

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

PRINCIPES ET ARCHITECTURE DES RÉSEAUX

(BUT1 RT TP G1-2A)

SAÉ - 1.03 : Maîtrise d'ouvrage

Élèves :

Alexis Déhu

Baptiste Martin

Jade Rueda

Jonathan Bonnet

Enseignant :

Christophe Baillot

**Exemplaire distribué à :
Christophe Baillot**

11 janvier 2023

Table des matières

1	Cahier des charges fonctionnel	2
1.1	Présentation de l'ouvrage	2
1.1.1	Objet de l'ouvrage	2
1.1.2	Définition de l'ouvrage	2
2	Bases de calcul	2
2.1	Caractéristiques du courant continu	2
2.2	Généralités sur le solaire	3
2.3	Raccordements et circuit de terre	3
3	Étude de cas	3
3.1	Utilisation de l'électronique	3
3.1.1	Recharge complète de deux smartphones	3
3.1.2	Utilisation et recharge d'un portable	3
3.1.3	Manipulation câblée d'un outil de bricolage	4
3.1.4	Dispositif d'éclairage LED	4
3.2	Circuit hydraulique	4
3.2.1	Circuit d'eau jusqu'à un mitigeur	4
3.2.2	Chauffage et distribution de douches	4
3.3	Dimensionnement du système	4
3.3.1	Applicatif de la batterie	4
3.3.2	Déploiement de panneaux solaire	4
3.3.3	Définition d'un MPPT	5
3.3.4	Mise en place d'un onduleur	6
3.3.5	Application aux différentiels	6
4	Cahier des charges technique	6
4.1	Solutions apportées	6
4.1.1	Approvisionnement en énergie	6
4.1.2	Stockage de l'énergie	6
4.1.3	Distribution de l'énergie	6
4.1.4	Raccordement des équipements	7
4.2	Résumé du matériel choisi	7
4.3	Document signé	8

1 Cahier des charges fonctionnel

Seront exposés des explications sur le projet ainsi que les attendus du MOA compris par les MOE. La base des calculs et des informations seront aussi présentés car utiles à la compréhension des réponses apportées.

1.1 Présentation de l'ouvrage

Une mise en situation d'un ouvrage est proposé dans le cadre de cette Situation d'Apprentissage et d'Évaluation (SAÉ).

Les élèves étant les maîtres d'oeuvres (MOE) répondant aux problématiques et aux besoins remontés par le maître d'ouvrage (MOA) Mr. Baillot.

1.1.1 Objet de l'ouvrage

L'ouvrage se porte sur l'aménagement d'un cabanon autonome sur lequel devra reposer une installation photovoltaïque ainsi que d'autres équipements.

L'objet de l'apport des MOE sera de proposer une solution de production, de stockage et de distribution de différentes énergies en adéquation avec les attendus du MOA.

1.1.2 Définition de l'ouvrage

Seront assumés les fonctions et les installations suivantes :

- Production d'énergie via une installation photovoltaïque et un groupe électrogène, non pris en compte (secours).
- Dispositif de stockage d'énergie (batteries).
- 3 jours d'autonomie complets (2 jours considérés sans ensoleillement/de pluie +1).
- Utilisation d'un ordinateur portable pendant 2 h sur alimentation et sa recharge complète pour déplacements.
- Recharge complète de deux smartphones.
- Distribution et chauffage de deux douches de 30 litres, amenées verticalement depuis une cuve située à 2 m.
- Utilisation de quatre ampoules LED équivalentes 60 W sur une durée de 4 h.
- Manipulation câblée d'outils de bricolage, appareil de 700 W pendant une durée de 1 h.
- Raccordement d'un évier à une cuve via une pompe à 1m50 de hauteur verticale.

Le cahier des charges fonctionnel complet est re-trouvable à la section *Document signé*.

2 Bases de calcul

Formules et expressions nécessaires pour la compréhension et l'expression des calculs pour l'étude de cas.

2.1 Caractéristiques du courant continu

Une puissance P est exprimée en watt W ou en joule J qui est une unité répondant à la formule suivante.

$$P_{(W)} = U_{(V)} \cdot I_{(A)}$$

Où P est une puissance en watt, U une tension en volt et I une intensité en ampère.

Une énergie notée E est le produit d'une puissance P par une unité de temps t .

Dans le cas où des watts et des heures sont multipliés, sera calculé des watts par heure.

$$E_{(Wh)} = P_{(W)} \cdot t_{(h)}$$

La capacité d'une batterie est par exemple exprimée en Wh ou en mAh.

Son temps de déchargement peut aussi être calculé selon la puissance demandée et sa capacité totale (considérée pleine, non usée).

Sachant que beaucoup de paramètres ne sont pas pris en compte comme l'âge de la batterie, le nombre de cycle ou encore la température extérieure.

$$t_{(h)} = \frac{E_{(mAh)}}{I_{(mA)}}$$

Afin de recharger une batterie, la tension reçue à ses bornes doit être supérieure à celle de la batterie. Par exemple, afin de recharger une batterie de 24 V : 24,2 V ou 24,4 V seront attendus.

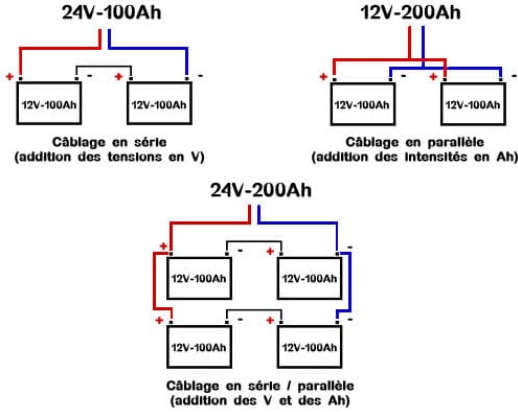
Afin de minimiser les coûts, plusieurs batteries d'une plus petite capacité peuvent être utilisées ensemble afin d'avoir une plus grande capacité totale.

Cependant, selon leur branchement, en série ou en parallèle, seront respectivement augmenté proportionnellement la tension U ou l'intensité Ah .

À savoir que des batteries peuvent être montées en série et en parallèle, appelé "montage hybride".

Exemple de montage de batteries de 100 Ah en série, en parallèle et en montage hybride.

Branchement des batteries



2.2 Généralités sur le solaire

Pour le solaire, différentes notions se rapportant à celles du courant électrique sont à connaître.

La puissance délivrée par des panneaux solaires n'est pas constant, régie selon différents paramètres. La météo et l'ensoleillement en sont deux des plus importantes, qui influenceront majoritairement la puissance délivrée par un panneau solaire lors d'une journée.

Afin de définir également la puissance de tout panneau solaire, une unité de puissance délivrée par un panneau solaire a été définie; le watt crête W_c qui est la mesure de puissance maximale délivrée selon les meilleures conditions possibles.

À savoir que cette unité est pratiquement inatteignable en conditions réelles.

Les panneaux solaires ont aussi un faible rendement de l'ordre de 15 % à 20 %.

Si ceux-ci sont branchés en série ou en dérivation, ils vont respectivement et proportionnellement distribuer davantage de tension U et d'intensité I .

2.3 Raccordements et circuit de terre

Différentes liaisons à la terre peuvent être utilisées. Définissant comment le neutre de l'installation et les masses sont reliés à la terre; se-

ront choisis différents équipements selon le régime choisi.

Le plus simple et celui demandé étant le régime TT, les masses et le neutre de l'installation étant reliés à la terre.

3 Étude de cas

Application des bases de calculs à l'objet de l'ouvrage défini par le MOA.

3.1 Utilisation de l'électronique

Estimation de la puissance et de l'énergie journalier maximal demandés par les équipements électriques de l'installation.

3.1.1 Recharge complète de deux smartphones

Taille moyenne d'une batterie d'un smartphone, valeur agrandie : 3500 mAh. Consommation d'un bloc chargeur d'un smartphone d'origine : 5 V à 2.0 A.

$$P_{\text{smartphones}} = 5 \cdot 2.0 = 10 \text{ W}$$

Pour deux smartphones.

$$P_{\text{smartphones}} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ W}$$

Estimation du temps de rechargement d'une batterie avec le chargeur.

$$t = \frac{3500}{2000} \approx 2 \text{ h}$$

Énergie nécessaire pour recharger les deux smartphones.

$$E_{\text{smartphones}} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ Wh}$$

3.1.2 Utilisation et recharge d'un portable

Utilisation pendant 2h d'un chargeur moyen d'ordinateur portable entre 60 W et 75 W, pris 75 W. Sorti 2.37 A 19 V.

$$E_{\text{portable}} = 75 \cdot 2 = 150 \text{ Wh}$$

Temps de chargement d'une batterie d'un portable de taille moyenne de 4400 mAh.

$$t_h = \frac{4400}{2370} \approx 2 \text{ h}$$

Recharge pendant 2h avec le chargeur simple.

$$E_{\text{portable}} = 150 \cdot 2 = 300 \text{ Wh}$$

Considérez que le portable n'a pas chargé pendant les 2 heures d'utilisation (marge d'erreur).

$$E_{portable} = 300 + 150 = 450 \text{ Wh}$$

3.1.3 Manipulation câblée d'un outil de bricolage

Un outil de bricolage consommant 700 W pendant une durée de 1 heure.

$$E_{outil} = 700 \cdot 1 = 700 \text{ Wh}$$

3.1.4 Dispositif d'éclairage LED

Soit 4 ampoules LED équivalentes 60 W consommant chacune 10 W.

$$P_{ampoules} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ W}$$

Fonctionnement pendant 4 heures.

$$E_{ampoules} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ Wh}$$

3.2 Circuit hydraulique

Calculs de distribution et de chauffage pour l'hydraulique de l'installation.

3.2.1 Circuit d'eau jusqu'à un mitigeur

Distribution de l'eau vers un évier de 50 l disposé à 1,5 m à la verticale.

Pris G vaut 10 pour marge d'erreur, au lieu de 9,81.

$$E_{distrib. \text{ évier}} = 1,5 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 1,5 \approx 1203 \text{ Wh}$$

3.2.2 Chauffage et distribution de douches

Distribution de douches de 30 l.

$$E_{douches} = 1 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 2 \approx 600 \text{ Wh}$$

Pour 2 douches.

$$E_{douches} = 600 \cdot 2 = 1200 \text{ Wh}$$

Chauffage des deux douches.

$$E_{chauf.douches} = 30 \cdot 1480 \cdot 25 = 3135000 \text{ J}$$

$$E_{chauf.douches} = \frac{3135000}{3,6 \cdot 10^3} \approx 870 \text{ Wh}$$

3.3 Dimensionnement du système

Calcul de dimensionnement des appareils du réseau suivant la des consommations journalières des appareils utilisés par le MOA.

3.3.1 Applicatif de la batterie

Additionnement de toutes les énergies nécessaires en Wh afin de constituer le besoin journalier maximal.

$$E_{journalier} = 870 + 1200 + 1203 + 160 + 700 + 450 + 40$$

$$E_{journalier} = 4650 \cdot 10^{-3} \approx 4,65 \text{ kWh}$$

Nécessité de tenir 3 jours en autonomie complète.

$$E_{besoins} = 4,65 \cdot 3 \approx 14 \text{ kWh}$$

Capacité de la batterie nécessaire afin de tenir 3 jours.

$$C_{batterie} = \frac{14 \cdot 3 \cdot 10^3}{24} \approx 585 \text{ Ah}$$

Surdimensionnement de 20%.

$$C_{batterie} = 585 \cdot 1,2 = 702 \text{ Ah}$$

3.3.2 Déploiement de panneaux solaire

Soit notre besoin de recharger 14 kWh.

On souhaite recharger la batterie en 3 jours.

Production par jour.

$$E_{produite} = \frac{14}{3} \approx 4,7 \text{ kWh/j}$$

Le site CalSol informe que pour la ville de Gourdon - proche de l'emplacement du cabanon, l'irradiation directe est de 2,09 kWh/m²/j en Octobre. Valeur prise pour l'irradiation la plus faible de la période choisie.

Nous prenons la valeur directe et non globale (réflecti + direct + difus) afin de sous-évaluer l'apport en ensoleillement et de s'assurer d'une marge de manoeuvre - vu schéma. (1) Sans calcul d'irradiation.

Seront utilisés en exemple des panneaux solaires d'une dimension de 1722 x 1134 mm délivrant 405 Wc à 31.21 V maximum.

En octobre, il se dit qu'un panneau solaire fournit l'équivalent de deux heures de sa puissance maximale par jour.

Énergie fournie de

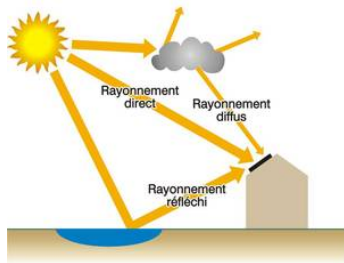
$$405 \cdot 2 = 810 \text{ Wh/j/panneau}$$

Reste à faire le quotient de l'énergie voulue pour une journée par celle produite par jour pour un panneau. Le résultat exprimant une unité sans dimension exprimant le nombre de panneaux solaires nécessaires à la production en un jour de l'énergie souhaitée.

$$\frac{4,7}{810 \cdot 10^{-3}} \approx 4 \text{ panneaux}$$

(2) Calcul avec irradiation.

Toujours un besoin de fournir 4,7 kWh/j.



Division de l'énergie souhaitée par jour par l'irradiation reçue par jour par mètre carré afin d'obtenir la puissance en watt crêtes nécessaire à l'obtention de l'énergie souhaitée.

$$\frac{4,7}{2,09} \approx 2,5 \text{ kWc}$$

Produit de cette valeur par la puissance d'un panneau pour obtenir le nombre de panneaux nécessaire à sa production.

$$\frac{2,5 \cdot 10^3}{405} \approx 6 \text{ panneaux}$$

La tension en sortie des panneaux doivent aussi être supérieure à la tension de la ou les batteries de l'installation afin de la charger.

(2) Avec le site CalSol.

L'institut National de l'Énergie Solaire (INES) propose un site d'estimation de dimensionnement d'une installation électrique. Pour celui-ci, une estimation sur 5 jours au lieu de 3 est proposée.

À savoir que ce site est utilisé seulement pour une vérification, non une estimation légitime.

Ce site indique 1,955 kWc au lieu des 2,5 kWc. Nous estimons donc que nous avons surdimensionné pour le mieux.

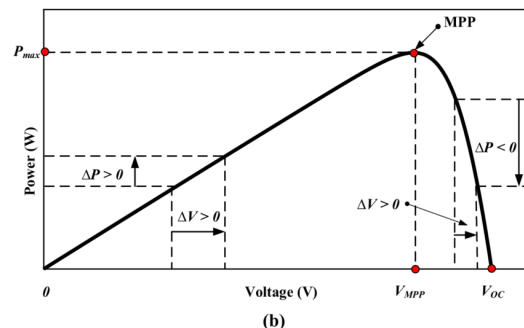
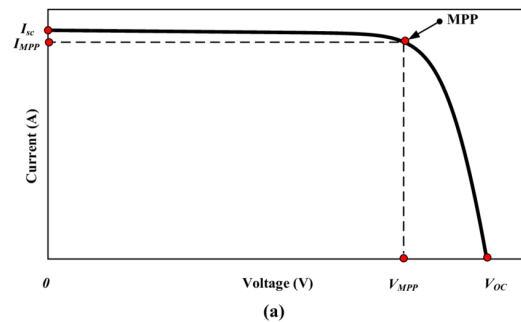
La suite des calculs étant les mêmes que ceux précédant, les calculs restent cohérents quoique restent inférieurs.

3.3.3 Définition d'un MPPT

Les panneaux solaires distribuent un courant qui fluctue dans la journée selon des paramètres comme vu 2.2. Pour Maximum Power Point Tracking, un MPPT permettra d'optimiser continuellement la production des panneaux solaires rattachés en choisissant le meilleur rapport entre le courant et l'intensité à l'arrivée.

Il sera aussi l'intermédiaire entre les batteries, les panneaux solaires et l'onduleur afin de recevoir et distribuer le courant excédant vers l'onduleur - aussi du groupe électrogène non pris en compte; en plus de rediriger normalement l'énergie des panneaux vers les batteries.

Celui-ci choisira le meilleur compromis entre la tension U et le courant I en sortie des panneaux à distribuer pour avoir la meilleure puissance; comme vu sur ce schéma.



La tension reçue par le MPPT venant des batteries doit être inférieure à celle maximale supportée pour son fonctionnement afin qu'il puisse correctement opérer.

3.3.4 Mise en place d'un onduleur

Les panneaux solaires ainsi que la ou les batteries sont des équipements fonctionnant en 24 V continu, équipements 12 V en série. Or les équipements que le MOA souhaite utiliser sont demandeur de courant en 220 V alternatif.

L'onduleur modulera le courant continue en 24 V reçu des batteries ou des panneaux solaires en un courant alternatif de 220 V.

Selon l'onduleur choisi, celui-ci peut avoir un rendement différent.

Un onduleur d'une puissance de 3000 W sera choisi, répondant à la puissance demandé par l'utilisation de tous équipements en simultanée avec une marge si besoin d'en brancher plus comme un réfrigérateur.

$$P_{max} = 40 + 75 + 700 + 40 + \frac{1203}{2} + 600 + \frac{1200}{2}$$
$$P_{max} \approx 2700 \text{ W}$$

La distribution et le chauffage des douches ayant été divisés par deux, ne pouvant se doucher pendant plus de 30 minutes et chauffer davantage.

3.3.5 Application aux différentiels

Afin de sécuriser l'installation de problèmes comme la surcharge, un coffret de protection sera installé.

Un disjoncteur différentiel sera présent en début de rangée suivi par un disjoncteur phase neutre pour chaque prise de raccordement présentes sur l'installation.

4 Cahier des charges technique

Seront apportés les solutions aux problèmes et aux exigences du MOA.

4.1 Solutions apportées

Explications sur les solutions techniques apportées aux besoin exprimés dans le cahier des charges fonctionnel.

La tension de l'installation sera du 24 V. Listage des appareils présents dans l'installation avec leur prix.

4.1.1 Approvisionnement en énergie

Suivant l'exemple fait 3.3.2, des panneaux solaires d'une puissance de 405 Wc seront utilisés. Leur dimension étant de 1722 x 1134 x 30 mm.

Leur tension est en accord avec la batterie vu ci-après, leur puissance étant supérieure à 24 V afin de recharger la batterie.

Six panneaux solaires monocristallin seront utilisés. Le monocristallin à la différence du polycristallin ayant un meilleur rendement et une demande moins importante d'ensoleillement même si plus chers.

Un groupe électrogène sera aussi présent, non pris en compte dans les calculs ni dans l'approvisionnement.

4.1.2 Stockage de l'énergie

Soit un besoin d'une capacité de 1404 Ah vu 3.3.1.

Afin de réduire le coût à l'achat, seront montées en parallèle plusieurs batteries. Celles-ci additionnant leur capacité respective comme vu 3.1.1.

Le modèle de batterie à gel suivant sera utilisé ; son prix, le non risque d'explosion et d'entretien particulier étant attractifs..

Batterie à gel VRLA de 210 Ah à 24 V à faible auto-décharge 606 €/u (TTC).

$$\frac{1404}{210} \approx 7 \text{ batteries}$$

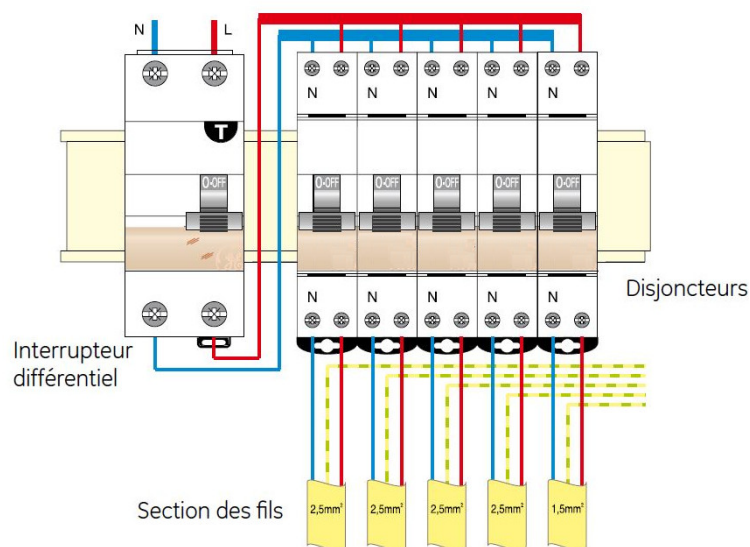
Huit utilisées car sinon pas possible série et parallèle.

4.1.3 Distribution de l'énergie

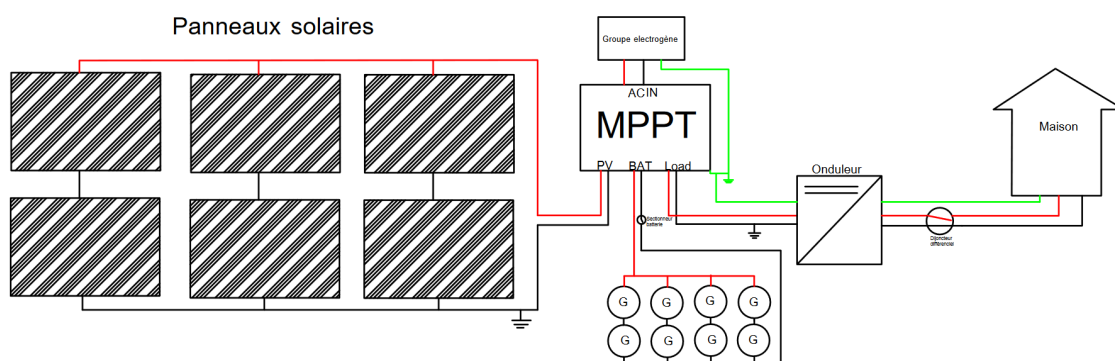
Un coffret sera proposé au MOA afin qu'il puisse rattacher ses prises électriques.

Un disjoncteur différentiel bipolaire ainsi que des disjoncteurs phase neutre seraient installés.

Le schéma d'installation des différents disjoncteurs.



4.1.4 Raccordement des équipements



4.2 Résumé du matériel choisi

Unité	Matériel	Coût (EUR)
4	Panneau solaire monocristallin JA-SOLAR 405W	916
1	Onduleur/Chargeur/MPPT VICTRON EasySolar-II 24/3000/70-32 GX	2234
8	Batterie VICTRON étanche Gel 12 V / 220 Ah	4847.12
1	Sectionneur batterie unipolaire 300 A	37
1	Disjoncteur Bipolaire CC Courant Continu 250Vcc	21
1	Coffret 8 modules IP40	23
4	Câble batterie 35mm² / M8-M8 (70 cm)	72
4	Câble batterie 35mm² / M8-M8 (40 cm)	60
-	-	8150.12

4.3 Document signé

Cahier des charges fonctionnel

Maitre d'œuvre (MOE): **Christophe Baillot**

Maitre d'ouvrage (MOA): **Alexis Déhu, Baptiste Martin, Jade Rueda, Jonathan Bonnet**

Contextualisation :

Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour une petite maison autonome équipée.

Après définition et évaluations des besoins et des contraintes avec le MOE, nous proposons et assurerons les fonctions journalières suivantes (du 1er avril au 15 octobre) pour la zone géographique de Gourdon :

- Production d'énergie via installation photovoltaïque avec groupe électrogène non pris en compte (cas de secours)
- Dispositif de stockage d'énergie (batterie)
- 3 jours d'autonomie complets (2j considéré sans soleil/de pluie +1)
- Utilisation d'un ordinateur portable pendant 2h sur alimentation et recharge complète pour déplacements
- Deux recharges complètes de deux smartphones
- Distribution et chauffage de deux douches de 30L, relever de 2m
- Utilisation de quartes ampoules LED équivalentes 60W
- Manipulation câblée d'outils de bricolage, appareil de 700W durée 1h
- Raccordement de l'évier à la cuve via pompe
- évier à 1m50

Le 13 / 12 /2022 à : **Mont-de-Marsan 40000**

Signature :

Signé