

ÉTUDE ÉLECTRIQUE

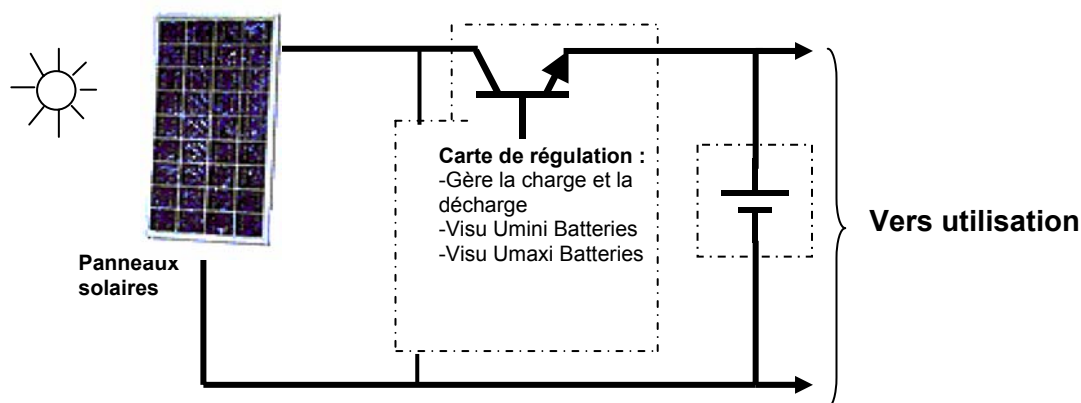
A	ETUDE DU STOCKAGE DE L'ÉNERGIE.....	2
A.1	ÉLÉMENTS DU CAHIER DES CHARGES	2
A.2	INTRODUCTION À LA « CAPACITÉ » D'UNE BATTERIE D'ACCUMULATEURS	2
A.3	BESOINS EN EAU.....	2
A.4	DIMENSIONNEMENT DE LA BATTERIE DE STOCKAGE.....	3
B	ÉTUDE DU RENDEMENT DE LA CONVERSION D'ÉNERGIE	3
B.1	ÉTUDE DU RENDEMENT DE LA DISTRIBUTION D'EAU	3
C	ETUDE DES PANNEAUX SOLAIRES.....	5
C.1	PRÉSENTATION.....	5
C.2	ETUDE D'UNE CARACTÉRISTIQUE CONSTRUCTEUR	5
C.3	DÉTERMINATION DU RENDEMENT DE LA TRANSMISSION D'ÉNERGIE	5
D	REMORQUE D'ÉCLAIRAGE.....	7
D.1	VÉRIFICATION DE LA CAPACITÉ DE STOCKAGE	7
D.2	ETUDE DE L'ÉCLAIRAGE	8
E	ETUDE DE LA CARTE DE GESTION DE L'ÉCLAIRAGE	9
E.1	ETUDE DE LA SOURCE DE TENSION CONSTANTE	9
E.2	ETUDE DE L'AUTORISATION DE L'ÉCLAIRAGE	10
E.3	ETUDE DE LA COMMANDE DE L'ÉCLAIRAGE	11
F	PROTECTION ÉLECTRIQUE DE LA REMORQUE D'ÉCLAIRAGE	12
F.1	PROTECTION GÉNÉRALE	12
F.2	PROTECTION DU DÉPART TOILETTES	12
G	DOCUMENTATION TECHNIQUE (PARTIE ELECTRIQUE).....	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.1	BATTERIES STECO.....	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.2	PANNEAUX SOLAIRES.....	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.3	CARTE D'ENSOLEILLEMENT DE LA FRANCE.....	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.4	EXTRAITS NF C 15-100 (SECTION DES CONDUCTEURS).....	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.5	EXTRAITS DOCUMENTATION COMPOSANT TL431 DE MOTOROLA	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.6	EXTRAITS DOCUMENTATION SUR LES RELAIS FINDER	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.7	EXTRAIT DOCUMENTATION SCHNEIDER SUR LES CÂBLES	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
G.8	EXTRAITS DOCUMENTATION SUR LES FUSIBLES	20

A Étude du stockage de l'énergie

A.1 Éléments du cahier des charges

Les remorques de pompages sont équipées de panneaux solaires permettant par l'intermédiaire d'une carte de régulation de stocker l'énergie des panneaux dans des batteries. Cette énergie est utilisée pour alimenter une pompe servant au remplissage d'une citerne.

Synoptique des remorques solaires :



A.2 Introduction à la notion de « capacité » d'une batterie d'accumulateurs

La capacité d'une batterie ne se présente pas de la même façon que la capacité d'un réservoir. Plus la rapidité de la décharge est importante, plus la capacité réelle de la batterie sera faible.

Ainsi une batterie référencée sous la dénomination 68 Ah C100 aura réellement une capacité **théorique, nominale C_n** de 68 Ah en 100 heures, 55 Ah en 20 heures et 50 Ah en 10 heures. Si on décharge cette batterie sous une intensité de 5 A la décharge ne durera que 10 heures et enfin 100 heures sous une intensité de 0,68 A ($0,68 \times 100 = 68$ Ah).

- Ne jamais dépasser la décharge dite profonde d'une batterie.
- Pour une longévité optimum de la batterie il faut la dimensionner pour que les décharges journalières ne dépassent pas 16% de la capacité nominale C100.
- D'après la NF C 15-100 le courant de court circuit d'une batterie est : $I_{cc} = 10 \times C_n$

A.3 Besoins en eau

A.3.1 Expression du besoin

Chaque bergerie doit pouvoir assurer l'alimentation en eau d'un troupeau de 1000 têtes. Chaque animal a besoin de 250 cl d'eau en moyenne par jour.

Le débit de la pompe est de 520 l/h.

L'eau sera stockée dans une citerne de 2,5 m³

A.3.2 Travail demandé

A.3.2.1 Quel est le volume d'eau nécessaire chaque jour

$$1000 \times 2,5 = 2500 \text{ litres} \rightarrow 2,5 \text{ m}^3$$

A.3.2.2 Quelle est la durée de fonctionnement journalière (en heures et minutes) du groupe moto-pompe afin d'assurer le remplissage total de la citerne (si elle est vide).

$$2500 / 520 = 4,8 \text{ h} \text{ soit } 4 \text{ h } 48 \text{ min}$$

A.4 Dimensionnement de la batterie de stockage

A.4.1 Eléments du cahier des charges

La batterie d'accumulateurs doit permettre le remplissage de la citerne en toute circonstance.

Groupe moto-pompe 24 V ; 3,15 A ; 520 l/h ; HMT 15 m

Contenance de la citerne : 2 500 dm³

En cas d'absence de soleil ou de panne du système de charge, les batteries doivent permettre chaque jour le remplissage de la citerne sans être détériorées et ceci pendant 5 jours.

A.4.2 Travail demandé

A.4.2.1 Déterminer les besoins journaliers en Ah du groupe moto-pompe pour le remplissage de la citerne.

$$3,15 \times 4,8 = 15,14 \text{ Ah}$$

A.4.2.2 Calculer la capacité minimale C100 nécessaire pour le choix de la batterie.

$$16\% \text{ de C100 maxi par jour } C100 = 15,14 \times 100 / 16 = 94,7 \text{ Ah}$$

A.4.2.3 Effectuer le choix de la ou des batteries nécessaires à l'alimentation du groupe moto-pompe. Comment coupler éventuellement ces batteries.

2 batteries STECO 3000 12V C100 =105 Ah en série

A.4.2.4 Déterminer la durée d'utilisation du groupe moto-pompe sur 5 jours.

$$5 \times 2500 / 520 = 24 \text{ h}$$

A.4.2.5 Quelle capacité devront alors fournir les batteries au groupe moto-pompe (en considérant que la recharge ne s'effectue plus).

$$24 \times 3,15 = 75,6 \text{ Ah}$$

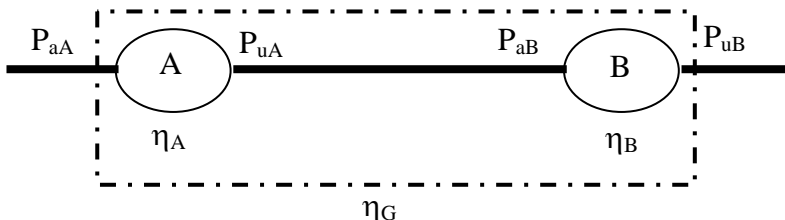
A.4.2.6 La batterie choisie peut-elle fournir cette capacité sans être détériorée.

Décharge profonde = 80% de C20 $\rightarrow 0,8 \times 95 = 76 \text{ Ah}$
Choix correct

B Rendement de la conversion d'énergie

B.1 Étude du rendement de la distribution d'eau

B.1.1 Rendement de deux éléments A et B en série



B.1.1.1 Exprimer P_{aA} en fonction de P_{uA} et η_A puis P_{uB} en fonction de P_{aB} et η_B .

$$P_{aA} = P_{uA} / \eta_A$$

$$P_{uB} = P_{aB} \times \eta_B$$

B.1.1.2 Exprimer le rendement global η_G en fonction de P_{aA} et P_{uB} .

$$\eta_G = P_{uB} / P_{aA}$$

B.1.1.3 Exprimer alors η_G en fonction de η_A et η_B .

$$\eta_G = (P_{aB} \times \eta_B) / (P_{uA} / \eta_A) \quad P_{uA} = P_{aB} \rightarrow \eta_G = \eta_A \times \eta_B$$

B.1.2 Dimensionnement des panneaux solaires

Les panneaux peuvent fournir en moyenne 75% de leur puissance crête 8 h par jour.

Les modules présents sur le marché ont des puissances crêtes (ou puissance nominale) de 20 à 100 Wc (Watt crête) en 12 V ou 24 V continu.

On admet que le rendement de la carte électronique est de 95%, celui des batteries de 75%.

B.1.2.1 Calculer le rendement η_1 de l'ensemble « carte + batteries ».

$$\eta_1 = 0,95 \times 0,75 = 0,71 \rightarrow 71\%$$

B.1.2.2 Quelle énergie W_1 en Wh doivent fournir les capteurs solaires afin de compenser une consommation journalière de la pompe de 12 Ah.

$$W_1 = 24 \times 12 = 288 \text{ Wh}$$

B.1.2.3 Quelle est la puissance crête des panneaux solaires permettant de compenser la consommation journalière de la pompe.

$$P_{\text{nécessaire}} = W_1 / (t \times \eta_1) = 288 / (8 \times 0,71) = 51 \text{ W} \quad P_{\text{crête}} = 51 / 0,75 = 68 \text{ Wc}$$

B.1.2.4 Donner la référence, le nombre et le couplage éventuel des panneaux Photowatt® nécessaires (si plusieurs panneaux sont nécessaires, ils doivent être identiques).

$$2 \text{ panneaux } 12 \text{ V} / 50 \text{ Wc en série PWX500}$$

B.1.2.5 Calculer la surface totale de ces panneaux.

$$S = 1,04 \times 0,46 \times 2 = 0,96 \text{ m}^2$$

B.1.3 Rendement de la distribution d'eau

On définit la puissance fournie par le groupe moto-pompe $P_{uP} = Q \times p$

- Avec :
- Q en m^3s^{-1}
 - P en W
 - p en Pascal
 - 1 Bar = 10^5 Pascal

Le rendement du groupe moto-pompe est de 50% et ses caractéristiques : 24 V ; 3,15 A ; 520 l/h.
Énergie solaire reçue dans le sud de la France : $0,95 \text{ kW/m}^2$.

B.1.3.1 Calculer le rendement de l'ensemble des panneaux η_2 en % lorsqu'ils fournissent leur puissance crête (on dispose de 2 panneaux solaires PWX500)

$$\eta_2 = 100 / (950 \times 0,96) = 0,11 \rightarrow 11\%$$

B.1.3.2 Calculer la puissance fournie par la pompe P_{uP} pour ses caractéristiques nominales

$$P_{uP} = 24 \times 3,15 \times 0,5 = 37,8 \text{ W}$$

B.1.3.3 A quelle pression (en bar) l'eau est elle fournie en sortie de la pompe.

$$P = P_{uP} / Q = 37,8 / (0,52 / 3600) = 2,6 \times 10^5 \text{ Pascal} \rightarrow 2,6 \text{ Bars}$$

B.1.3.4 Donner le rendement global η_G en % de ce système pour ce point de fonctionnement.

$$\eta_G = P_{uP} / P_{\text{solaire}} = 37,8 / (0,95 \times 0,96 \times 10^3) = 0,041 \rightarrow 4,1\%$$

C Étude des panneaux solaires

C.1 Présentation

On se propose d'étudier les caractéristiques constructeur d'un panneau solaire PW500 de marque PHOTOWATT.

C.2 Étude d'une caractéristique constructeur

Sur la caractéristique constructeur courant tension :

C.2.1.1 Préciser pour un niveau d'éclairement de $1\,000\text{ W/m}^2$ les points suivants :

- le courant de court-circuit d'un panneau (I_{cc})
- la tension maximum que peut délivrer d'un panneau (V_{co})

Sur cette même courbe :

C.2.1.2 Tracer la courbe $P = f(U)$ (P : puissance fournie par le panneau)

C.2.1.3 En déduire V_{opt} et I_{opt} donnant P_{Max} (puissance maximum que peut délivrer le panneau)

$$V_{opt} \approx 17\text{ V} \quad I_{opt} \approx 2,4\text{ A} \quad P_{Max} \approx 50\text{ W}$$

Dans les conditions suivantes : températures = $25\text{ }^\circ\text{C}$ et éclairement = $1\,000\text{ W/m}^2$

C.2.1.4 Déterminer le courant fourni à la batterie quand :

$$U_{batterie} = 12\text{ V} \quad I \approx 1,8\text{ A}$$

$$U_{batterie} = 13\text{ V} \quad I \approx 2\text{ A}$$

$$U_{batterie} = 14\text{ V} \quad I \approx 2,15\text{ A}$$

C.2.1.5 Sachant que la tension de la batterie varie de $10,8\text{ V}$ à $13,62\text{ V}$. Que pouvez vous dire de la nature du générateur (panneau solaire) ?

Le panneau solaire se comporte comme une source de courant à intensité quasi constante ($1,75\text{ A} \leq I \leq 2,1\text{ A}$)

C.3 Détermination du rendement de la transmission d'énergie

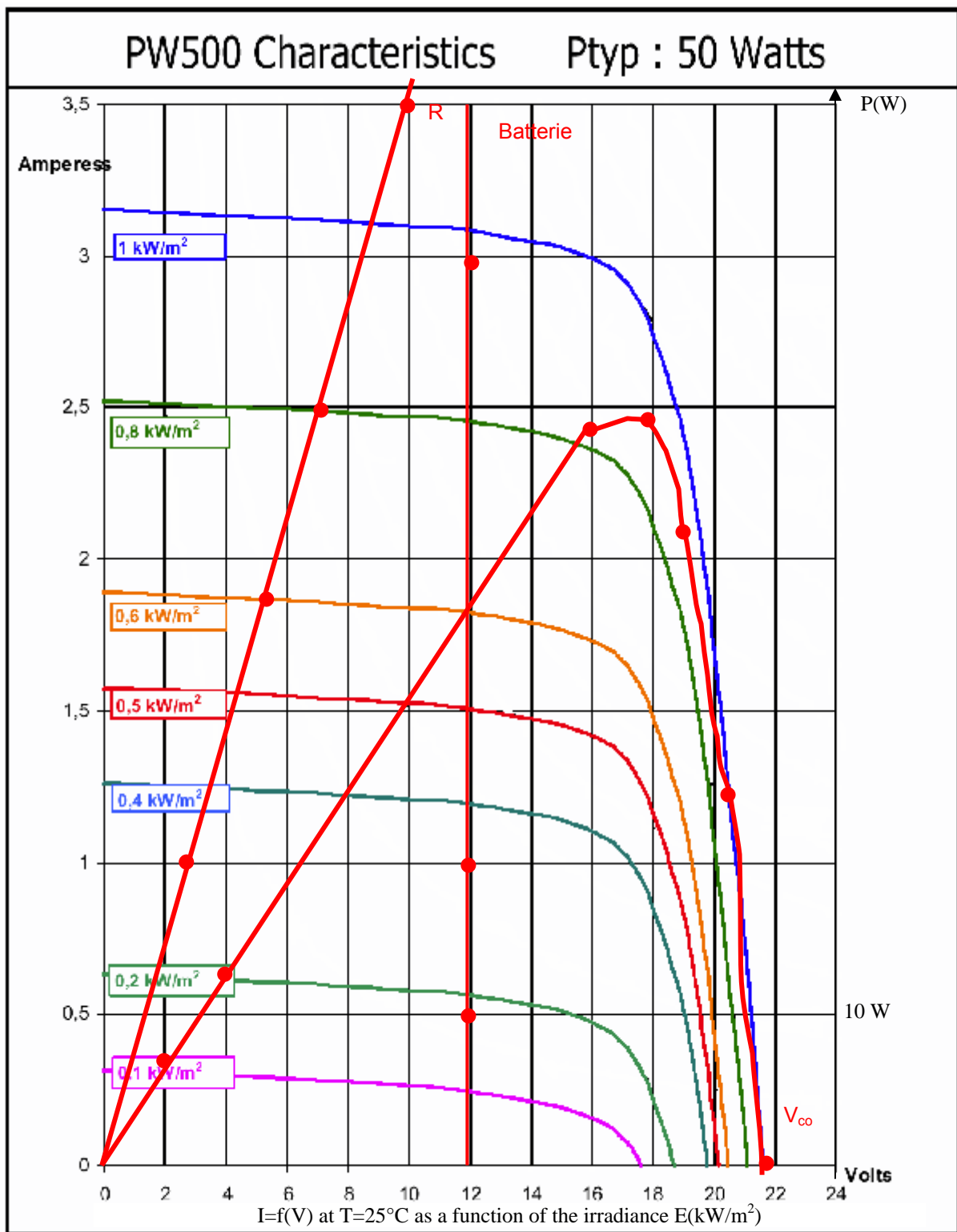
C.3.1.1 Tracer les caractéristiques $I = f(U)$ de :

- La batterie lorsque la tension à ses bornes est de 12 V à vide sachant que la résistance interne de la batterie est de $11,5\text{ m}\Omega$.
- D'une lampe à incandescence de 12 V d'une puissance de 50 W .

C.3.1.2 Quelle est, de la résistance ou de la batterie, le récepteur qui permet d'exploiter au maximum la puissance du panneau solaire, quelque soit le niveau d'ensoleillement.

La batterie permet d'exploiter au maximum l'énergie fournit par le panneau solaire (voir caractéristique).

Caractéristique constructeur (document réponse)



D Remorque d'éclairage

La remorque d'éclairage est constituée sur le même principe que celle de pompage. L'utilisation est réservée au confort du berger (éclairage, télévision...).

Sources :

Batteries 24 V continu C100 = 210 A.h

Récepteurs :

- 3 réglettes fluo 18 W 3 h par jour
- 2 réglettes fluo 13 W 4 h par jour
- 1 radio FM 15 W 6 h par jour
- 1 télévision 55 W 3 h par jour
- Recharge lampe type Zodiac® 24 V 3,2 A.h

L'énergie disponible est donnée par :

$$W_j = 0,6 \times W_i \times P_c \text{ avec :}$$

W_j : énergie moyenne disponible chaque jour en Wh

W_i : énergie solaire incidente reçue chaque jour en kWh/m²

j : jour

P_c : puissance crête des panneaux solaires en W

La capacité minimum de stockage peut alors être déterminée par :

$$C_{100} = \frac{N_j \times W_j}{0,7 \times V}$$

N_j : nombre de jours d'autonomie
 V : tension nominale d'utilisation
 C_{100} : capacité mini des batteries en Ah

Les remorques d'éclairage seront utilisées dans les environs d'Arles (50 km à l'ouest d'Aix en Provence). Elles sont équipées de panneaux totalisant une puissance crête de 192 W. Consulter pour ce calcul la carte d'ensoleillement de la France.

D.1 Vérification de la capacité de stockage

D.1.1 Travail demandé

D.1.1.1 Déterminer l'énergie moyenne disponible W_j .

$$W_j = 0,6 \times 5 \times 192 = 576 \text{ Wh/j}$$

D.1.1.2 Effectuer le bilan de l'énergie électrique utilisée chaque jour par le berger et compléter le tableau ci après :

	Énergie consommée par jour
Éclairage fluo 18 W	$3 \times 18 \times 3 = 162 \text{ Wh}$
Éclairage fluo 13 W	$2 \times 13 \times 4 = 104 \text{ Wh}$
Radio FM	$15 \times 6 = 90 \text{ Wh}$
TV	$55 \times 3 = 165 \text{ Wh}$
Lampe zodiac®	$24 \times 3,2 = 76,8 \text{ Wh}$
$\Sigma \text{ Wh}$	597,8 Wh

D.1.1.3 Déterminer la capacité minimum de stockage qui aurait été nécessaire si on avait voulu conserver une autonomie de 5 jours.

$$C_{100} = 5 \times 576 / (0,7 \times 24) = 171 \text{ Ah} \quad \text{Besoins : } 597,8 \times 5 / 24 = 124,5 \text{ Ah}$$

On dispose de 210 Ah → choix correct

De plus, en cas de problèmes nocturnes, il y a possibilité, tant que la charge de la batterie le permet, d'éclairer la bergerie et ses alentours grâce à 20 lampes basse consommation de 18 W 24 V unitaires. Le câble supportant la plus grosse intensité à une longueur de 25 m.

D.2 Étude de l'éclairage

D.2.1 Travail demandé

Les câbles en PVC, âme en cuivre sont fixés en apparent sur les murs afin d'être retirés plus facilement pour la période hivernale.

Températures maximales relevées pendant la période d'utilisation des remorques : la journée 40°C et 25°C la nuit.

D.2.1.1 Quelle est la puissance électrique absorbée par les 20 lampes si elles fonctionnent simultanément.

$$20 \times 18 = 360 \text{ W}$$

D.2.1.2 Quelle est alors l'intensité maxi I_1 parcourant ce câble.

$$I_1 = 360 / 24 = 15 \text{ A}$$

D.2.1.3 En vous servant des extraits de la NF C 15-100, choisir la section nécessaire des conducteurs du câble. (indiquer le mode de pose, la méthode de référence...)

$$\text{Mode de pose 11 Méthode C } \theta = 25^\circ\text{C} \rightarrow K = 1,06$$
$$\text{PVC2} \rightarrow 19,5 \text{ A} \times 1,06 = 20,67 \text{ A} \rightarrow S = 1,5 \text{ mm}^2$$

D.2.1.4 Calculer la résistance R_1 d'un conducteur alimentant les lampes. La résistivité du cuivre est de $2,25 \mu\Omega\cdot\text{cm}$

$$R_1 = \rho L / S = 2,25 \times 10^{-6} \times 10^{-2} \times 25 / (1,5 \times 10^{-6}) = 0,375 \Omega$$

D.2.1.5 Quelle est alors la chute de tension ΔU_1 en % au bout de ce câble lorsque les lampes sont toutes alimentées.

$$\Delta U = 2 \times R \times I = 2 \times 0,375 \times 15 = 11,25 \text{ V}$$

46,9%

D.2.1.6 Commenter l'influence de cette chute de tension sur le fonctionnement des lampes.

U trop faible mauvais fonctionnement

D.2.1.7 On désire limiter la chute de tension ΔU_2 en bout de câble à 3%. Calculer la valeur correspondante de ΔU_2 en volts.

$$\Delta U_2 = 24 \times 3\% = 0,72 \text{ V}$$

D.2.1.8 Calculer la valeur maxi que doit avoir la résistance du câble lorsqu'il est parcouru par I_1 .

$$R = \Delta U_2 / I = 0,72 / 15 = 0,048 \Omega \quad R = 48 \text{ m}\Omega$$

D.2.1.9 Calculer alors la section minimale que doit avoir un conducteur afin d'alimenter correctement les lampes.

$$S = \rho L / (R / 2) = 2,25 \times 10^{-6} \times 10^{-2} \times 25 / (48 \times 10^{-3} / 2) = 23,4 \text{ mm}^2$$

D.2.1.10 Un circuit d'éclairage est alimenté par un câble sur lequel est indiqué 3G10, que signifie cette inscription.

3 conducteurs de 10 mm² dont le conducteur Vert/jaune (G)

E Étude de la carte de gestion de l'éclairage

Une partie de la carte de régulation permet l'autorisation de l'éclairage extérieur si le niveau de charge des batteries est suffisant.

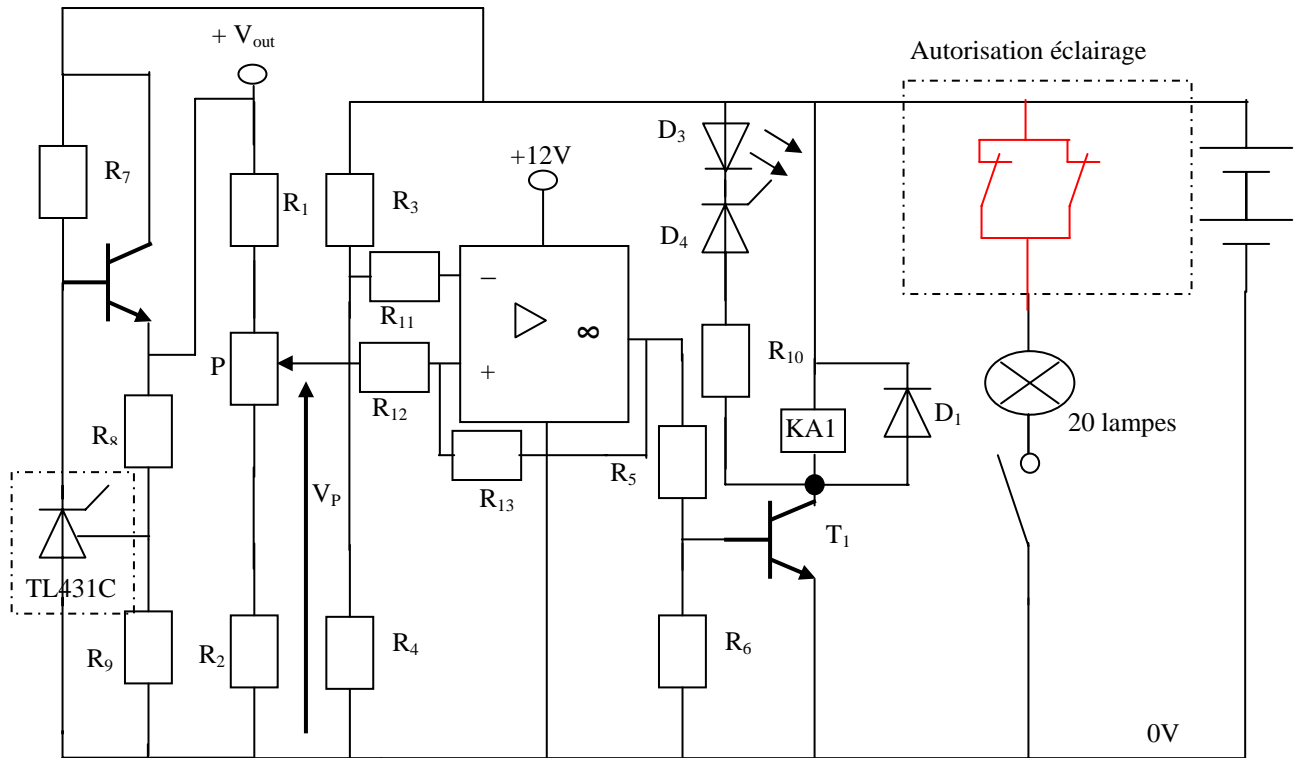


Schéma partiel du circuit électronique de la remorque solaire

R_2, R_4, R_9 et $R_{12} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_8 = 18 \text{ k}\Omega$, $P = 10 \text{ k}\Omega$, $D_4 = \text{zener } 12 \text{ V}$

$T_1 : V_{CE} = 0,2 \text{ V}$, $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$

La tension fournie par les batteries n'étant pas constante dans le temps, on crée une tension continue stable grâce au composant TL431C de Motorola. On considère les courants consommés par ce composant comme négligeables.

E.1 Étude de la source de tension constante

E.1.1 Travail demandé

E.1.1.1 En vous servant de la documentation du TL431C, citer le nom et le numéro de figure apparaissant sur la documentation de Motorola® et correspondant au montage réalisé sur la remorque solaire.

N°21 Série pass régulateur

E.1.1.2 Donner la relation liant la tension de référence V_{ref} de ce composant (voir documentation de ce composant) avec V_{out} , R_8 et R_9 sur le montage ci dessus.

$V_{ref} = V_{out} \times R_9 / (R_8 + R_9)$

E.1.1.3 Déterminer la valeur de V_{out} obtenue sur notre montage pour la valeur typique du TL431C.

$$V_{out} = V_{ref} \times (R_8 + R_9) / R_9 = 2,495 \times (18 + 10) / 10 = 6,99 \text{ V}$$

E.2 Étude de l'autorisation de l'éclairage

E.2.1 Situation du problème

On désire interdire le fonctionnement de l'éclairage si la tension aux bornes des batteries STECO atteint $U_{mini} = 81,5\%$ de la tension de *floating*.

Le montage utilisé est un comparateur à deux seuils. C'est à dire qu'au lieu d'avoir un basculement aléatoire de l'amplificateur opérationnel pour V_P , le montage crée deux seuils de basculement V_{+mini} et V_{+maxi} .

L'AOP est considéré parfait, aucun courant n'est consommé par ses entrées. On note V_+ la tension de la borne + et V_S la tension présente en sortie de l'AOP. Le courant dans R_{13} est égal à :

$$I_{R13} = \frac{V_+ - V_S}{R_{13}}$$

E.2.2 Travail demandé

E.2.2.1 Donner l'équation du courant dans R_{12}

$$I_{R12} = (V_P - V_+) / R_{12}$$

E.2.2.2 Ces deux courants étant égaux, égalisez ces deux équations et donner la relation liant V_+ à V_P et V_S sous la forme $V_+ = a \times V_P + b \times V_S$

$$(V_P - V_+) / R_{12} = (V_+ - V_S) / R_{13} \rightarrow R_{13}(V_P - V_+) = (V_+ - V_S)R_{12}$$

$$-V_+ \times R_{12} - V_+ \times R_{13} = -V_P \times R_{13} - V_S \times R_{12} \rightarrow V_+ = V_P \times R_{13} / (R_{12} + R_{13}) + V_S \times R_{12} / (R_{12} + R_{13})$$

E.2.2.3 Quelles sont les deux valeurs que peut prendre V_S ?

0 et 12 V

E.2.2.4 Donner alors les deux équations correspondantes de V_+ qu'on notera :

V_{+mini} (96% de V_P) et V_{+maxi} (105% de V_P)

$$V_{+mini} = V_P \times R_{13} / (R_{12} + R_{13}) \quad V_{+maxi} = V_P \times R_{13} / (R_{12} + R_{13}) + 12 \times R_{12} / (R_{12} + R_{13})$$

E.2.2.5 Quelle sera la valeur de V_P (I_{R12} négligeable devant I_{R1}) si le curseur du potentiomètre P est réglé au milieu de celui-ci ?

$$V_P = (P / 2 + R_2) \times V_{out} / (P + R_1 + R_2) \rightarrow (5 \times 10^3 + 10 \times 10^3 \times 6,99) / ((10 + 10 + 1) \times 10^3) = 4,99 \text{ V}$$

E.2.2.6 Quelle doit être la valeur de R_{13} afin que la sortie de l'AOP bascule si les batteries sont trop faibles (tension V_{+mini} atteinte) ?

$$V_{+mini} = V_P \times R_{13} / (R_{12} + R_{13}) \rightarrow (R_{12} + R_{13}) \times V_{+mini} = V_P \times R_{13} \quad V_{+mini} = 0,96 V_P = 0,96 \times 4,99 = 4,79 \text{ V}$$

$$R_{13} \times (V_{+mini} - V_P) = -V_{+mini} \times R_{12}$$

$$R_{13} = -V_{+mini} \times R_{12} / (V_{+mini} - V_P)$$

$$R_{13} = -4,79 \times 10 \times 10^3 / (4,79 - 4,99) = 239,5 \text{ k}\Omega$$

E.2.2.7 Calculer alors la valeur de V_{+maxi}

$$V_{+maxi} = V_P \times R_{13} / (R_{12} + R_{13}) + 12 \times R_{12} / (R_{12} + R_{13}) = 5,27 \text{ V}$$

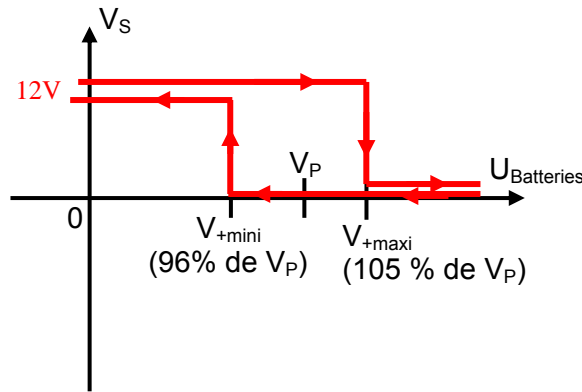
E.2.2.8 Déterminer la valeur de R_3 pour que la tension V_- présente sur la borne - de l'AOP soit égale à V_{+mini} si la tension aux bornes des batteries est égale à $U_{mini} = 81,5\%$ de la tension de *floating*

$$V_- = U_{mini} \times R_4 / (R_3 + R_4) \rightarrow R_3 = U_{mini} \times R_4 / V_- - R_4$$

$$U_{mini} = 0,815 \times 2 \times 13,5 = 22 \text{ V}$$

$$R_3 = 22 \times 10 \times 10^3 / 4,79 - 10 \times 10^3 = 35,9 \text{ k}\Omega$$

E.2.2.9 Représenter sur le graphe ci dessous l'évolution de la tension V_S en sortie de l'AOP : (V_S est proportionnelle à l'évolution de la tension aux bornes des batteries)
 en bleu lorsque la tension aux bornes des batteries passe de leur valeur maxi à 0
 en vert lorsque la tension aux bornes des batteries passe de 0 à leur valeur maxi



E.3 Étude de la commande de l'éclairage

E.3.1 Définition du problème

On désire interdire le fonctionnement de l'éclairage si la tension aux bornes des batteries STECO atteint $U_{mini} = 81,5\%$ de la tension de *floating*. Pour cela un circuit électronique gère ce fonctionnement. Le relais KA1 sert à réaliser cette interdiction.

E.3.2 Travail demandé

E.3.2.1 Quel sera alors l'état de T1 et de KA1 si U_{mini} devient inférieur à V_{+mini}

$V_S \text{ AOP} = +12 \text{ V} \rightarrow T_1 \text{ saturé} \rightarrow \text{KA1 alimenté}$

E.3.2.2 Le relais KA1 doit autoriser le fonctionnement des 20 lampes 18 W 24 V tant que la tension U_{mini} n'est pas atteinte. Choisir un relais type FINDER® adapté.

1 relais 40-52 2 inverseurs 8 A en parallèle
 $I = 20 \times 18 / 24 = 15 \text{ A}$ Bobine 24 V DC

E.3.2.3 Compléter sur le schéma du chapitre E, le schéma de la carte de gestion de l'éclairage afin d'autoriser le fonctionnement des lampes lorsque la tension des batteries est suffisante.

E.3.2.4 Déterminer la valeur minimale de la tension des batteries en deçà de laquelle le relais ne pourra être correctement alimenté

$$0,4 \times U_n = 0,4 \times 24 = 9,6 \text{ V}$$

E.3.2.5 Quel est le rôle de D1 sur le montage ?

DRL \rightarrow Protection de T1 à la coupure de KA1

E.3.2.6 D_3 est une DEL rouge (1,75 V ; 8 mA). Quel est son rôle ?

Signale U_{mini} batteries

E.3.2.7 Déterminer les caractéristiques minimales de R_{10}

$$R_{10} = (24 - 12 - 1,75) / 8 \times 10^{-3} = 1,3 \text{ k}\Omega \quad 83 \text{ mW}$$

F Protection électrique de la remorque d'éclairage

F.1 Protection générale

On installe au départ de la remorque une protection générale (fusible 20 A gG en 10 × 38).

D'après la NF C 15-100 le courant de court circuit d'une batterie est : $I_k = 10 \times C_n$

Batteries STECO : $C_n = C_{100} = 210 \text{ Ah}$ et $C_{20} = 190 \text{ Ah}$

F.1.1 Travail demandé

F.1.1.1 Cette protection permet-elle le passage du courant maxi de la capacité C20 (en 20 h) des batteries STECO ?

Oui $I_{\max} = 9,5 \text{ A}$ calibre $> I_n$

F.1.1.2 Quel appareil faudrait-il de plus installer afin d'assurer la protection des personnes contre les contacts indirects ?

Aucun $U_{\text{alim}} < 120 \text{ V DC}$

Un câble isolé PRC, âme en aluminium de 1 m et de 25 mm^2 de section relie les batteries aux fusibles. Un court circuit se produit en sortie des fusibles.

F.1.1.3 Calculer d'après la NF C 15-100 le courant maxi de court circuit des batteries en négligeant l'impédance du câble.

$I_k = 10 \times 210 = 2100 \text{ A}$

F.1.1.4 Vérifier dans la documentation que le fusible assure la protection de l'équipement et précisez dans quel délais

Protection assurée $t_f = 0,01 \text{ s}$

Dans les documentations sur les fusibles apparaît la notion de contrainte thermique.

F.1.1.5 Qu'est-ce que la « contrainte thermique » d'un câble ?

Energie maxi que peut supporter le câble i^2t

F.1.1.6 Quelle est l'utilité de connaître les contraintes thermiques de « pré-arc » et « totale » pour un fusible ?

Notion de sélectivité entre fusibles

F.1.1.7 En vous servant des documentations fournies, donner les contraintes thermiques du câble et du fusible 20 A. Que peut-on en conclure ?

$F_u \rightarrow$ Préarc = $500 \text{ A}^2\text{s}$ câble : $4,7 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s}$
Total = $2000 \text{ A}^2\text{s}$ Protection assurée

F.2 Protection du départ toilettes

F.2.1 Situation du problème

Dans les toilettes de la bergerie, une lampe de 10 W/ 24 V protégée par un fusible 10 A gG est alimentée par un câble en cuivre de $0,75 \text{ mm}^2$ et de 30 m de long. Le berger part toute la journée dans les pâturages. Un court circuit franc se produit en bout du câble.

La résistivité du cuivre est de $2,25 \mu\Omega \cdot \text{cm}$

F.2.2 Travail demandé

F.2.2.1 Calculer la valeur du courant de court circuit dans ce câble.

$$I = U / (2 \times R) = 24 / (2 \times 22,5 \times 10^{-6} \times 10^{-2} \times 30 / (0,75 \times 10^{-6})) = 13,3 \text{ A}$$

F.2.2.2 Quels sont les risques pour le fusible et les batteries si personne ne se rend rapidement compte de ce problème ?

Décharge batterie → pas de fusion fusible

F.2.2.3 Que faut-il faire afin d'éviter que ce même problème ne se reproduise ?

Fusible adapté (et section câble correcte)