		
Type d'application	-		Hors réseau		
Utilisation du calculateur de charge détaillée?	oui/non		Oui		
Description	CA/CC	Corrélation entre la charge et l'énergie solaire	Charge (kW)	Heures d'utilisation par jour (h)	Jours d'utilisation par semaine (#semaine)
2 Tubes fluos	CA	Nulls	0,036	12,00	7
Lampes fluo cuisine	CA	Nulls	0,040	12,00	7
Demande énergétique en CC	kWh (CC)		0,000	0,0	
Demande énergétique en CA	kWh (CA)		0,912	332,9	
Charge de pointe en CA	kW (CA)		0,076		

Moyenne quotidienne *Annuel*

[retour à la feuille Modèle énergétique](#)

Complétez la page « modèle énergétique »

Considérez la capacité nominale de la batterie suggérée par le logiciel

Considérez la puissance nominale et la surface de panneaux suggérés par le logiciel

Paramètres du système		Données		Notes/Plage
Type d'application		Hors réseau		
Configuration du système PV		PV/batterie/génératrice		
Système de génération de référence		-		
Source		Génératrice		
Source d'énergie		Diesel (mazout #2 - gal)		
Consommation spécifique d'énergie		gal/kWh	0,550000	
Conditionnement de l'énergie		-		
Puissance de l'onduleur (CC à CA) suggérée		kW (CA)	0,08	
Puissance de l'onduleur		kW (CA)	2,3	
Rendement moyen de l'onduleur		%	90%	80% à 95%
Pertes diverses du conditionnement de l'énergie		%	0%	0% à 10%
Batterie d'accumulateurs		-		
Nombre de jours d'autonomie requis		j	5,0	1,0 à 15,0
Tension nominale de la batterie		V	24,0	12,0 à 120,0
Rendement de la batterie		%	85%	50% à 85%
Niveau maximal de décharge		%	70%	20% à 85%
Rendement du régulateur de charge (CC à CC)		%	95%	85% à 95%
Contrôle de la température de la batterie		-	Minimum	
Température minimale de la batterie		°C	15,0	0,0 à 15,0
Réduction exigée de la capacité de la batterie due à la temp.		%	3%	0% à 50%
Capacité nominale suggérée de la batterie		Ah	312	
Capacité nominale de la batterie		Ah	1 170	
Champ PV		-		
Type de module PV		-	poly-Si	
Fabricant de modules PV / # de modèle		-	BP Solar/ BP SX 120 U 24v	voir la base de données de produits
Rendement nominal du module PV		%	11,2%	4,0% à 15,0%
Température nominale des cellules en opération		°C	45	40 à 55
Coefficient de température du module PV		% / °C	0,40%	0,10% à 0,50%
Régulateur du champ PV		-	MPPT	
Pertes diverses du champ PV		%	5,0%	0,0% à 20,0%
Puissance nominale du champ PV suggérée		kWp	0,15	
Puissance nominale du champ PV		kWp	2,16	
Surface du champ PV		m²	19,3	
Génératrice		-		
Rendement du chargeur (CA à CC)		%	95%	80% à 95%
Puissance de la génératrice suggérée		kW	6,6	
Puissance de la génératrice		kW	7,5	
Source d'énergie		-	Diesel (mazout #2) - L	
Consommation spécifique d'énergie		L/kWh	0,46	

9 - Interprétation des résultats

Comparez la puissance et la surface de panneaux suggérés par le logiciel aux résultats de vos calculs.



Licence PROGEDEE - TP 1
« PROduction et Gestion Durables de l'Energie Electrique »



	Puissance nominale des panneaux	Surface totale de panneaux ou nombre	Capacité de la batterie

Bibliographie :

- *Revue Systèmes Solaires*
- Site : <http://www.retscreen.org> pour télécharger le logiciel RETSCREEN de conception de projets photovoltaïques, de solaire thermique, d'éoliens ou de cogénération.
- *L'électricité photovoltaïque*, de Luc Chancelier et Eric Laurent, éditions
- *Energie Solaire Photovoltaïque*, A Labouret et Michel Viloz, Editions Dunod
- Bac pro ELEEC, Lycée KERSA-LASALLE, B.P.2, 22620 PLOUBAZLANEC



Annexe 1 - Prix HT des composants pour installations photovoltaïques

Panneaux photovoltaïques	
Désignation / caractéristiques	Prix unitaire HT
Module monocristallin 12 V / 24 100 watts	546,9 €
Module polycristallin BP 3125U 24 V / 120 watts	656,3 €
4127w ₂	

Accumulateurs au plomb 2V	
Désignation / caractéristiques	Prix unitaire HT
Batterie 2V / 735 Ah	268,39 €
Batterie 2V / 900 Ah	264,18 €
Batterie 2V / 1000 Ah	264,18 €

Onduleur chargeur	
Désignation / caractéristiques	Prix unitaire HT
Studer Inno Compact C 2324S Régulé	1596,80 €

Câbles / Matériel de raccordement	
Désignation / caractéristiques	Prix unitaire HT
Câble 2G 2,5 mm ²	0,74 € / m
Câble unipolaire 25 mm ²	3 € / m
Câble unipolaire 50 mm ²	4 € / m
Articles de connexions et de pontage des batteries	150 €
Boîte de raccordement des panneaux et cosses	75 €
Presses étoupes panneaux	3 € pièce



Annexe 2 - Méthode de calcul d'une installation photovoltaïque (source « L'électricité Photovoltaïque »)

A / Dimensionnement des panneaux photovoltaïques

Pour dimensionner la surface de panneaux nécessaires on procède en trois étapes :

Etape 1 : Calcul de l'énergie qui sera consommée par jour (*voir bilan des puissances et énergies*)

Etape 2 : Calcul de l'énergie à produire

Pour que les besoins du client soit assurés il faut que l'énergie consommée (E_c) égales l'énergie produite (E_p) à un coefficient près

$$E_p = \frac{E_c}{k}$$

Le coefficient k tient compte des facteurs suivant :

- l'incertitude météorologique ;
- l'inclinaison non corrigé des modules suivant la saison ;
- le point de fonctionnement des modules qui est rarement optimal et qui peut être aggravé par la baisse des caractéristiques des modules, la perte de rendement des modules dans le temps (vieillessement et poussières) ;
- le rendement des cycles de charge et de décharge de la batterie (90%) ;
- le rendement du chargeur et de l'onduleur (de 90 à 95%) ;
- les pertes dans les câbles et connexions

Pour les systèmes avec parc batterie, le coefficient k est en général compris entre 0,55 et 0,75. La valeur approchée que l'on utilise pour les systèmes avec batterie sera souvent de 0,65.

Etape 3 : Calcul de la taille du générateur photovoltaïque (ensemble des panneaux) à installer.

La puissance crête des panneaux à installer dépend de l'irradiation du lieu d'installation. On la calcule en appliquant la formule suivante :

$$P_c = \frac{E_p}{I_r}$$

P_c : puissance crête en Watt crête (Wc)

E_p : énergie produite par jour (Wh/j)

I_r : irradiation quotidienne moyenne annuelle (kWh/m².jour)

Ce qui revient à écrire

$$P_c = \frac{E_c}{kI_r}$$

P_c : puissance crête en Watt crête (Wc)



E_c : énergie consommée par jour (Wh/j)

I_r : irradiation quotidienne moyenne annuelle (kWh/m².jour)

Concernant l'irradiation moyenne en France et pour la période estivale (ce qui correspond à l'utilisation de cette installation) $I_r = 5$ kWh/m².jour

B / Dimensionnement du parc batteries :

Pour réaliser le dimensionnement de la batterie, on procède de la façon suivante :

Etape 1 : On calcule l'énergie consommée (E_c) par les différents récepteurs

Etape 2 : On détermine le nombre de jour d'autonomie nécessaire

Etape 3 : On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisée

Etape 4 : On calcule la capacité (C) de la batterie en appliquant la formule ci-dessous

$$C = \frac{E_c N}{DU}$$

C : capacité de la batterie en ampère.heure (Ah)

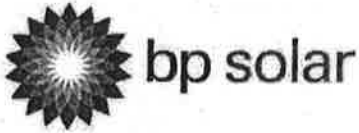
E_c : énergie consommée par jour (Wh/j)

N : nombre de jour d'autonomie

D : décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb)

U : tension de la batterie (V)

Annexe 3 - Caractéristiques des panneaux photovoltaïques choisis pour l'installation étudiée



BP 3135

135 Watt Photovoltaic Module

High-efficiency photovoltaic module using silicon nitride multicrystalline silicon cells.

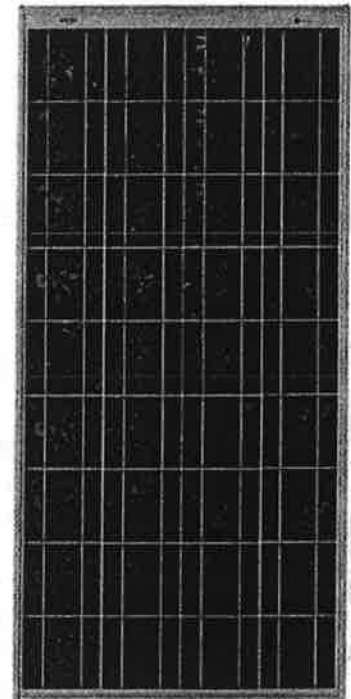
Performance

Rated power (P _{max})	135W
Power tolerance	± 5% (BP3135) ±3% (BP3130 & BP3125) and ± 3% (BP3115 & BP3110)
Nominal voltage	12V
Limited Warranty ¹	25 years

Configuration

S BP 3125S	Clear universal frame with LoPro J-Box and polarized Multicontact (MC) connectors
J BP 3125J	Clear universal frame and standard J-Box

Electrical Characteristics ²	BP3135	BP3130	BP3125	BP3115	BP3110
Maximum power (P _{max}) ³	135W	130W	125W	115W	110W
Voltage at P _{max} (V _{mp})	17.4V	17.4V	17.4V	17.1V	16.9V
Current at P _{max} (I _{mp})	7.7A	7.5A	7.2A	6.7A	6.5A
Warranted minimum P _{max}	128.2W	126.1W	121.3W	109.3W	104.5W
Short-circuit current (I _{sc})	8.4A	8.2A	8.1A	7.5A	7.4A
Open-circuit voltage (V _{oc})	22.1V	22.0V	22.0V	21.8V	21.6V
Temperature coefficient of I _{sc}	(0.065±0.015)%/ °C				
Temperature coefficient of V _{oc}	-(80±10)mV/°C				
Temperature coefficient of power	-(0.5±0.05)%/ °C				
NOCT (Air 20°C, Sun 0.8kW/m ² , wind 1m/s)	47±2°C				
Maximum series fuse rating	15A (S); 20A (J)				
Maximum system voltage	600V (US NEC rating) 1000V (TUV Rheinland rating) 1000V (IEC 61215 rating)				



Mechanical Characteristics

Dimensions	S, J	Length: 1510mm (59.4")	Width: 674mm (26.5")	Depth: 50mm (1.97")
Weight	S, J	12.0 kg (26.5 pounds)		
Solar Cells	S, J	36 cells (156mm x 156mm) in a 4x9 matrix connected in series		
Output Cables	S	RHW AWG# 12 (4mm ²) cable with polarized weatherproof DC rated Multicontact connectors; asymmetrical lengths - 900mm (-) and 800mm (+)		
Junction Box	J	J-Version junction box with 6-terminal connection block; IP 65, accepts PG 13.5, M20, ½ inch conduit, or cable fittings accepting 6-12mm diameter cable. Terminals accept 2.5 to 10mm ² (8 to 14 AWG) wire.		
Diodes	S, J	IntegraBus™ technology includes Schottky by-pass diodes integrated into the printed circuit board bus		
Construction	S, J	Front: High-transmission 3mm (1/8 th inch) tempered glass; Back: Polyester; Encapsulant: EVA		
Frame	S, J	Clear anodized aluminum alloy type 6063T6 Universal frame; Color: silver		

1. Module Warranty: 25-year limited warranty of 80% power output; 12-year limited warranty of 90% power output; 5-year limited warranty of materials and workmanship. See your local representative for full terms of these warranties.
2. These data represent the performance of typical BP-3125 products, and are based on measurements made in accordance with ASTM E1036 corrected to SRC (STC.)
3. During the stabilization process that occurs during the first few months of deployment, module power may decrease by up to 3% from typical P_{max}.